



Handbuch für Trainer
und Experten
in der betrieblichen
Gesundheits-
förderung

Gimbel

Körper- management



 Springer

Körpermanagement

Bernd Gimbel

Körpermanagement

Handbuch für Trainer und Experten in der betrieblichen
Gesundheitsförderung

Mit 150 Abbildungen

Mit Beiträgen von Dr. Elisabeth Malzfeldt, Marion Badenhop und
Christine Breitbach

Dr. Bernd Gimbel
Reinheim

Ergänzendes Material finden Sie unter <http://extras.springer.com/>
Bitte im entsprechenden Feld die ISBN eingeben.

ISBN-13 978-3-662-43642-4 ISBN 978-3-662-43643-1 (eBook)
DOI 10.1007/978-3-662-43643-1

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Medizin

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Produkthaftung: Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Planung: Barbara Lengricht, Berlin
Projektmanagement: Birgit Wucher, Heidelberg
Lektorat: Markus Pohlmann, Heidelberg
Projektkoordination: Heidemarie Wolter, Heidelberg
Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Umschlag: © Andres Rodriguez
Herstellung: Fotosatz-Service Köhler GmbH – Reinhold Schöberl, Würzburg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Medizin ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer.com

Vorwort

Befragt man Menschen nach der Werteorientierung ihres Handelns, so stehen nach eigenen Erfahrungen aus Seminaren die Förderung ihrer Gesundheit sowie Liebe, eine gute Partnerschaft und intakte Familie an erster Stelle. Bei Betrachtung der nüchternen Zahlen stellt man jedoch fest, dass dieses Bestreben statistisch gesehen nicht erfolgreich ist. Die Scheidungsrate (Eheschließungen im Verhältnis zu Scheidungen pro Jahr) liegt laut Statistischem Bundesamt in Deutschland 2010 bei knapp 49% und viele Partnerschaften scheitern, obwohl sie voller Zuversicht begannen. Geht es um die Gesundheit, so kümmern sich viele Menschen erst dann, wenn eine Krankheit sie erwischt hat. Versäumte Präventionsuntersuchungen zeugen von mangelnder Achtsamkeit, wenn es um den eigenen Körper geht.

Mittlerweile ist allgemein bekannt, dass mehr Bewegung, der Verzehr von ausreichend Obst und Gemüse sowie sorgsamer Umgang mit Stressfaktoren der Schlüssel zu einem gesünderen Leben sind. Dennoch verlieren viele den Kampf gegen ihren »inneren Schweinehund« oder argumentieren mit fehlender Zeit, obwohl 24 Stunden pro Tag ausreichen sollten, um eine Stunde dem eigenen Körper zu widmen. Andere Interessen genießen Vorrang.

So kommt es, dass mit zunehmendem Alter das Thema Krankheit immer größere Bedeutung gewinnt. Kaum ein Treffen im Freundes- und Bekanntenkreis vergeht, an dem es nicht angesprochen wird. Am Lebensende möchte keiner anderen »zur Last« fallen. Ohne langen Leidensweg, am liebsten mit »Herzschlag« tot umfallen, ist eine sehr verbreitete Vorstellung.

Es gibt viele Krankheiten, aber nur *eine* Gesundheit. Eigentlich ein Grund mehr, sich diesem Thema verstärkt zu widmen. Doch eingefahrene Verhaltensstrukturen zu ändern scheint schwierig.

Dennoch wird nach meiner festen Überzeugung diese Thematik in Zukunft immer mehr Menschen beschäftigen, denn aufgrund des demografischen Wandels werden die »Alten« in allen Bereichen unserer Gesellschaft zahlreicher vertreten sein. Sie werden die Kosten unseres Gesundheitssystems noch mehr strapazieren als bisher. Und in den

Unternehmen stellen sich bereits heute Personalentwickler die Frage, wie sie mit älteren Mitarbeitern umgehen sollen. Die Erhaltung der Gesundheit von Menschen wird immer stärker in den Fokus von Politik und Wirtschaft rücken. Gesundheitsmanagement und -förderung im betrieblichen und privaten Bereich wird ein heißes Thema der Zukunft werden.

Diese Vision bietet viele Anregungen, sich mit dem Thema intensiver auseinanderzusetzen. Eine davon ist es, als Experte (Trainer, Lehrer, Arzt, Physiotherapeut etc.) Menschen und Unternehmen auf der Suche nach individuellen Lösungen für mehr Gesundheit, bessere Lebensqualität und höhere Leistungsfähigkeit zu unterstützen, angesichts der Fülle von Informationen auf dem Markt den Überblick zu behalten und den roten Faden für verantwortliches Handeln zu finden.

Das Publikationsprojekt *Körpermanagement* erhebt diesen Anspruch: In zwei Büchern soll theoretisches Wissen mit praktischen Tipps verknüpft werden. Der vorliegende erste Titel ist geschrieben für Trainer, Lehrer und andere Experten, die Personen (z. B. Personal-Trainer, Physiotherapeuten), Gruppen (z. B. Lehrer, Vereins- oder Fitnesstrainer) und Unternehmen im Rahmen der betrieblichen Gesundheitsförderung auf diesem Weg begleiten. Es liefert biologisch-medizinische Grundlagen und stellt fachliche Zusammenhänge über das Funktionieren unseres Organismus verständlich dar. Es zeigt didaktisch-methodische Wege im Umgang mit Menschen, die sich zukünftig mehr mit gesundheitlichen Fragestellungen auseinandersetzen wollen und bietet Hilfestellung zum Erreichen ihrer Ziele. Da es nicht nur den einen »richtigen« Weg gibt, lässt es ausreichenden Spielraum für eigene Körpermanagement-Konzepte und Ideen der Leser.

Da das Thema Gesundheit Experten mit unterschiedlichen Ausbildungsgängen anspricht (Lehrer, Sportwissenschaftler, Physiotherapeuten, Ärzte, Coaches etc.), ist es unvermeidbar, dass verschiedene Inhalte manchen Lesern bekannt sind, für andere dagegen vollkommenes »Neuland« darstellen. Insofern ist jeder aufgefordert, sich jenen Kapiteln mit besonderer Aufmerksamkeit zu widmen, die

ihn bei seiner fachlichen Arbeit mit den Menschen unterstützen, die anderen dagegen zur Rekapitulation zu nutzen oder auszulassen.

Das zweite Buch mit dem Titel *Körpermanagement* richtet sich an die Personen, die zukünftig selbst mehr Verantwortung für ihre Gesundheit übernehmen und eigenverantwortlich Körpermanagement betreiben möchten. Die Inhalte sollen diesen Lesern neue Einblicke in ihre Körperwelt eröffnen und helfen, die komplexen Vorgänge darin besser zu verstehen. Dies stärkt ihre Gesundheitskompetenz und befördert sie zu mündigen Partnern in Sachen Gesundheit. Mit dem angeeigneten Wissen fällt es leichter, über Gesundheitsfragen zu diskutieren, gesundheitsfördernde Entscheidungen zu treffen und die richtigen Maßnahmen einzuleiten. Es motiviert zu einem aktiveren und gesünderen Leben, ohne jedoch Garantien geben zu können, am Lebensende »gesund zu sterben«.

Wer sich für ergänzendes Material (wie Anamnesebögen, Übungen zur Messung der Kraftausdauer ausgewählter Muskelgruppen und zur Beweglichkeit) bzw. weiterführende Themen (Exkursen zur »Biologie des Muskelwachstums«, zu »Laktat-schwellenkonzepten«, zum Thema »Bewegter Geist und kluger Kopf« und »Übersäuerung«) interessiert, für den stehen **Zusatzmaterialien im Internet** bereit. Gehen Sie dazu auf <http://extras.springer.com> und geben Sie im Suchfeld die ISBN 978-3-662-43642-4 ein.

Mögen viele Leser dieser beiden Bücher neue Erkenntnisse gewinnen, die sie dazu anregen, ihre Ideen mit Freude, Herz und Verstand vom Kopf in Aktivitäten ihrer Muskeln zu übertragen.

In diesem Sinne wünsche ich den Körpermanagement-Trainern viel Freude und Erfolg bei der Arbeit mit ihren Schülern, Kunden oder Patienten.

Dr. Bernd Gimbel

Reinheim, im Herbst 2014

Danksagung

Ein Buch zu schreiben erfordert Engagement, Zeit und Unterstützung von Menschen. Als Autor war ich gern bereit, Engagement aufzubringen und Zeit zu investieren, weil ich das Thema Gesundheit und Bewegung für eins der wichtigsten zur Existenz menschlichen Lebens betrachte. Seit Beginn meines Berufslebens habe ich einen wesentlichen Teil meiner Zeit mit Schülern, Trainern, Kunden, Patienten und Sportlern verbracht, um sie auf ihren persönlichen Wegen zu mehr Gesundheit und besserer Leistungsfähigkeit zu begleiten. Menschen für diese Thematik zu begeistern erfordert Überzeugung. Insofern möchte ich jenen Dank sagen, die mich bei der Erstellung des Buches unterstützten.

Der erste Dank richtet sich an Herrn *Dr. Wulfram Harter*, der mich nach 1992 dazu anregte, das Thema Körpermanagement erneut aufzugreifen und zu vertiefen. Ihm habe ich letztendlich zu verdanken, das Projekt begonnen und abgeschlossen zu haben. Außerdem hat er mich mit seiner Fachkompetenz beim Erstellen von ► Teil III unterstützt.

Im Mai 2012 stellte ich meine Ideen des Buches Frau *Dr. Susanne Schwarz* vom Springer Verlag vor. Sie leitete das Manuskriptkonzept an Frau *Marga Botsch*, Senior Consultant bei Springer, weiter. Im Juni 2013 wurde es endgültig als Projekt abgesegnet. Frau *Birgit Wucher* und Frau *Barbara Lengricht* haben das Projekt bis zur Fertigstellung im Verlag begleitet. Danke allen, auch den Nichtgenannten des Verlages, für die Anregungen und die tatkräftige Unterstützung.

Ein weiteres Dankeschön geht an Frau *Dr. Elisabeth Malzfeldt* und Herrn *Dr. Sven Tauchert*, die mich schon viele Jahre meiner Seminartätigkeit als medizinische Partner begleiten. Beide begutachteten und kommentierten die medizinischen Texte. In vielen gemeinsamen Gesprächen haben wir diese abgestimmt und als veröffentlichungswürdig erklärt.

Frau *Marion Badenhop*, Trainerin und Management-Coach, mit der ich das Thema Resilienzmanagement aufgegriffen und ein Seminarkonzept zur Stärkung der mentalen und physischen Widerstandsfähigkeit von Menschen entwickelt habe, hat sich mit der psychischen Komponente des Körper-

managements befasst. Sie liefert in ihren Beiträgen hilfreiche Tipps zum Aufbau und zur Erhaltung der Motivation und zur erfolgreichen Bekämpfung des »inneren Schweinehundes« bei der Umsetzung von Bewegungsprogrammen und Veränderung von Ernährungsgewohnheiten. Danke Marion, dass du als Koautorin dieses wichtige Thema den interessierten Lesern anschaulich näher bringst.

Es freut mich außerordentlich, mit Frau *Dr. Elisabeth Malzfeldt* und Frau *Marion Badenhop* zwei Expertinnen für die Fachgebiete Ernährung und Psychologie gewonnen zu haben. Eine weitere Expertin, Frau *Christine Breitbach*, Geschäftsführerin der Schrattecker GmbH, hat mich beim Thema betriebliches Gesundheitsmanagement und betriebliche Gesundheitsförderung mit ihrer Fachkompetenz unterstützt. Danke für dein ausgezeichnetes und zuverlässiges Engagement sowie das Einbringen deines Wissens und deiner umfangreichen Erfahrungen auf diesem Gebiet.

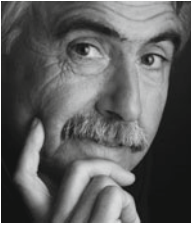
Vielen Dank auch meinem Sohn *Alexander Gimbel*, der seit 2010 gemeinsam mit mir das *Institut für Trainingsberatung* bzw. nach der Namensänderung ab September 2013 die *KörperManagement GbR* führt. Mit seiner engagierten Dynamik hat er neue, zeitgemäße Ideen eingebracht. Die vielen Diskussionen mit dir haben hoffentlich dazu geführt, dass die Inhalte verständlich dargestellt und spannend zu lesen sind. Wenn das Buch darüber hinaus allen interessierten Experten in ihrer Berufspraxis hilft, Menschen zu einem aktiveren Leben, einer besseren Ernährung, höherer Leistungsfähigkeit, mehr Lebensqualität und Gesundheit »zu bewegen«, dann ist das Ziel erreicht.

Nicht zuletzt gilt der Dank auch meiner Frau *Lydia*, die auf viele Stunden gemeinsamer Zeit verzichtet hat, weil ich meine Begeisterung beim Recherchieren und Schreiben des Buches nicht bremsen konnte. Ich hoffe, es hat sich gelohnt.

Dr. Bernd Gimbel

Reinheim, im Herbst 2014

Die Autoren



Dr. Bernd Gimbel,

Jahrgang 1948, hat an der TU Darmstadt Sport und Biologie studiert. Während seiner Zeit beim Deutschen Olympischen Sportbund in der Abteilung Leistungssport in Frankfurt beschäftigte er sich mit Fragen des Hochleistungssports. Als wissenschaftlicher Berater begleitete er 1976 die Deutsche Wasserball Nationalmannschaft zu den Olympischen Spielen nach Montreal. An der Universität Bremen promovierte er über leistungsbestimmende Faktoren im Wasserball und deren Umsetzung im Training zum Dr. phil.

Im Jahre 1981 gründete Gimbel das Institut für Trainingsberatung, 2013 in KörperManagement GbR umbenannt. Seine Idee war es, Erkenntnisse des Hochleistungssports auf andere Zielgruppen zu übertragen. Seit dieser Zeit bietet er erfolgreich sein als Marke geschütztes KörperManagement®-Konzept Unternehmen und Einzelpersonen an, die sich mit Gesundheit, Erhaltung bzw. Steigerung ihrer Leistungsfähigkeit und Lebensqualität beschäftigen. Gemeinsam mit Sohn Alexander Gimbel, der an der Universität Bayreuth sein Studium als Diplom-Sportökonom abschloss, betreibt er ein Diagnostik- und Trainingszentrum im Rhein-Main-Gebiet. Dort lernen die Kunden unter fachlicher Anleitung, ihren Körper zu managen. Darüber hinaus berät der Autor Unternehmen in Sachen Gesundheitsmanagement ihrer Mitarbeiter, ist Referent bei nationalen und internationalen Konzernen wie z. B. der Metro Group, GMC Software Technology, Lufthansa etc., Institutionen, Schulungsorganisationen (z. B. Deutsche Fitnesslehrer Vereinigung), aber auch bei kleinen und mittelständigen Unternehmen. Er arbeitet als Personal Trainer namhafter Persönlichkeiten. Als Teilnehmer und Finisher des New York City Marathons 1993 demonstrierte er, wie Körpermanagement erfolgreich zu definierten Zielen führt.

Das Lebensmotto von Gimbel entstammt einem Zitat von Platon: »Wer geistige Bildung und körperliche Leistungsfähigkeit aufs Schönste verbindet und sie im rechten Maß der Seele dienstbar macht, der ist (...) der vollendet gebildete und harmonisch gefügte Mensch.«



Marion Badenhop M.A.

ist Managementtrainerin und Coach. Mit ihrem Institut MBConsulting in Weinheim berät sie seit 16 Jahren Wirtschaftsunternehmen und deren Führungskräfte. Ihre Beratungsschwerpunkte: psychologische Begleitung von Change- und Innovationsprozessen, Einzelcoaching für Topmanagement, Führungstraining und Teamcoaching. Als erfahrene Ausbilderin von Coaches zählt sie Ärzte, Physiotherapeuten und (Sport-)Trainer zu ihren Kursteilnehmern. Im Mittelpunkt steht dabei die Frage, wie diese ihre Patienten und Kunden motiviert halten, bei mentalen Tiefpunkten ihren »inneren Schweinehund« immer wieder zu überwinden. Sie ist als erste Beraterin Deutschlands seit 2002 DIN ISO-zertifiziert und ausgebildet unter anderem in systemischer und hypnosystemischer Beratung sowie integrativer Therapie und Transaktionsanalyse. 2005 wurde sie als erste Trainerin Deutschlands ausgezeichnet mit dem Welttrainingspreis »Excellence in Practice« der American Society for Training & Development (ASTD) in Dallas, Tx.

**Christine Breitbach**

ist Inhaberin und Geschäftsführerin der Schrattenecker GmbH – Agentur für Gesundheitsmanagement und studierte Sportökonomin (Universität Bayreuth). Seit über 10 Jahren ist sie für Unternehmen, Institutionen und öffentliche Verwaltungen im Bereich betriebliches Gesundheitsmanagement (BGM) tätig. Zu ihren Kunden zählen Klein- und mittelständische Unternehmen genauso wie internationale Konzerne. Der Schwerpunkt ihrer Arbeit liegt in der BGM-Prozessbegleitung, also dem systematischen und nachhaltigen Aufbau sowie der Optimierung betrieblicher Gesundheitsmanagementsysteme, sowie in der Qualifizierung unternehmensinterner Ressourcen im Rahmen ihrer BGM-Akademie. Ihr Lehrauftrag für den Studiengang Gesundheitsmanagement am Campus M21 in München und regelmäßige Gastdozentenvorträge an diversen Hochschulen und Universitäten machen sie zu einem geschätzten Partner, der die Wissenschaft mit der Praxis vereint.

**Dr. med. Elisabeth Malzfeldt**

hat sich auf das Gebiet Ernährungsmedizin spezialisiert und arbeitet in eigener Praxis in Darmstadt. Neben der Beratung bei den zahlreichen ernährungsbedingten Erkrankungen begleitet sie vor allem Menschen mit Übergewicht bei der Gewichtsreduktion. Außerdem hält sie Vorträge und Seminare für diverse Interessengruppen wie Tageseltern, Fitnesstrainer, Sportler und Führungskräfte im In- und Ausland.

Inhaltsverzeichnis

I Die »Dauersitzer« von heute sind die Kranken von morgen – Bestandsaufnahme mit Lösungsansatz

1	Gesundheit und Fitness als Wirtschafts- und Erfolgsfaktor	3
	<i>Bernd Gimbel</i>	
	Literatur	12
2	Körpermanagement – Analyse, Planung, Training, Kontrolle	15
	<i>Bernd Gimbel, Christine Breitbach</i>	
2.1	Strategie	16
2.2	Geschäftsfeld betriebliches Gesundheitsmanagement und betriebliche Gesundheitsförderung	19
2.2.1	Definitionen	20
2.2.2	Wie funktioniert betriebliches Gesundheitsmanagement genau?	20
2.2.3	BGM-Zyklus	21
	Literatur	27

II »Out of balance« – erst Beschwerden, später Krankheiten

3	Wenn Regulationsmechanismen versagen	31
	<i>Bernd Gimbel</i>	
3.1	Mangelnde Bewegung stört die Balance	32
3.1.1	Biologische Regelkreise	32
3.1.2	Gesetze der Leistungsphysiologie – die enge Verknüpfung von Belastung und Erholung	32
3.2	Süße Versuchung	34
3.2.1	Regulation des Blutzuckerspiegels	35
3.3	Druck in den Gefäßen	36
3.3.1	Entstehung des Blutdrucks (Systole/Diastole)	37
3.3.2	Blutdruckregulation	37
3.4	Dauerbelastung mit Folgen	41
3.4.1	Stressreaktion	41
3.4.2	Stressachse	43
3.4.3	Freie Radikale	43
3.4.4	Antioxidanzien	44
3.5	Potenzierung von Fehlregulationen – metabolisches Syndrom	45
3.5.1	Adipositas	46
3.5.2	Hypertonie	46
3.5.3	Diabetes mellitus	48
3.5.4	Hyperlipoproteinämie	49
	Literatur	49
4	Anamnese und Diagnostik – Informationen für eine erfolgreiche Strategie	51
	<i>Bernd Gimbel</i>	
4.1	Selbsttests als Motivationsfaktor	53
4.1.1	Chronologisches vs. biologisches Alter	53
4.1.2	Messung des Bauchumfangs	53
4.1.3	Waist-to-Hip-Ratio und Waist-to-Height-Ratio	53
4.1.4	Körpergewicht, Body-Mass-Index	55
4.1.5	Pulsmessungen	56
4.1.6	Blutdruckmessungen	56

4.1.7	Bestimmung des persönlichen Infarktrisikos	56
4.2	Medizinische Diagnostik	58
4.2.1	Herz-Kreislauf- und Stoffwechseldiagnostik	58
4.2.2	Krebsfrüherkennung	60
4.3	Laboruntersuchungen – Risiko- und Schutzfaktoren	62
4.4	Körpergewebeanalyse	70
	Literatur	73
5	Trainingsprogramme aus medizinischer Sicht	75
	<i>Bernd Gimbel</i>	
5.1	Die richtige Dosis	76
5.2	Evidenzbasierte Medizin: Gesicherte medizinische Empfehlungen	78
	Literatur	80
III	In Balance – Muskeln, Faszien, Gelenke	
6	Anatomie und Physiologie des Bewegungsapparats	83
	<i>Bernd Gimbel</i>	
6.1	Aktive und passive Anteile des Bewegungsapparats	84
6.1.1	Skelettsystem	84
6.1.2	Muskulatur	85
6.1.3	Faszien	89
6.1.4	Messung der Muskellänge und -spannung	91
6.2	Bewegungsebenen und muskuläre Dysbalance	93
6.3	Anatomie des Bewegungsapparats	94
6.3.1	Rumpf und Wirbelsäule	94
6.3.2	Kopf (Schädel) und Halswirbelsäule	98
6.3.3	Schulter und Arme	99
6.3.4	Hüfte und Beine	100
	Literatur	101
7	Verfahren zur Diagnostik von Kraft, Beweglichkeit und Koordination	103
	<i>Bernd Gimbel</i>	
7.1	»EKG des Rückens« – Ein stabiler Rumpf kennt (fast) keinen Schmerz	104
7.2	Messung der Kraft(ausdauer)	108
7.3	Messung von Beweglichkeitseinschränkungen	108
7.4	Diagnostische Verfahren der Koordination	109
7.4.1	S3-Check	109
7.4.2	Einfache Verfahren zur motorischen Koordinationsprüfung	110
7.4.3	Test komplexer Bewegungsmuster: FMS	111
	Literatur	114
8	Training des Bewegungsapparats	115
	<i>Bernd Gimbel</i>	
8.1	Planung und Steuerung von Kraft- und Beweglichkeitstraining	116
8.2	Planung und Steuerung von Koordinationstraining	129
	Literatur	135
9	Körpermanagement am Beispiel eines chronischen Rückenschmerzpatienten	137
	<i>Bernd Gimbel</i>	

IV Sauerstoff und Nährstoffe – Energie für leistungsfähige Organe

10	Muskelarbeit erfordert Sauerstoff und Energie	147
	<i>Bernd Gimbel</i>	
10.1	Grundbegriffe und Basisparameter der Stoffwechselphysiologie	148
10.2	Kraftwerk Muskulatur	155
10.3	Pyruvat – Laktat: Schnittstelle der Energiebereitstellung	162
	Literatur	167
11	Diagnostische Verfahren der Ausdauerleistungsfähigkeit	169
	<i>Bernd Gimbel</i>	
11.1	Feld- oder Labortests?	170
11.2	Aussagekraft der Testparameter	170
11.3	Tests auf dem Fahrradergometer	174
11.4	Laufbandtests	186
11.5	Feldtests	187
	Literatur	191
12	Planung und Steuerung des Ausdauertrainings	193
	<i>Bernd Gimbel</i>	
	Literatur	200
13	Körpermanagement an praktischen Beispielen	201
	<i>Bernd Gimbel</i>	
13.1	Nach 6 Monaten 1 Stunde ohne Pause laufen können	202
13.2	Nach Herzinfarkt wieder belastbar werden	207
	Literatur	212

V Gesundheit geht durch den Magen

14	Der Mensch ist, was er isst	215
	<i>Elisabeth Malzfeldt</i>	
14.1	Nahrung liefert Energie	216
14.2	Nahrung enthält Nährstoffe	218
14.2.1	Makronährstoffe	219
14.2.2	Mikronährstoffe	234
14.2.3	Sekundäre Pflanzenstoffe	244
14.2.4	Wasser	246
14.2.5	Alkohol	247
	Literatur	248
15	Ernährungsdiagnostik	253
	<i>Elisabeth Malzfeldt</i>	
15.1	Analyse der Nährstoffaufnahme: Ernährungsprotokoll	254
15.2	Nährstoff-Laboruntersuchungen	254
15.2.1	D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr	255
15.2.2	Mikronährstoffe – Bedarf und Versorgung	255
15.2.3	Eiweißdiagnostik	255
15.3	Nahrungsmittelunverträglichkeitstests	260
15.3.1	Immunglobulin-G-Tests	260
	Literatur	262

16	Ernährungstraining für bessere Leistungsfähigkeit	265
	<i>Elisabeth Malzfeldt</i>	
16.1	Balance der Nährstoffe	266
16.1.1	Was ist gesunde Ernährung?	266
16.1.2	Ernährungskonflikt – Wie sind die Makronährstoffe richtig verteilt?	270
16.1.3	Steinzeiternährung – Anregung für eine vollwertigere Kost	273
16.2	Praktische Umsetzungstipps	273
16.2.1	5 am Tag – Obst und Gemüse hält gesund	274
16.2.2	Ballaststoffe – alles andere als Ballast	275
16.2.3	Eiweiß sorgt für gute Sättigung	275
16.3	Spezielle Situationen fordern spezielle Ernährung	276
16.3.1	Veggie-Food für Vegetarier und Veganer	276
16.3.2	Low-Calorie-Food bei Übergewicht	277
16.3.3	Body-Food für Sportler	283
16.3.4	Brain-Food – Ernährung für ein gesundes Gehirn	284
16.4	Empfehlung für alle: ONQI-Wert für gute Lebensmittel	287
16.5	Nahrung, ein wertvolles Gut – Tipps für den täglichen Genuss	288
	Literatur	290
17	Ernährungsmanagement am praktischen Beispiel	293
	<i>Elisabeth Malzfeldt</i>	
17.1	Metabolisches Syndrom – Bewegungs- und Ernährungscoaching	294
17.2	Unterversorgung mit Mikronährstoffen	306
	Literatur	308
VI	Der »innere Schweinehund« als psychologische Herausforderung: Vom Kampf zur Kooperation mit sich selbst	
18	Daseinsberechtigung des »inneren Schweinehundes«	311
	<i>Marion Badenhop</i>	
	Literatur	313
19	Psychologische Arbeit mit dem Kunden	315
	<i>Marion Badenhop</i>	
19.1	Ganzheitliches Rollenverständnis des beratenden Trainers und Okay-Haltung gegenüber dem Kunden	316
19.2	Im Spannungsfeld zwischen Heimatsystem und Beratungssystem	317
19.3	Innere Einstellung des Kunden – Selbstbild, Selbstwert, Selbstwirksamkeit	318
	Literatur	319
20	Das Ziel bestimmt den Weg	321
	<i>Marion Badenhop</i>	
20.1	Vom »Warum?« zum »Wofür?« – motivierende Zielberatung	322
20.2	Motivierende Analyse mäßiger Zielerreichung	323
20.3	»Stolz« als Motivator	324
	Literatur	325
21	Wunsch – Wille – Handlung	327
	<i>Marion Badenhop</i>	
21.1	Vom Wunsch zum tatsächlichen Willen – eine Frage der Emotionen	328
21.2	Rubikon-Modell – von der Entscheidung zur Handlung	329
	Literatur	330

22	Kleine Motivatoren, die den Willensprozess lebendig halten	331
	<i>Marion Badenhop</i>	
	Literatur	333
23	Fünf Säulen der Identität als Ressourcenmodell	335
	<i>Marion Badenhop</i>	
23.1	Erläuterungen der fünf Säulen	336
23.2	Fünf Säulen als Energielieferanten gegen Stressempfinden – eine Coaching-Methode mit Fragenkatalog	337
23.3	Fragen zur Selbstreflexion des Trainers	339
	Literatur	339
	Serviceteil	341
	Stichwortverzeichnis	342

Die »Dauersitzer« von heute sind die Kranken von morgen – Bestandsaufnahme mit Lösungsansatz

- Kapitel 1** **Gesundheit und Fitness als Wirtschafts-
und Erfolgsfaktor** – 3
B. Gimbel
- Kapitel 2** **Körpermanagement – Analyse, Planung,
Training, Kontrolle** – 15
B. Gimbel, C. Breitbach

Gesundheit und Fitness als Wirtschafts- und Erfolgsfaktor

Bernd Gimbel

»In der ca. 4,4 Mio. Jahre alten Menschheitsgeschichte stellen die heute lebenden Menschen die erste Generation dar, welche bei der Bewältigung ihrer Berufs- und Privataufgaben so geringe Energiemengen verbraucht, dass biologischen Mindestanforderungen nicht mehr genügt wird.« So beschreibt Hollmann (2002), Ehrenpräsident des Weltverbandes für Sportmedizin und der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention, die Situation der »modernen« Menschen.

Die Begründung liegt in der fortschreitenden Technisierung in allen Bereichen des menschlichen Lebens. Die Technik übernimmt viele Tätigkeiten, die unsere Vorfahren noch mit ihren Muskeln verrichten mussten. Allein seit 1950 lässt sich in der Bundesrepublik Deutschland eine Reduzierung des täglichen Kalorienverbrauchs bei männlichen Personen von ca. 400, bei weiblichen von ca. 300 kcal feststellen. **Bewegungsmangel** ist laut Holtmann u. Hettinger (2000) jene »muskuläre Beanspruchung, die chronisch unterhalb einer Reizschwelle liegt, deren Überschreitung notwendig ist zum Erhalt oder zur Vergrößerung der funktionellen Kapazität«. Er ist der wesentliche Grund dafür, dass Organe verkümmern und Menschen erkranken.

Früher diente die Bewegung, z. B. beim Jagen und Fliehen, zur Sicherung unserer Existenz. Heute ist sie für manche ein lästiges Übel, weil angeblich wichtigere Dinge zu erledigen sind. Mittlerweile sitzen die Deutschen täglich 10–14 Stunden (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin 2011). Ihnen droht der sog. **Tod auf dem Bürostuhl**, das Sedentary Death Syndrome (Lees u. Booth 2004).

Bewegungsmangel geht oft mit falschem Ernährungsverhalten einher. Dieses hat sich in den letzten Jahrzehnten von einer notwendigen Energie- und Nährstoffversorgung hin zu einer Überschussaufnahme und Genussucht entwickelt. Hohe Energiemengen und der Mangel an lebensnotwendigen Substanzen wie Vitaminen, Mineralien, sekundären Pflanzenstoffen und Ballaststoffen führen in Kombination mit fehlender Bewegung dazu, dass viele unter ihrer ständig zunehmenden Kleidergröße und erheblichen gesundheitlichen Risiken leiden.

Besorgniserregend ist vor allem, dass die Leistungsfähigkeit der 10- bis 14-jährigen Kinder und Jugendlichen im Vergleich zu 1995 um mehr als 20% zurückgegangen ist (WIAD-Studie 2003). Die Ergebnisse der sich zeitlich daran anschließenden »Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland« (KiGGS-Studie), durchgeführt vom Robert Koch-Institut in der Zeit zwischen 2003 und 2006 mit 18.000 Kindern und Jugendlichen als Basiserhebung, beschreibt die Tendenz deutlicher: (o. A. 2013a)

- 15% sind übergewichtig.
- Bei 6,3% liegt eine Adipositas vor. Dieser Anteil steigt mit zunehmendem Alter.

- Im Vergleich zu den Referenzdaten aus den Jahren 1985–1999 sind die Werte um 50% gestiegen.

Mit Spannung werden Ende 2013 die Ergebnisse der Folgeuntersuchung (KiGGS Welle 1) 2009–2012 erwartet.

Diese Entwicklungstendenz hat weitreichende Folgen: Bereits etwa ein Drittel aller übergewichtigen Kinder leidet unter Bluthochdruck. Hinzu kommen Fettstoffwechselstörungen, ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder einen Diabetes mellitus Typ 2 (früher als »Altersdiabetes« bezeichnet). Auch Depressionen und Angststörungen sind häufig. Ein Teufelskreis, denn das Erlernen negativer Verhaltensmuster im Kindesalter führt mit hoher Wahrscheinlichkeit zu Fehlentwicklungen im Erwachsenenalter. Wie sollen diese Menschen zukünftig die Anforderungen des Arbeitsalltags bis zu ihrer Rente mit 67 Jahren bewältigen?

➤ Wichtig

Die Menschen von heute leben zwar immer länger, aber dies bedeutet keinesfalls, dass sie auch gesünder sind.

Niederländische Forscher fanden heraus, dass Erwachsene heute mehr gesundheitlichen Risiken (Fettleibigkeit, Bluthochdruck) ausgesetzt sind als Personen gleichen Alters vor 10 oder 20 Jahren (Hulsegge et al. 2013).

■ Todesursachen

Im Jahr 2012 verstarben in Deutschland laut Statistischem Bundesamt 869.582 Menschen. Häufigste Todesursache nach dem ICD-10-Schlüssel (International Statistical Classification of Diseases) war wie in den Vorjahren eine Erkrankung des Kreislaufsystems (über 40,2% aller Verstorbenen). Hinzu kommen 6,4%, die durch einen Myokardinfarkt zu Tode kamen. An 2. Stelle folgen Neubildungen mit 25,5% (ICD-10 2014).

Atherothrombose, das pathophysiologische Syndrom der Veränderung an den Gefäßwänden, die zu den verschiedensten Organerkrankungen führen, ist auch weltweit der wichtigste Grund für Mortalität. Nach dem World Health Report der WHO von 2001 sind kardio- und zerebrovaskuläre Erkrankungen in den Mitgliedsstaaten der WHO mit 52% seit Jahren die häufigste Todesursache. Schätzungsweise 1,9 Mio. Todesfälle gehen allein auf körperliche Inaktivität zurück. Interessant ist, dass Bewegungsmangel nicht allein die Entstehung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen beeinflusst (WHO 2002; Hamm C 2013).

Auch in Europa sterben gemäß European Society of Cardiology 2012 jährlich 4,3 Mio. Menschen an kardiovaskulären Krankheiten (o.A. 2013b). Die gute Nachricht: In den meisten EU-Ländern hat sich die Mortalität durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen seit 1980 etwa halbiert (Nichols et al. 2013) und WHO sowie World Heart Federation

(WHF) verfolgen das Ziel, bis zum Jahr 2025 den Anteil vorzeitiger Todesfälle auf 25% zu verringern. Die meisten Menschen könnten dieses Bestreben durch Präventionsmaßnahmen unterstützen, da 90% des **Herzinfarktrisikos** von Faktoren abhängen, die den Lebensstil beeinflussen. Sie sind unabhängig von Alter, Geschlecht und ethnischer Gruppe signifikant mit einem Herzinfarkt assoziiert:

Risikofaktoren des Herzinfarkts (Jusuf et al. 2006)

- Nikotinabusus
- Apo B/Apo A-I-Quotient (vergleichbar mit HDL-LDL-Quotient)
- Bluthochdruck
- Diabetes mellitus
- Bauchbetonte Adipositas
- Psychosozialer (beruflicher, privater oder finanzieller) Stress
- Mangelnder Obst- und Gemüseverzehr
- Regelmäßiger Alkoholkonsum
- Bewegungsmangel

Fehlende Bewegung, falsche Ernährung sowie Stress verändern Blutparameter (Triglyzeride, Cholesterin, Homocystein, Fibrinogen, C-reaktives Protein, HbA1c etc.), die die Entwicklung von Atherosklerose begünstigen.

➤ Wichtig

Körperlich inaktive Menschen sind häufig von mehreren Risikofaktoren betroffen, die sich in ihrer Gefährlichkeit potenzieren.

In diesem Zusammenhang ist das metabolische Syndrom (»Syndrom X«) zu nennen: Dabei treten Hyperlipoproteinämie (erhöhtes LDL-Cholesterin, niedriges HDL-Cholesterin, erhöhte Triglyzeride), arterielle Hypertonie (Bluthochdruck), Diabetes Typ II und erhöhte Zucker- und Insulinwerte im Blut (Hyperglykämie, Hyperinsulinämie) sowie Adipositas als »gefährliches Quartett« gemeinsam auf.

Wissenschaftler des University College London (Whitehall-Studien I und II) führen die rückläufigen Herzinfarkthäufigkeiten auf einen Rückgang der wichtigsten fünf Risikofaktoren zurück: Seit 1985 rauchen mittlerweile 6% weniger und der systolische Blutdruckwert liegt um 13% niedriger. Das HDL-Cholesterin steigt und das LDL-Cholesterin sinkt (► Abschn. 4.3.1). Die Menschen ernähren sich mit mehr Obst und Gemüse. Eindeutig verschlechtert hat sich allerdings die Prävalenz der abdominalen Fettleibigkeit sowie die Prävalenz von Diabetes mellitus. Der Body-Mass-Index (BMI) steigt ständig an (Malberg 2011).

■ Erkrankungen des Muskel-Skelett-Systems – Volkskrankheit Rückenschmerz

Die häufigste Ursache für Erkrankungen betrifft das Muskel-Skelett-System. Dabei spielt das Thema Rückenschmerz eine besondere Rolle. Etwa zwei Drittel der bundesdeutschen Bevölkerung leiden darunter. Dieser Wert ist innerhalb von 10 Jahren um 16% von 53 (1998) auf 69% (2008) angestiegen. Insbesondere hat der Anteil derjenigen mit chronischen Rückenschmerzen von 16 (1998) auf mehr als 30% (2008) deutlich zugenommen (BKK 2008).

Die **Behandlungskosten** von Rückenschmerzen sind mit jährlich knapp 50 Mrd. Euro enorm hoch. Das entspricht ca. 2,2% des Bruttosozialprodukts Deutschlands (Wenig et al. 2009; Harter 2011). 46% davon werden durch die medizinische Behandlung der Beschwerden (»direkte Kosten«), 54% durch die sozialen Folgekosten (Arbeitsunfähigkeit, Frühverrentung etc. – »indirekte Kosten«) verursacht. Auf 7–10% der Patienten mit chronischen Rückenschmerzen entfallen ca. 80% der Kosten (Gottschalk u. Cegla 2008; Denner 2009).

Umfragen in Seminaren des Autors bestätigen die Bedeutung des Themas Rückenschmerz: Etwa 80% der Seminarteilnehmer geben Beschwerden an Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule innerhalb der letzten 3 Monate an. Selten nennen Teilnehmer Beschwerden am Herz-Kreislauf-System. Dieses Ergebnis ist insofern beachtenswert, als Rückenbeschwerden von den Patienten wahrgenommen und in der Folge behandelt werden. Beginnende Schädigungen des Herzens oder Gefäßsystems führen meist zu keinerlei Beschwerden und bleiben demzufolge oft so lange unbeachtet, bis sie möglicherweise erst in Jahrzehnten – oft zu spät – spürbar sind.

Nach einer bevölkerungsrepräsentativen Befragung der Techniker Krankenkasse (2007) von 1000 Personen über 14 Jahre haben doppelt so viele Nichtsportler wie sportlich aktive Personen Rückenschmerzen. Auch an anderen Erkrankungen wie Herzinfarkt, Diabetes mellitus, Übergewicht und Depression leiden Couch-Potatoes häufiger als Bewegungsaktive. »Deutschland bewegt sich« zwar, so das Motto der Gesundheitsinitiative von ZDF, Barmer GEK und Bild am Sonntag seit 2003, aber anscheinend zu wenig oder falsch. Dabei ist sicher:

➤ Wichtig

Durch einen gesunden Lebensstil könnten Milliarden gespart werden.

Die Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) schätzt, dass durch **Verhaltensänderungen** die Kosten bei Krankheiten wie Diabetes um 90, bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen um 82 und bei Schlaganfall um 75% gesenkt werden könnten (DGSP 2009).

■ Körperliche Aktivität: Was sie beeinflusst

Insbesondere **mehr Bewegung** könnte zur Verbesserung der Situation beitragen, denn 6% der koronaren Herzerkrankungen und 7% des Diabetes Typ 2 gehen weltweit auf körperliche Inaktivität zurück. Des Weiteren sind global einer von zehn Brust- und Darmkrebsfällen auf Mangel an Bewegung zurückzuführen (Lee et al. 2012). Zudem gehen ca. 10% der frühzeitigen Todesfälle auf körperliche Inaktivität zurück. Demnach hat Bewegungsmangel ein höheres Risiko als das Rauchen (O’Riordan 2012).

Dennoch kommen weltweit 31,1% der Erwachsenen nicht auf die empfohlenen Richtwerte von 150 min moderater Bewegung pro Woche. Bei den Kindern sieht es noch schlimmer aus: Mehr als 80% der 13- bis 15-Jährigen erreichen nicht die geforderten 60 min moderater bis starker körperlicher Belastung täglich – Mädchen noch weniger als Jungen (Heath et al. 2012). »Physical activity has been a neglected dimension of prevention benefits and intervention worldwide« (Das 2012).

➤ Wichtig

Die körperliche Aktivität der Menschen ist von wirtschaftlichen Bedingungen, sozialen Normen, Urbanisation sowie Industrialisierung abhängig. Ebenso spielen Alter, Geschlecht, Gesundheitsstatus, Selbstvertrauen etc. eine Rolle (Heath et al. 2012).

In Deutschland sind Personen die

- weiblich,
- älter als 50 Jahre,
- einen niedrigen Schulabschluss und
- ein geringes Einkommen haben sowie
- einen niedrigen beruflichen Status besitzen

mit deutlich höherer Wahrscheinlichkeit inaktiver als

- jüngere männliche Erwerbstätige,
- mit mittlerem bis höheren Einkommen,
- höherer Bildung und
- höherem beruflichem Status (Cachay u. Hartmann-Thews 1998).

Setzt man als Maß »2 Stunden Sport und mehr pro Woche« an, dann sind 52% der 20- bis 29-jährigen männlichen Bevölkerung in Deutschland sportlich aktiv. Die Aktivität sinkt mit zunehmendem **Alter** bei den 70- bis 79-jährigen auf unter 30%. Bei Frauen ist der Aktivitätslevel um ca. weitere 10% niedriger.

Generell hat Sport in der mittleren und oberen **sozialen Schicht** eine größere Bedeutung als in der Unterschicht. Hier treiben ca. 50% keinen Sport, während in den höheren Schichten der Bevölkerung nur etwa ein Drittel sportlich inaktiv ist. Im europäischen Vergleich stehen die Deutschen mit diesem Ergebnis zwar an 2. Stelle hinter den Niederlanden und vor Luxemburg. Dies sollte allerdings

kein Alibi für die Inaktiven sein, ihr Leben weiter überwiegend sitzend zu verbringen. Immerhin geht es um das persönliche Wohl des Einzelnen und nicht um statistische Mittelwerte der deutschen Bevölkerung (Rütten et al. 2003).

■ Was bedeutet Gesundheit in unserer Erfolgsgesellschaft?

➤ Wichtig

Es gibt unzählige Krankheiten, aber nur eine Gesundheit.

Dieses Alleinstellungsmerkmal macht es lohnend, sich um seine Gesundheit zu kümmern und diesem Thema auch innerhalb der verschiedenen Settings unserer Gesellschaft (Schule, Arbeitsplatz, Wohnumfeld) mehr Bedeutung beizumessen. Obwohl diese Forderung bereits seit 1986 seitens der WHO besteht und in der Ottawa-Charta dokumentiert ist, werden trotz des Trends zur Ganztagsbetreuung heute immer noch an vielen deutschen Schulen nur 2 Wochenstunden Sport unterrichtet. Diesen stehen ca. 30 Stunden in geistig beanspruchenden Fächern gegenüber, die eine weitere geistige Vor- und Nachbereitung erfordern und damit zusätzlich Zeit beanspruchen, die für einen notwendigen körperlichen Ausgleich fehlt. Das »schnelle« G8-Abitur verkürzt die Zeit für ausgleichende körperliche Aktivitäten noch mehr.

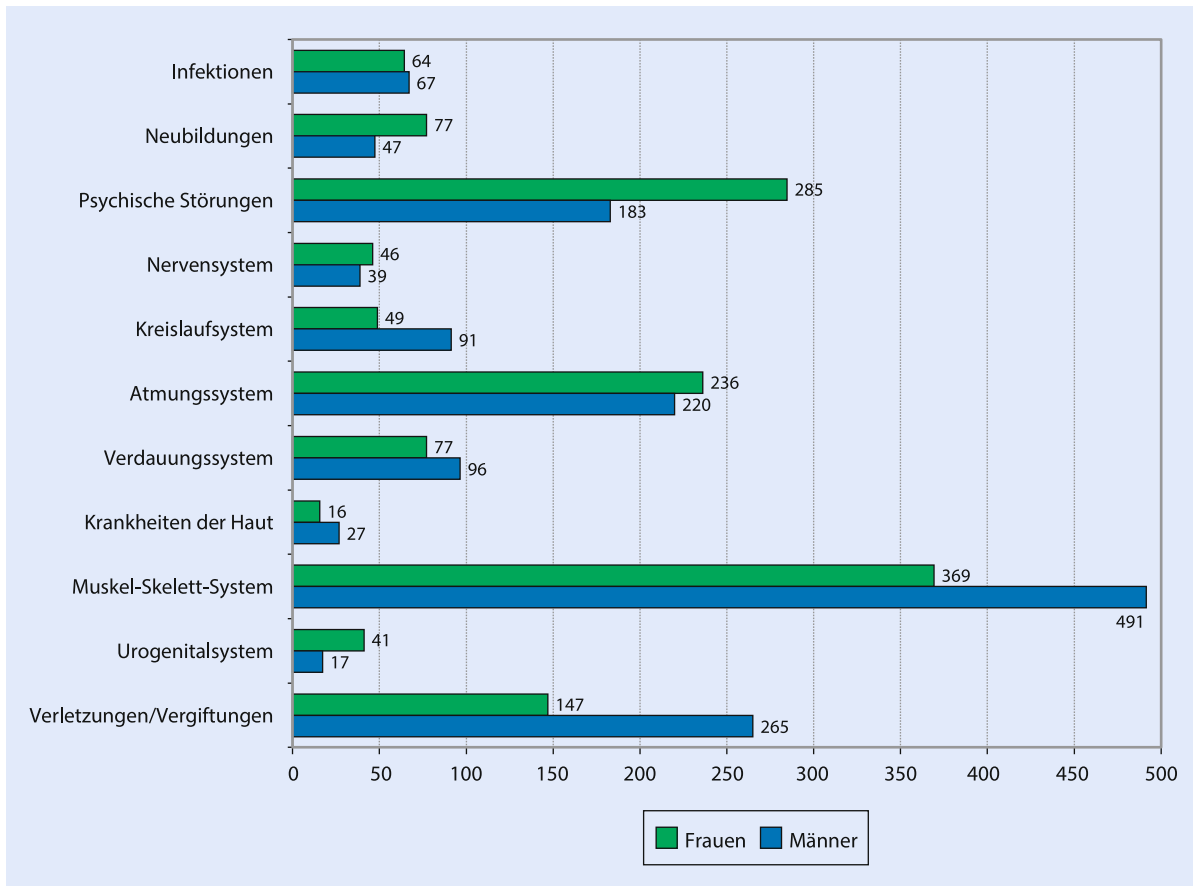
Was jeder Sportler weiß:

➤ Wichtig

Höchstleistungen sind nur dann zu erbringen, wenn die körperlichen sowie mentalen Fähigkeiten und Fertigkeiten auf hohem Niveau entwickelt sind, ein entsprechendes Talent vorhanden, der Gesundheitszustand stabil und die Motivation für das eigene Handeln hoch ist.

Obwohl heutzutage überall, in den Führungsetagen von Unternehmen, beim Pflegepersonal in Krankenhäusern, bei Schülern und Lehrern in Schulen oder an anderer Stelle Höchstleistungen verlangt werden, hat sich diese Erkenntnis bislang kaum durchgesetzt.

Weder bei den Chefs in den Unternehmen, noch bei der Mehrzahl ihrer Mitarbeiter steht dieses Thema auf der Prioritätenliste ganz oben. Solange sich Arbeitsunfähigkeitstage (AU-Tage) statistisch auf einem akzeptablen Niveau halten, besteht seitens der Personalabteilungen oft kein Handlungsbedarf. Damit dies so bleibt, werden den Mitarbeitern zeitweise Rückenschulungskurse oder ein Beitrag zur Mitgliedschaft im ortsansässigen Fitnessstudio angeboten. Dort finden sich meist diejenigen wieder, die ohnehin schon sportlich aktiv sind. Alle anderen, die Couch-Potatoes, die es nötiger hätten, sich zu bewegen, werden oft von den Maßnahmen nicht erreicht. Diese Menschen ver-



■ Abb. 1.1 AU-Tage je 100 Pflichtmitglieder in Deutschland im Jahr 2011 nach Geschlecht und Krankheitsarten. (Vgl. BKK 2012)

harren in ihrem inaktiven Trott. Die Initiativen zeugen mehr von Aktivismus mit Alibifunktion, als dass dahinter ein stringentes betriebliches Gesundheitsmanagement-Konzept zu einem gesünderen Unternehmen stünde.

■ Der negative Einfluss der Arbeitswelt

Der Arbeitsprozess scheint heutzutage immer mehr selbst ein **Auslöser von Krankheiten** zu sein. Schnelle und andauernde Veränderungen in den Unternehmen verlangen permanente Flexibilität im Denken und Handeln. Nichts ist mehr sicher. Der Wettbewerbsdruck steigt – auch zwischen den Mitarbeitern –, und bei den permanenten Change-Prozessen bleiben die Besseren, die Flexibleren, die Ausdauernden übrig. Um dazuzugehören, sind viele Menschen auch nach der Arbeitszeit am Abend, an Wochenenden und manchmal sogar im Urlaub präsent. Ständig Mails checken, immer im Stand-by-Modus, um auf dem aktuellen Stand zu sein. Wo bleibt der Ausgleich, die Familie, das Treffen mit Freunden, der Theaterbesuch?

Die Erbringung von Höchstleistungen fordert von jedem Menschen hohen Einsatz, Tag für Tag, über Monate und Jahre. Die **Arbeitssucht** wird – im Unterschied zu an-

deren Suchterkrankungen – sogar noch mit gesellschaftlicher Anerkennung in Form von besserer Bezahlung und beruflichen Aufstiegschancen honoriert. Doch ohne Balance zwischen Belastungs- und Erholungszeiten können weder Schreibtischmenschen noch Olympiasieger auf Dauer Spitzenleistungen auf höchstem Niveau erbringen. In der Folge fühlen sich Menschen überfordert, später ausgepowert und von Burn-out betroffen.

Dieser »**Übertrainingszustand**« in der Berufswelt lässt sich an den AU-Tagen der Unternehmen ablesen: Seit 2006 steigen sie ständig an. Von Januar bis September 2011 lagen die monatsdurchschnittlichen Krankenstandwerte bei 4,2%, nachdem sie 2006 mit 3,4% auf den niedrigsten Stand seit 30 Jahren gesunken waren. Seit Jahren verursachen Muskel- und Skeletterkrankungen die meisten Fehltage (■ Abb. 1.1). Festzustellen sind dabei geschlechtsspezifische Unterschiede: Männer leiden häufiger unter Muskel-Skelett-Erkrankungen und Verletzungen, Frauen eher unter Atemwegserkrankungen und psychischen Störungen.

Mit zunehmendem Alter steigt die Zahl der AU-Tage in der Alterskategorie der 60- bis 64-Jährigen im Vergleich zu den 25- bis 29-jährigen um fast das Dreifache (■ Abb.

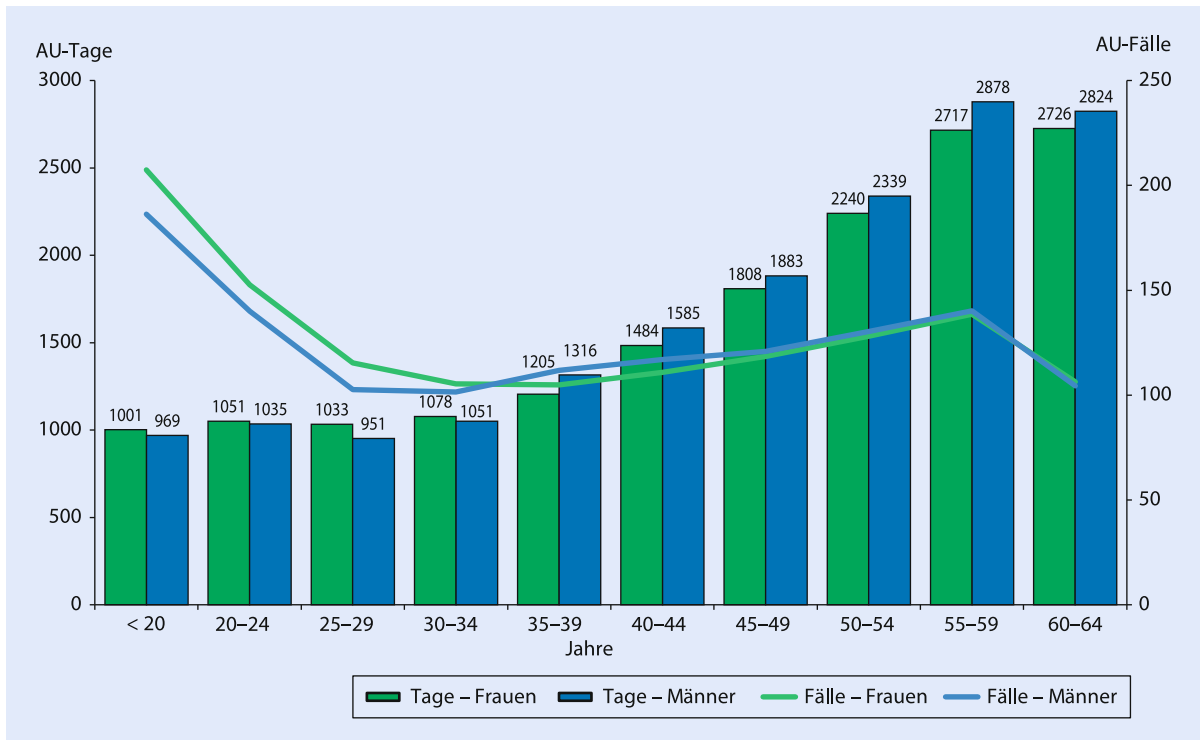


Abb. 1.2 AU-Tage je 100 Pflichtmitglieder in Deutschland im Jahr 2011 nach Alter und Geschlecht. (Vgl. BKK 2012)

1.2). Da bereits heute etwa 30% der Erwerbstätigen zwischen 54 und 60 Jahre alt sind und dieser Anteil bis 2050 auf 40% ansteigen wird, gibt die Alterspyramide in Deutschland Anlass zur Sorge (Berger R. 2013).

Beunruhigend ist die steigende Zahl der AU-Tage wegen **psychischer und Verhaltensstörungen**, die sich seit 1994 mehr als verdoppelt haben (Abb. 1.3). Mit 39,2 AU-Tagen pro Fall liegt der Ausfall der Betroffenen etwa doppelt so hoch wie bei Krankheiten am Muskel- und Skelettsystem (20,3 Tage). Immer häufiger wird Burn-out als Ursache diagnostiziert (BKK 2012).

Auch **Frühverrentungen** gehen in Deutschland immer häufiger auf psychische Erkrankungen zurück. Während deren Anteil im Jahr 2000 noch bei 24% lag, stieg er im Jahr 2011 auf 41% an (o. A. 2013c).

➤ Wichtig

Psychische Erkrankungen sind der häufigste Grund, vorzeitig unfreiwillig aus dem Berufsleben auszuscheiden.

Stress und Burn-out im Berufsalltag werden immer mehr zum betriebs- und volkswirtschaftlichen Problem. Verstärkt wird diese Tendenz dadurch, dass mancher Arbeitnehmer auch nach der regulären Arbeitszeit oder sogar im Krankheitsfall zur Verfügung stehen möchte, sei es aus Angst um den Arbeitsplatz oder aus Pflichtbewusstsein.

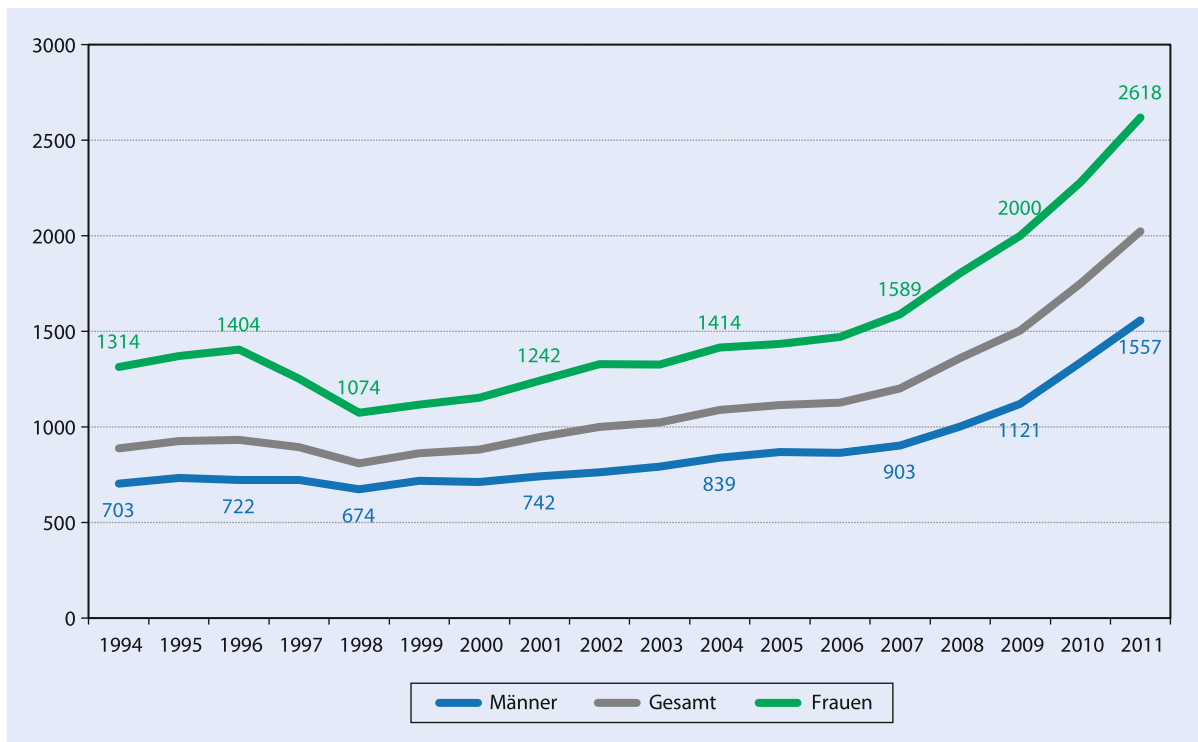
Die Folgen sind (bio)logisch, da sich das Risiko verstärkt, längerfristig auszufallen.

Durch **Überstunden** und »**Präsentismus**« entsteht den Unternehmen ein erheblicher Schaden (Kivimäki et al. 2005). Wie Booz & Company (2011, S. 7) vermuten, weil zwei Drittel der krankheitsbedingten Kosten dadurch verursacht werden, dass sich Mitarbeiter sogar im Krankheitsfall keine Ruhe gönnen. Die Ursachen des Präsentismus liegen primär in der Unternehmensphilosophie und im Denken und Handeln des Managements begründet.

Wie die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA 2010) schätzt, ergeben sich aus den **Fehlzeiten** (insgesamt knapp 409 Mio. AU-Tage) in Unternehmen im Jahr 2010 ein volkswirtschaftlicher Produktionsausfall von über 39 Mrd. Euro und ein Ausfall an Bruttowertschöpfung von 68 Mrd. Euro.

■ Stark steigende Gesundheitskosten und die Rolle der Prävention

Als Folge dieser Entwicklung entsteht zunehmend ein ungesundes Verhältnis zwischen Körper, Geist und Seele. Zeichen dafür ist, dass für Förderung, Erhalt und Wiederherstellung der Gesundheit in Deutschland die Ausgaben in den letzten 10 Jahren kontinuierlich von 212,8 Mrd. (2000) auf 287,4 Mrd. Euro (2010) gestiegen sind.



■ **Abb. 1.3** Entwicklung der AU-Tage je 1000 Mitglieder (ohne Rentner) durch psychische Erkrankungen von 1994–2011. (Vgl. BKK 2012)

➤ Wichtig

Gemessen am Bruttoinlandsprodukt (BIP) wendete die Bundesrepublik im Jahr 2010 11,6% für Gesundheitsausgaben auf (Statistisches Bundesamt 2012).

Diese alarmierenden Zahlen sollten die Verantwortlichen zum Handeln auffordern. Vielleicht geht der Beschluss des **Präventionsgesetzes** des Deutschen Bundestages vom 27.06.2013 als Wende in die Geschichte ein. Demnach werden die Sollaussgaben der Krankenkassen für Gesundheitsförderungs- und Präventionsleistungen ab 2014 per Gesetz von derzeit etwa 205 auf fast 500 Mio. Euro ansteigen (O. A. 2013d).

■ Der demografische Wandel und die Folgen für die Wirtschaft

Vermutlich wird sich diese Tendenz in Zukunft verstärkt auch in den Unternehmen zeigen, denn sie spüren bereits heute, was sich in der nächsten Zeit durch den demografischen Wandel noch verstärken wird. Zunehmend fällt es schwerer, Auszubildende und Fachkräfte zu finden. So stellt die Forschungsanstalt der Bundesagentur für Arbeit, das Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, fest: Bis 2020 wird die Zahl an Erwerbspersonen um 1,8 Mio. zurückgehen. Weitere 1,8 Mio. Personen werden in den Jahren 2020–2025 dem Arbeitsmarkt nicht zur Verfügung

stehen. Hinzu kommt, dass mehr Menschen Deutschland verlassen als aus anderen Ländern zum Arbeiten einwandern (Helmrich et al. 2012).

Auch liberalere Einwanderungsgesetze werden diese Fakten nicht umkehren können. Deshalb ist zukünftig ein Umdenken in den Chefetagen zu erwarten. Die Angebote auf dem Stellenmarkt werden geringer und die Zahl der älteren Arbeitnehmer steigt. Schätzungen zufolge wird der Anteil der 55- bis 64-Jährigen in einigen Regionen bis 2030 auf 75% ansteigen. Der Wettbewerb um Arbeitsplätze wird zunehmend von den Arbeitnehmern auf die Seite der Arbeitgeber wechseln. Die Unternehmen versuchen, die am besten Ausgebildeten für sich zu gewinnen.

➤ Wichtig

Der Gesundheits- und Fitnessstatus der Älteren gewinnt zunehmend an Bedeutung.

»Der Wirtschaftsfaktor Mensch wird eine erkennbare Wertsteigerung erfahren. Er ist der Schlüssel zur Produktivkraft«, schlussfolgern die Autoren Gänslers und Bröske (2010, S. 63) in ihrem bemerkenswerten Buch »Die Gesundheitsarbeiter«.

Der Mitarbeiter erfährt für seine Arbeit mehr Wertschätzung, seine persönliche (Familien-)Situation gerät stärker in den Fokus seines Arbeitgebers und es ist zu vermuten, dass es zu einer Entschleunigung des gesamten

Arbeitsprozesses kommen wird, da dem momentanen Dauerstress bereits heute viele nicht mehr standhalten. Es klingt wie eine Illusion, aber die Entwicklung ist bereits in vollem Gange, wie dem *Spiegel*-Bericht »Jetzt mal langsam« zu entnehmen ist (Dettmer u. Tietz 2011).

Die Unternehmen werden mehr Geld für benötigte Qualifikationen investieren.

➤ Wichtig

Gesundheitsmanagement entwickelt sich zunehmend vom Softskill »Nice-to-have« zum Hardskill »Must-have«.

Dabei wird sich der Trend mehr vom Thema Firmenfitness hin zu Themen wenden, die Gesundheit im Sinne der WHO-Definition (► s. u.) ganzheitlich betrachten, d. h. sowohl die physische als auch die psychosoziale und mentale Seite berücksichtigen. Vermutlich deshalb zeigen eigene Erfahrungen, dass beim Körpermanagement zunehmend die Themen Stress-, Burn-out-Prophylaxe und Resilienzmanagement an Bedeutung gewinnen.

In diesem Rahmen wird sich auch ein **Wandel der Weiterbildungsstrategie** von Unternehmen vollziehen. Nur ungern und hinter vorgehaltener Hand bestätigen Personalmanager, dass man über 40-Jährigen seltener eine Maßnahme genehmigt als jüngeren Kollegen. Im Hinterkopf ist vermutlich nach wie vor verankert, es sei unrentabel, die Älteren (noch) zu fördern. Die Verantwortlichen täten gut daran, sich an den Ergebnissen der PACE-Studie (Performance, Age, Competition, Exercise) der Deutschen Sporthochschule in Köln aus dem Jahre 2005 zu orientieren (Leyk et al. 2010): In der Pressemitteilung der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention heißt es, »dass Leistungseinbußen im mittleren Lebensalter weniger auf biologische Alterung, sondern vielmehr auf ungünstige Alltagsgewohnheiten und fehlendes Training zurückzuführen sind«. Diese Aussage bezieht sich zwar auf die körperliche Leistungsfähigkeit, aber auch auf mentaler Ebene sind die Menschen anpassungsfähiger, als viele glauben. Zudem lässt sich durch körperliches Training eine Vielzahl mentaler Prozesse positiv beeinflussen.

Da Verhaltensänderungen erfahrungsgemäß länger dauern und der Versuch der Änderung oft schon beim ersten Mal scheitert, werden die Unternehmen bei der Umsetzung gesundheitsorientierter Maßnahmen kurzfristig nur geringe Erfolge erzielen können. Dennoch gibt es einige Faktoren, die die Erfolgswahrscheinlichkeit steigern. So haben Forscher der Initiative Arbeit und Gesundheit (IAG) herausgefunden, dass die Erfolgswahrscheinlichkeit steigt, wenn die Mitarbeiter frühzeitig in die Maßnahmen eingebunden sind, die Geschäftsleitung hinter dem Projekt steht und die Bereitschaft zu Investitionen vorhanden ist (Pfaff u. Slesina 2001).

Dass sich diese Investitionen rechnen, ist bewiesen. Neben dem IAG-Report (Institut für Arbeit und Gesund-

heit der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung) von 2008 gibt es weitere Zahlen, die den Benefit betrieblicher Vorsorge belegen (Hollender 2007; O'Donnell 2005). Je nach Maßnahme wird international ein Return of Invest von 1:2,5 bis 1:10,1 für Fehltag und 1:2,3 bis 1:1,59 für Krankheitskosten erzielt. Anderen Quellen zufolge zahlt sich jeder in betriebliche Vorsorge investierte Euro je nach Maßnahme auf volkswirtschaftlicher Ebene mit 5–16 Euro aus (Booz u. Company 2011, S. 9). Damit ist die Rendite weitaus höher als bei so manchen DAX-Aktien (Gänsler u. Bröske 2010, S. 135) und vor allem ohne jegliches Risiko.

■ Wie lassen sich Gesundheit und Krankheit definieren?

Die Erhaltung der Gesundheit bzw. das Minimieren von Krankheiten wird zur großen Herausforderung unserer Gesellschaft. Wer sich ihr stellt, wird sich mit den Begriffen auseinandersetzen müssen, um seine Strategien daran auszurichten.

➤ Wichtig

Gesundheit ist laut WHO-Definition ein Zustand vollkommenen körperlichen, psychischen und sozialen Wohlbefindens, nicht nur definiert durch Abwesenheit von Krankheit oder Gebrechen.

Krankheit ist demzufolge eine Störung des körperlichen, psychischen und sozialen Wohlbefindens. Bei der Abgrenzung zwischen Krankheit und Gesundheit ist die statistische Schwankungsbreite aus einer Vielzahl von Beobachtungen zu berücksichtigen (Gesundheits-Brockhaus 2006). Zur exakteren Klärung der beiden konträren Begriffe Gesundheit und Krankheit stehen unterschiedliche Modelle zur Verfügung:

- Risikofaktorenmodell
- Salutogenesemodell

Das Risikofaktorenmodell basiert auf dem Grundgedanken, dass ein Faktor oder eine Kombination von Faktoren die Wahrscheinlichkeit (das Risiko) für das Auftreten einer Krankheit erhöht. Risikofaktoren sind gesundheitlich bedenkliche Merkmale oder Folgen der Lebensführung und können biologischen, verhaltensbezogenen oder psychosozialen Ursprungs sein.

Der wissenschaftliche Hintergrund dieses Modells basiert auf der Framingham-Studie aus den 1950er Jahren. Im Rahmen dieser epidemiologischen Studie zu den Einflussfaktoren bei der Entstehung eines Herzinfarkts wurden 5000 Einwohner des Ortes Framingham in den USA regelmäßig alle 2 Jahre untersucht. Dabei zeigten sich Zusammenhänge zwischen Risikofaktoren, wie z. B. hohen Blutdruckwerten, Tabakkonsum, Bluthochdruck, Übergewicht, psychischen Stressoren, und dem Auftreten von koronaren Herzerkrankungen, vor allem in Form von Herzinfarkten:



■ Abb. 1.4 Situationen, die Menschen zum »Platzen« bringen können

Je mehr Risikofaktoren vorliegen, desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, einen Herzinfarkt zu erleiden.

Hauptkritikpunkt an diesem Modell ist, dass es auf einzelne Krankheiten und deren Entstehung zentriert ist und nicht auf Gesundheit und ihre Erhaltung. Zudem wird es der Komplexität des Geschehens nicht gerecht.

Dagegen steht das von dem Sozialmediziner Aaron Antonovsky (1923–1994) entwickelte Salutogenese-Modell. Er lehnt eine Polarisierung, Menschen seien entweder krank oder gesund, ab und sagt (Antonovsky 1997): »Wir sind alle sterblich. Ebenso sind wir alle, solange noch ein Hauch von Leben in uns ist, irgendwie gesund.«

Antonovskys entscheidende Fragen lauten: Wie entsteht oder erhält sich Gesundheit? Welche Faktoren fördern Gesundheit? »Für Antonovsky ist Gesundheit eine dynamische Interaktion zwischen zahlreichen belastenden und entlastenden, schützenden und unterstützenden Faktoren. Gesundheit ist Resultat der jeweils aktuellen Balance zwischen Risiko- und Schutzfaktoren innerhalb wie außerhalb der Person« (Hurrelmann 2006).

Psychosoziale, physische und biochemische Reize sind Stressoren für den menschlichen Organismus und können als »generalisierte Defizite« (Risikofaktoren) zu Organschwächen führen. Diese erhöhen die Wahrscheinlichkeit einer Verschiebung in Richtung des negativen Pols im Gesundheits-Krankheits-Kontinuum. Dem stehen psychosoziale, genetische und konstitutionelle »generalisierte Widerstandsquellen« (Schutzfaktoren) gegenüber. Diese wirken einer Erkrankung entgegen und steigern die Wahrscheinlichkeit einer Verschiebung in Richtung zum positiven Pol des Gesundheits-Krankheits-Kontinuums. Der Kohärenzsinn, bestehend aus den Komponenten Verstehbarkeit, Bewältigung und Sinnhaftigkeit, beschreibt die positive Grundhaltung des Menschen und seine Fähigkeit, die jeweils verfügbaren Ressourcen zu seiner Gesunderhaltung zu nutzen. Zentrale Variablen des Modells sind die menschlichen Fähigkeiten, die Welt zusammenhängend zu verstehen, sich ihrer handhabbar

zu machen und Veränderungen als sinnvoll zu begreifen (Antonovsky 1980; Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung 2003).

➤ Wichtig

Das Salutogenese-Modell setzt auf einen erweiterten Gesundheitsbegriff, betrachtet den Menschen in seiner Komplexität und nicht nur unter dem Blickwinkel isolierter Risikofaktoren. Damit steht es der WHO-Definition erheblich näher.

Umwelteinflüsse können sich belastend, aber auch gesundheitsfördernd auswirken. Meist ist dies eine Frage der persönlichen Betrachtungsweise. Neben beruflichem Stress erleben viele Menschen eine unglückliche Partnerschaft als Stressor. Falsche Ernährungsgewohnheiten können zusätzlichen (Stoffwechsel-)Stress ausüben. Wenn auch der Körper vernachlässigt oder durch falsche Bewegung überbeansprucht wird und zudem die Sinnhaftigkeit des Lebens verloren geht, besteht die Gefahr, komplett aus der Balance zu geraten. Die »Luft ist raus« (■ Abb. 1.4), der Schritt zum Burn-out nicht mehr weit.

Dieser Extremfall wird die Ausnahme bleiben. Doch je stärker belastende Einflüsse ausgeprägt sind, desto größere innere Potenziale müssen vorhanden sein, um den Belastungen standzuhalten und nicht komplett den Halt zu verlieren. Menschen, denen es gelingt, die Situationen umzukehren und Kraft daraus zu generieren, stärken ihre inneren Potenziale (Resistenz und Resilienz). Damit erfahren sie Unterstützung, ein gesundes, erfolgreiches, sinnbehaftetes Leben mit hoher Qualität bis ins hohe Alter zu führen.

Der Wettkampf um den Wirtschafts- und Erfolgsfaktor Gesundheit hat begonnen. Diesen Prozess gilt es zu managen. Wer zu spät kommt, wird verlieren. Somit heißt es in Anlehnung an den Sport: Auf die Plätze, fertig, los!

Zusammenfassung

Die Menschen leben heute immer länger, aber nicht zwangsläufig gesünder. Bewegungsmangel, falsche Ernährung und Stress sorgen bereits im Kindes- und Jugendalter für Risikofaktoren wie Bluthochdruck. Daraus entwickeln sich später oft Herz-Kreislauf-Erkrankungen (Todesursache Nr. 1) und Erkrankungen am Muskel-Skelett-System wie Rückenschmerzen (Krankheitsursache Nr. 1). Dies und psychische Erkrankungen belasten die Gesellschaft zunehmend: Die Kosten (Ausgaben der Krankenkassen, AU-Tage in Unternehmen, Frühverrentungen etc.) sind immens und könnten durch Verhaltensänderungen jedes Einzelnen erheblich reduziert werden. Da sie mit dem Lebensalter steigen, lässt sich ermesen, welche Problematik der demografische Wandel zukünftig mit sich bringen wird, wenn kein zeitnahes Umdenken stattfindet. Die älteren Menschen gewinnen als Wirtschaftsfaktor an Bedeutung. Gesundheitsmanagement avanciert vom Softskill »Nice-to-have« zum Hardskill »Must-have«.

Literatur

- Antonovsky A (1980) Health, stress and coping. Jossey-Bass, S an Francisco
- Antonovsky A (1997) Salutogenese. Zur Entmystifizierung der Gesundheit. dgvt-Verlag, Tübingen
- Badura B et al. (2011) Fehlzeiten-Report 2011. Schwerpunktthema: Führung und Gesundheit. Springer, Berlin
- Berger R (2013) BGM ist Investition mit mehrfacher Rendite <http://www.hcc-magazin.com/roland-berger-bgm-ist-investition/5134> (Zugriff 05. Februar 2014)
- BKK Bundesverband (2008) BKK Faktenspiegel - Schwerpunktthema Rückengesundheit. Langzeitstudie des BKK Bundesverbandes durch TNS Healthcare von 1998 bis 2008. Essen
- BKK Bundesverband (2010) Gesundheitsreport 2010 – Gesundheit in einer älter werdenden Gesellschaft. Essen
- BKK Bundesverband (2011) Gesundheitsreport 2011 – Zukunft der Arbeit. Essen
- BKK Bundesverband (2012) Gesundheitsreport 2012 – Gesundheit fördern – Krankheit versorgen – Mit Krankheit leben. Essen
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2010) Volkswirtschaftliche Kosten durch Arbeitsunfähigkeit 2010 (Stand Juni 2012), Dortmund. Online abrufbar unter: <http://www.baua.de/de/Informationen-fuer-die-Praxis/Statistiken/Arbeitsunfaehigkeit/Kosten.html> (Zugriff 07.02.2014)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2011) Sitzlust statt Sitzfrust – Sitzen bei der Arbeit und anderswo. Berlin. Online abrufbar unter: <http://www.baua.de/de/Publikationen/Broschueren/A31.pdf> (Zugriff 07.02.2014)
- Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung (2003) Leitbegriffe der Gesundheitsförderung, Glossar zu Konzepten, Strategien und Methoden in der Gesundheitsförderung. Fachverlag Peter Sabo, Schwabenheim a. d. Selz
- Cachay K, Hartmann-Tews I (1998) Sport und soziale Ungleichheit. Sozialwissenschaften des Sports. Bd. 5. Nagelschmid, Stuttgart
- Denner A (2009) FPZ Deutschland den Rücken Stärken – Wir bringen Menschen in Bewegung. Das offizielle FPZ Handbuch. Eigenverlag. Köln
- Der Gesundheits-Brockhaus (2006) Brockhaus, Leipzig
- Dettmer M, Tietz J (2011) Jetzt mal langsam. Spiegel, Ausgabe 30: 58–68
- Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) (2007) Leitlinie Vorsorgeuntersuchung im Sport. Online abrufbar unter: http://www.dgsp.de/_downloads/allgemein/S1_Leitlinie.pdf (Zugriff 07.02.2014)
- Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) (2009) Erhebungen beweisen: Prävention kann Milliarden sparen. Ein großes, zu wenig genutztes Potential. Pressemitteilung vom 13.10.2009 Online abrufbar unter: http://www.dgsp.de/_downloads/allgemein/2009-10-13.pdf (Zugriff 07.02.2014)
- DSB (2003) WIAD- AOK – DSB – Studie II. Bewegungsstatus von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Untersuchung auf der Basis einer sekundäranalytischen Sichtung, einer repräsentativen Befragung bei 12- bis 18-Jährigen und eines Bewegungs-Check-up in Schulen. Eine Analyse des Wissenschaftlichen Instituts der Ärzte Deutschlands. Frankfurt a. M. Online abrufbar unter: http://www.ehrenamt-im-sport.de/fileadmin/fm-ehrenamtimsport/pdf/wiad_2003_a3891f21.pdf (Zugriff 07.02.2014)
- European Network for Workplace Health Promotion (ENWHP) (2008) Die Luxemburger Deklaration zur betrieblichen Gesundheitsförderung in der Europäischen Union. Online abrufbar unter: http://www.luxemburger-deklaration.de/fileadmin/rs-dokumente/dateien/LuxDekl/Luxemburger_Deklaration_09-12.pdf (Zugriff 07.02.2014)
- Gänsler G, Bröske T (2010) Die Gesundarbeiter. Murmann, Hamburg
- Gottschalk A, Cegla T (2008) Schmerztherapie. Thieme, Stuttgart
- Hamm C (2013) <http://www.dgk.org/pressemitteilungen/2013-herbsttagung/2013-ht-aktuelle-pm/2013-ht-statements/2013-ht-statements-tag2/weltweite-kampagne-will-herz-kreislauf-sterblichkeit-bis-2025-auf-25-prozent-reduzieren-wissenschaftliche-leitlinien-sollen-dabei-unterstuetzen/> (Zugriff 05. Februar 2014)
- Harter B (2011) Die Reflexion der ökonomischen Auswirkungen eines IV-Vertrages am Beispiel der Behandlung von Rückenschmerzen. Diplomarbeit. Rheinische Fachhochschule, Köln
- Harter WH (2010) Systematische Medizinische Trainingstherapie. Definitionen und Strukturen. Z Manuelle Med 5: 353–359
- Heath GW et al. (2012) Evidence-based intervention in physical activity: Lessons from around the world. Lancet 380(9838) 272–281. doi: 10.1016/S0140-6736(12)60816-2
- Helmrich et al. (2012) Engpässe auf dem Arbeitsmarkt: Geändertes Bildungs- und Erwerbsverhalten mildert Fachkräftemangel. Neue Ergebnisse der BIBB-IAB-Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis zum Jahr 2030. BIBB Report, Ausgabe 18/12
- Hollederer A (2007) Betriebliche Gesundheitsförderung in Deutschland. Ergebnisse des IAB-Betriebspanels 2002 und 2004. In: Gesundheitswesen, Jg. 69, H. 2, 63–76
- Hollmann W (2002) Körperliche Aktivität und Gesundheit. Vortrag anlässlich des 80-jährigen Jubiläums der Präha Anna Herrmann Schule. Kerpen
- Hollmann W, Hettinger T (2000) Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer, Stuttgart
- Hulsegge G et al. (2013) Today's adult generations are less healthy than their predecessors: generation shifts in metabolic risk factors: the Doetinchem Cohort Study. Eur J Prev Cardiol; DOI: 10.1177/2047487313485512. Online abrufbar unter: <http://cpr.sagepub.com/content/early/2013/04/08/2047487313485512.abstract> (Zugriff 07.02.2014)

- Hurrelmann K (2006) Gesundheitssoziologie. Eine Einführung in sozialwissenschaftliche Theorien von Krankheitsprävention und Gesundheitsförderung. Juventa, Weinheim
- ICD-10 (2014) Statistisches Bundesamt: Nach der internationalen statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision <http://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesellschaftStaat/Gesundheit/Todesursachen/Tabellen/EckdatenTU.html> (Zugriff 05. Februar 2014)
- Jusuf S et al. (2006) Obesity and the risk of myocardial infarction in 27.000 participants from 52 countries: a case-control study. *Lancet* 366(9497): 1640–1649
- Kivimäki et al. (2005) Justice at work and reduced risk of coronary heart disease among employees: The Whitehall II Study. *Arch Intern Med* 165: 2245–2251
- Lee IM et al. (2012) Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: An analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* 380(9838): 219–229; doi:10.1016/S0140-6736(12)61031-9. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0140673612610319> (Zugriff 07.02.2014)
- Lees SJ, Booth FW (2004) Sedentary death syndrome. *Can Appl Physiol* 29(4) 447–460
- Leyk D et al. (2010) Leistungsfähigkeit im mittleren und höheren Lebensalter: Gute Nachrichten für eine inaktive und alternde Gesellschaft. *Dtsch Arztebl Int* 107(46) 809–816
- Malberg K (2011) *MMW Fortschritte der Medizin* 153: 26–28
- Marmot MG et al. (1991) Health inequalities among British civil servants: the Whitehall II study. *Lancet* 337 (8754) 1387–1393. doi:10.1016/0140-6736(91)93068-K. PMID 1674771. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1674771> (Zugriff 07.02.2014)
- Nichols N et al. (2013) Trends in age-specific coronary heart disease mortality in the European Union over three decades: 1980–2009. *Eur Heart J* 34(39) 3017–3027; doi: 10.1093/eurheartj/eh159
- O'Donnell MP (2005) Closing thoughts. The art of health promotion. *Am J Health* 19(6) 1–11
- O'Riordan M (2012) The »neglected dimension«: Lancet series highlights global burden of physical inactivity. Artikel v. 18.07. <http://www.medscape.com/viewarticle/767648> (Zugriff 07.02.2014)
- Pfaff H, Slesina W (2001) Effektive betriebliche Gesundheitsförderung. Konzepte und methodische Ansätze zur Evaluation und Qualitätssicherung. Juventa, Mannheim
- Rütten A et al. (2003) Gesundheitsberichterstattung des Bundes. Heft 26: Körperliche Aktivität. Robert Koch-Institut (Hrsg.) Berlin. 7 ff
- Wenig C et al. (2009) Costs of back pain in Germany. *Eur J Pain* 5(23) 742–742
- WHO (2002) The World Health Report. Reducing risks, promoting healthy life. Geneva. http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf (Zugriff 07.02.2014)
- Wissenschaftliches Institut der AOK (2010) Pressemitteilung vom 08.07.2010. Berlin
- Wissenschaftliches Institut der AOK (2011) AOK-Fehlzeitenreport 2011. Pressemitteilung vom 16.08.2011. Berlin
- O.A. (2013 a) Robert-Koch-Institut: Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. <http://www.kiggs-studie.de>. (Zugriff 05. Februar 2014)
- O.A. (2013 b) <http://www.escardio.org/congresses/esc-2012/pages/welcome.aspx> (Zugriff 05. Februar 2014)
- O.A. (2013 c) Deutsches Ärzteblatt: Psychische Erkrankungen Hauptursache für Frühverrentung <http://www.aerzteblatt.de/nachrichten/52875/Psychische-Erkrankungen-Hauptursache-fuer-Fruehverrentung> (Zugriff 05. Februar 2014)
- O.A. (2013 d) Deutscher Präventionstag <http://www.praeventionstag.de/nano.cms/news/details/827> (Zugriff 05. Februar 2014)

Körpermanagement – Analyse, Planung, Training, Kontrolle

Bernd Gimbel, Christine Breitbach

2.1 Strategie – 16

2.2 Geschäftsfeld betriebliches Gesundheitsmanagement und betriebliche Gesundheitsförderung – 19

2.2.1 Definitionen – 20

2.2.2 Wie funktioniert betriebliches Gesundheitsmanagement genau? – 20

2.2.3 BGM-Zyklus – 21

Literatur – 27

Das Startkommando am Ende von Kap. 1 ist als Aufforderung zum Handeln zu verstehen. Es gilt, mehr Menschen von den Vorteilen gesundheitlichen Handelns zu überzeugen und für die Durchführung nachhaltiger Strategien zu motivieren. Körpermanagement liefert die konkreten Strukturen beim Aufbau einer qualifizierten persönlichen und betrieblichen Gesundheitsförderung von Menschen.

■ Definition Körpermanagement

Der Begriff hat seinen Ursprung in der eigenen sportlichen Betätigung des Autors und seiner späteren Berufstätigkeit in Schule und Hochleistungssport sowie als sportlicher Berater des Managements von Unternehmen. Die Erfahrung lehrte sehr bald, dass beim Managen des Jobs dieselben Methoden zum Ziel führen wie beim Managen des Körpers. Warum also sollen wir Experten nicht auf die von »Kopfarbeitern« (Managern) täglich angewandte und deshalb vermutlich beherrschte Methodenkompetenz zurückgreifen (■ Abb. 2.1):

- Klare Analyse eines (beruflichen) Problems
- Planung eines stringenten Prozesses zu dessen Lösung
- Umsetzung motivierender (Trainings-)Methoden in der Praxis
- Regelmäßige Kontrolle, ob letztere zielführend sind

Wenn dieser Weg zum Erfolg führt, dann heißt es, ihn konsequent weitergehen. Wenn nicht, muss das Motto lauten: gegensteuern und Korrekturen einleiten. Körpermanagement nutzt die gelernten Fähigkeiten und Fertigkeiten aus dem Berufsalltag, um den Körper (und den Geist) gesund und leistungsfähig zu halten.

➤ Wichtig

Körpermanagement ist ein die biologischen Gesetze berücksichtigendes Intervenieren mit dem Ziel, umfassende Anpassungsprozesse im Körper und Verhaltensänderungen im Kopf zu bewirken, um die Handlungs- und Leistungsfähigkeit sowie die Gesundheitskompetenz von Menschen zu erhöhen.

Um diesen Prozess inhaltlich und organisatorisch qualifiziert leisten zu können, sind seitens der Trainer umfangreiche interdisziplinäre Kenntnisse der Anatomie, Physiologie, Medizin, Trainings- und Ernährungslehre sowie Psychologie erforderlich. Deshalb ist jedem Teil dieses Buches einleitend ein Theorieteil vorangestellt. Er soll den Lesern helfen, die komplexen Zusammenhänge von Gesundheit, Training, Ernährung und psychologischen Vorgängen besser zu verstehen. Auf der Basis dieser theoretischen Zusammenhänge wird es Trainern leichter fallen, daraus praktische Handlungsanweisungen zum Erreichen der Ziele ihrer Kunden abzuleiten und diese überzeugend zu begründen.

2.1 Strategie

Die erfolgreiche Planung von Trainingsmaßnahmen und Verhaltensänderungen bedarf im Vorfeld eines persönlichen Gesprächs mit dem Kunden, um Informationen über dessen Gesundheitszustand, Lebensstil, Ziele etc. zu erhalten.



■ Abb. 2.1 Struktur des Körpermanagement-Prozesses

■ Anamnese, Diagnostik, Zielsetzung

Die Systematik dazu liefert ein **Anamnesebogen** (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>), mit dem sich alle wichtigen Informationen dokumentieren lassen.

An die Erfassung der persönlichen Daten schließt sich im Körpermanagement-Prozess eine **hochwertige Diagnostik** an. In jedem Teil des Buches sind deshalb im Anschluss an den Theorieteil verschiedene diagnostische Verfahren dargestellt:

- Fragebögen und Messungen, die jeder Kunde unter Anleitung als Einstieg selbst durchführen kann (► Abschn. 4.1)
- Ausgewählte diagnostische Verfahren der Medizin (► Abschn. 4.2)
- Tests und Diagnostiken der Sportwissenschaft bezüglich der konditionellen Eigenschaften Kraft-, Beweglichkeit- und Koordination (► Teil III) sowie Ausdauer (► Teil IV)
- Analysen zum Ernährungsverhalten (► Kap. 15)

Besonders ausführlich ist die Ausdauerdiagnostik in Teil IV dargestellt, weil die Ergometrie bei der Erfassung und Beurteilung der körperlichen Leistungsfähigkeit eine exponierte Bedeutung hat. Aus der Vielzahl vorhandener Diagnostikverfahren, im Labor oder im Feld, auf dem Fahrrad, Laufband oder einem anderen Gerät, als Stufen- oder Dauerleistungstest, hat jeder Trainer die Aufgabe, das für seinen Kunden bestgeeignete auswählen.

➤ Wichtig

Die Resultate aus der Diagnostik haben zwei Aufgaben zu erfüllen:

- **Zum einen will der Kunde wissen, »wie es um ihn steht«. Dazu werden seine persönlichen diagnostischen Resultate mit statistischen Daten verglichen.**
- **Zum anderen sind daraus Konsequenzen für praktisches Handeln abzuleiten.**

Um die Analyseergebnisse der Kunden in über-, unter- oder durchschnittlich einzuordnen und seine Stärken und Schwächen herauszustellen, findet der Leser in jedem Kapitel im Anschluss an die Beschreibung der diagnostischen Verfahren Tabellen mit Referenzdaten.

Danach folgen in den Teilen III, IV und V Informationen und Beispiele, wie man die **diagnostischen Ergebnisse zur Trainingsgestaltung** (kein Training ohne Diagnostik), **Ernährungsoptimierung** und **Ansätze für Verhaltensänderungen** nutzt. Da erfahrungsgemäß dieser Weg häufig von Motivationsverlust begleitet ist oder sogar abgebrochen wird, ist Teil VI der **Psychologie des »inneren Schweinehundes«** gewidmet, um Nachhaltigkeit in den Körpermanagement-Prozess zu bekommen.

➤ Wichtig

Der Bedarf an einer fachgerechten Beratung und Betreuung mit Diagnostik, Trainingssteuerung und Ernährungsoptimierung ist der Grund, warum sich Kunden in die Obhut eines qualifizierten Trainers begeben. Der verlorene Kampf gegen den »inneren Schweinehund« ist der häufigste Grund, warum Trainer Kunden verlieren.

Durch die Kombination aus Theorie, Diagnostik, Planung und Steuerung von Trainings- bzw. Ernährungsmaßnahmen sowie psychologischen Grundlagen zur Förderung der Motivation erhalten die Leser professionelle Unterstützung, um gemeinsam mit ihren Kunden deren persönliche Ziele zu erreichen.

■ Ziele und Handlungsanweisungen

Die Erfahrung lehrt, dass die meisten Personen

- an medizinischen Präventionsmaßnahmen interessiert sind (► Teil II),
- unter Rückenbeschwerden leiden und diese reduzieren bzw. von diesen befreit werden wollen (► Teil III),
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen vorbeugen oder ihre Ausdauerleistungsfähigkeit erhöhen möchten (► Teil IV),
- ihr Körpergewicht reduzieren wollen und eine gesündere Ernährung anstreben (► Teil V) und
- bei diesem Bestreben nachhaltig erfolgreich sein möchten (► Teil VI).

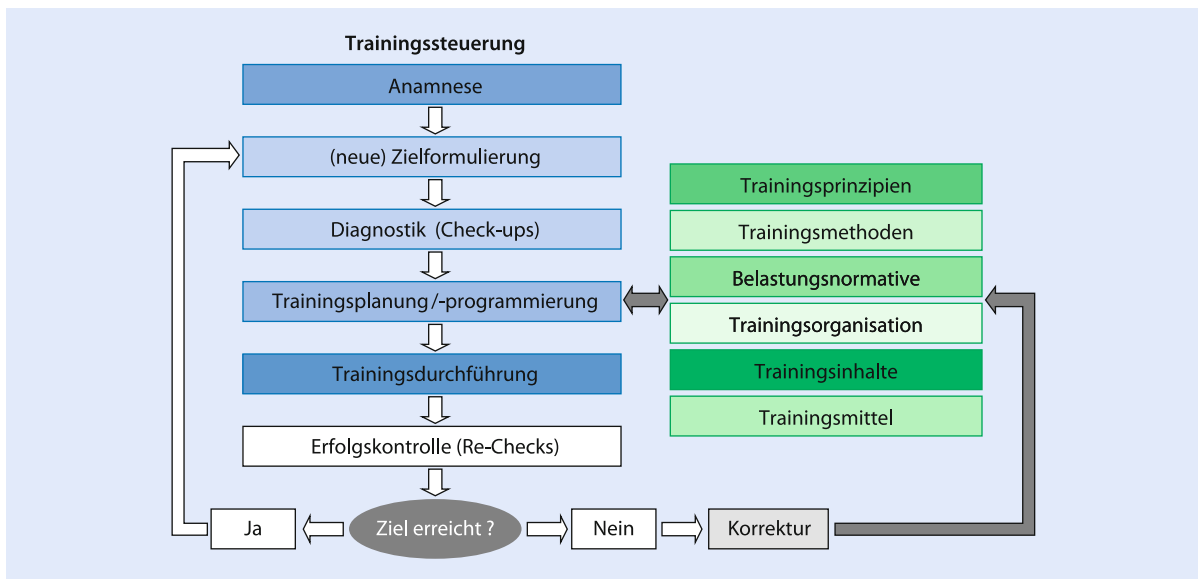
Der Anamnesebogen (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>) bietet den Kunden ein breites Spektrum an Zielen zur Groborientierung. Da der Erfolg beim Erreichen von Zielen einen wesentlichen Motivationsfaktor darstellt, reicht es erfahrungsgemäß nicht aus, sich mit allgemeinen Zielformulierungen zu begnügen, da sie in dieser Form nicht überprüfbar sind. Empfehlenswert ist deshalb, die Ziele »SMART« zu definieren (► Abschn. 21.1).

➤ Wichtig

»SMART« formulierte Ziele sind überprüfbar. Ziele zu erreichen, fördert die Motivation. Misserfolge führen zu Frustration und sind somit kontraproduktiv.

Beispiel: Ich möchte in 3 Monaten 5 kg Körpergewicht reduzieren und werde dafür 2-mal pro Woche 1 Stunde laufen sowie meine Kalorienaufnahme um 300 kcal pro Tag reduzieren.

Diagnostik (Istwert-Bestimmung) und Zielformulierung (Sollwert-Definition) bilden den Rahmen der Trainingssteuerung. Fehlt ein Teil, dann sind die Verhältnisse wie bei einem Navigationssystem: Ohne Eingabe von Start



■ Abb. 2.2 Regelkreis der Trainingssteuerung

oder Ziel findet keine Navigation (Planung und Steuerung des Trainings) statt.

■ Planung und Steuerung von Maßnahmen

Im Anschluss an Anamnese, Diagnostik und Zielformulierung beginnt die vermutlich komplexeste Aufgabe des Trainers: die Trainingssteuerung mit der Konzeption von Trainingsplänen/-programmen (■ Abb. 2.2) bzw. von Plänen zur Optimierung des Ernährungsverhaltens. Anregungen und Beispiele dazu findet der Leser am Ende der Teile III, IV und V. Diese Aufgabe umfasst:

- Beachtung der Prinzipien zur Trainingsgestaltung
- Auswahl geeigneter Trainingsmethoden
- Festlegung der richtigen Belastungsgrößen
- Organisation des Trainingsprozesses
- Herausfinden der passenden Trainingsinhalte und -mittel
- Auswahl geeigneter Sportarten und Disziplinen
- Planung von Veränderungen der Ernährungsgewohnheiten
- Auswahl von Stressbewältigungsprogrammen
- Suche nach Maßnahmen zur Stressprävention und Burn-out-Prophylaxe etc.

Die Komplexität des Geschehens (■ Abb. 2.2) verdeutlicht, dass es bei der Erstellung konkreter Trainingspläne/-programme keine »Konzepte von der Stange« geben kann. Dennoch gelten grundlegende Prinzipien. Diese sind zu beachten, wenn der Anspruch einer fundierten Trainingsprogrammierung erhoben wird. Die nachfolgend dargestellten Prinzipien und die am Ende der Teile III–V aufgeführten Beispiele sollen den Leser anregen, daraus eigene Überlegungen für seine Kunden abzuleiten:

fürten Beispiele sollen den Leser anregen, daraus eigene Überlegungen für seine Kunden abzuleiten:

Grundlegende Trainingsprinzipien

- **Prinzip des trainingswirksamen Reizes:** Nur »überschwelliges« Training führt zum Erfolg. Die »Schwellen« sind individuell abhängig von der Leistungsfähigkeit des Kunden und werden über die Diagnostik bestimmt.
- **Prinzip der individualisierten Belastung:** Trainingsbelastungen sind der Leistungsfähigkeit des Kunden anzupassen. Deshalb verbietet es sich, Standardtrainingspläne anzuwenden.
- **Prinzip der ansteigenden Belastung:** Gleiche Belastungen werden auf Dauer unterschwellig, da sich der Organismus den gesetzten Trainingsreizen anpasst. Deshalb sind Umfang, Intensität und Anforderungsprofil kontinuierlich der Leistungsentwicklung des Kunden anzupassen.
- **Prinzip der richtigen Belastungsfolge:** Bei gemischten Inhalten (Kraft, Beweglichkeit, Ausdauer, Koordination) stehen Beanspruchungen, die das Nervensystem und die Konzentrationsfähigkeit (Koordinationsübungen) fordern, immer am Anfang einer Trainingseinheit, das Ausdauertraining immer am Ende.
- **Prinzip der variierenden Belastung:** Monotonie ist der größte Feind der Motivation. Variation fördert sie und erweitert zudem die Anpassungsvorgänge,

da ständig neue Reize gesetzt und damit andere Adaptationen initiiert werden.

- **Prinzip des optimalen Verhältnisses von Belastung und Erholung:** Unterschiedlich belastete Organe haben verschieden lange Regenerationszeiten. Je intensiver das Training, desto länger dauert die Regeneration. Deshalb sind die physiologischen Gesetze von Belastung und Erholung (► Abschn. 3.1.2) zu beachten!
- **Prinzip der Periodisierung:** Trainingsprozesse sind in kurz-, mittel- und langfristigen Zyklen zu planen, um Ziele zu erreichen:
 - Vorbereitungsperiode (Aufbau, Konditionierung)
 - Wettkampfperiode (Zielerreichung, Stabilisierung)
 - Übergangsperiode (Erholung, Neuorientierung)
 Da Wettkämpfe im gesundheitsorientierten Training keine Priorität haben oder gar keine Rolle spielen, kann eine Periodisierung auch hinsichtlich eines Ereignisses (Ziels) erfolgen (Radtour, Bergwanderung, Marathon, Gewichtsreduktion etc.).

Ein weiteres wichtiges Kriterium bei der Erstellung von Trainingsplänen/-programmen ist die **Auswahl geeigneter Methoden**. Da sich diese beim Ausdauer-, Kraft-, Beweglichkeits- und Koordinationstraining unterscheiden, findet der Leser eine Beschreibung der entsprechenden Methoden jeweils in Teil III und IV im Anschluss an die Darstellung der Diagnostikverfahren.

Die **Belastungsnormative** für die Trainingspläne/-programme ergeben sich aus den diagnostischen Ergebnissen (Bestimmung der **Intensität** der Belastung), den Zielsetzungen und dem verfügbaren Zeitbudget des Kunden:

- **Dauer:** Wie viel Zeit kann oder will er für eine Einheit zur Verfügung stellen?
- **Dichte:** Wie häufig pro Woche kann oder will er trainieren?

Auch die **Organisation des Trainings** ist abhängig von den Vorstellungen und Vorlieben des Kunden. Möchte er lieber individuell durch einen Personal-Trainer betreut werden oder bevorzugt er ein Training mit Partnern bzw. in der Gruppe? Fühlt er sich im Fitnesscenter wohl oder liebt er es, sein Training in freier Natur zu absolvieren?

Die Themen **Trainingsinhalte** (Auswahl von Übungen) und **Trainingsmittel** (Einsatz von Geräten und Informationen) führen noch weiter ins Detail, sodass sie den Umfang dieses Buches übersteigen würden. Hier sind neben dem Fachwissen die Erfahrungen sowie die Kreativität

der Trainer gefragt, um ein abwechslungsreiches, fachlich fundiertes Programm zu entwickeln, das eine nachhaltige Wirkung erzeugt.

■ Umsetzung von Maßnahmen

Nach der Planung folgt die Umsetzung (Realisierung) der Maßnahmen. Ab jetzt beginnt für das Team Trainer/Kunden die größte Herausforderung – unabhängig davon ob der Trainer das Training ständig oder nur zeitweise begleitet. Andauernd lauert die Gefahr, die jeder mit dem Begriff »innerer Schweinhund« verbindet und viele daran hindert, ihre Pläne langfristig konsequent zu verfolgen. Damit Trainer neben den medizinischen, trainingswissenschaftlichen, ernährungsphysiologischen etc. Kenntnissen auch psychologisches »Rüstzeug« erhalten, befasst sich Teil VI mit praxisrelevanten Tipps zur Bekämpfung des »inneren Schweinhundes«. Bei entsprechender Anwendung steigt die Wahrscheinlichkeit, den anfänglichen Motivationschub der Kunden nachhaltig aufrechtzuerhalten.

Frühestens 3 und spätestens 6 Monate nach Trainingsbeginn prüft eine **Folgeuntersuchung (Re-Check)**, ob der eingeschlagene Weg zielführend ist. Deshalb findet eine exakte Wiederholung der eingangs durchgeführten Diagnostik statt. Dokumentieren die Ergebnisse, dass der Kunde die angestrebten Ziele erreicht hat, wird er gebeten, neue Ziele zu formulieren.

Stehen die Ergebnisse nicht im Einklang mit den verfolgten Zielen, stellt sich die Frage nach den Ursachen. Gibt es Differenzen zwischen Planung und Umsetzung, weil Zeitmangel oder Krankheiten ein regelmäßiges Training verhinderten? Basiert die Planung auf fachlichen Mängeln? Waren die Ziele unrealistisch formuliert? Auf der Basis dieser Mängelanalyse sind Korrekturen vorzunehmen.

► Wichtig

Analyse, Planung, Training und Erfolgskontrolle sind die zentralen Begriffe eines erfolgreichen Körpermanagement-Prozesses.

2.2 Geschäftsfeld betriebliches Gesundheitsmanagement und betriebliche Gesundheitsförderung

Christine Breitbach

Trainer, die sich mit dem Thema Gesundheit befassen, haben in der heutigen Zeit in unserer Gesellschaft kurz-, mittel- und langfristig gute Perspektiven, neue Geschäftsfelder aufzubauen, um Körpermanagement erfolgreich umzusetzen. Zum einen steigt die Zahl gesundheitsbewusster Menschen. Daraus lassen sich zunehmend Kunden für Personal-Training-Maßnahmen rekrutieren. Als Zielgruppe ist

besonders die ältere Generation von Interesse, denn die meisten Älteren besitzen wichtige Voraussetzungen, die den Einstieg erleichtern:

- Höheres Gesundheitsbewusstsein als Jüngere
- Die notwendige Zeit, wenn sie nicht mehr aktiv im Arbeitsprozess stehen
- Momentan noch eine solide wirtschaftliche Basis

Zum anderen beschäftigen sich immer mehr Unternehmen mit betrieblichem Gesundheitsmanagement (BGM; Gansser u. Linke 2013). Die Relevanz betrieblicher Vorsorge wird steigen. Einen starken Einfluss darauf haben der demografische Wandel, der Kampf um die »besten Köpfe« (»War of Talent«), die Forderung seitens der Politik, ein finanzieller Nutzen der Unternehmen und die steigenden Gesundheitsaufgaben (Booz u. Company 2011).

Trotz schwieriger Zeiten hält das Thema Gesundheit immer mehr Einzug in die strategischen Managementüberlegungen großer und mittelständiger Unternehmen. Die Ressource Mensch als Produktionsfaktor bestimmt über Erfolg und Misserfolg eines Unternehmens auf dem freien Markt. Nur motivierte und vitale Mitarbeiter werden den hohen Anforderungen des globalen Wettbewerbs und des demografischen Wandels langfristig und nachhaltig gerecht. Nach diesem Verständnis muss der Betrieb als elementares Setting für Gesundheit gelten und entsprechend Verantwortung übernehmen. Ein systematischer Ansatz – bedarfsorientiert und eingebettet in die Unternehmensstrategie – ist dabei ein wichtiger Erfolgsfaktor.

Die Branche wird deshalb zunehmend interessant für diverse Dienstleister. Momentan wird sie aus allen Richtungen von unterschiedlichen Anbietern gesundheitsfördernder Maßnahmen »überflutet«. Es tummeln sich Prozessbegleiter, Trainer, Coaches, Ernährungsberater, aber auch Fitnessgerätehersteller etc. Auf dem Markt wird jedoch nur bestehen können, wer sich auf die besonderen Anforderungen im Betrieb einstellen kann und seine qualitativ hochwertigen Produkte an die Zielgruppe anpasst.

Dieser Beitrag widmet sich drei zentralen Fragen:

- Wie funktioniert der Markt für betriebliches Gesundheitsmanagement und warum steckt für Maßnahmenumsetzer so großes Potenzial darin?
- Wer sind die richtigen Ansprechpartner im Unternehmen und was erwarten diese von mir als Dienstleister bei der Maßnahmenumsetzung?
- Wie muss ich meine Produkte gestalten, damit sie Anklang finden?

2.2.1 Definitionen

Betriebliches Gesundheitsmanagement (BGM) versus betriebliche Gesundheitsförderung (BGF)

- BGM umfasst die Entwicklung betrieblicher Rahmenbedingungen, Strukturen und Prozesse, die die gesundheitsförderliche Gestaltung von Arbeit und Organisationen und die Befähigung zum gesundheitsförderlichen Verhalten der Mitarbeiter zum Ziel haben (Badura 2003).
- BGF umfasst alle gemeinsamen Maßnahmen von Arbeitgebern und Arbeitnehmern, die zur Verbesserung der Arbeitsorganisation und der Arbeitsbedingungen und zu einer Stärkung der persönlichen Kompetenzen führt (European Network for Workplace Health Promotion 2008).

Der Definition von Badura (2003) folgend, beruht ein ganzheitliches BGM auf der Institutionalisierung eines umfassenden Managementsystems auf höchster Ebene, um dessen Nachhaltigkeit zu gewährleisten. Auf einer weiteren Ebene müssen anschließend alle zugehörigen Handlungsfelder abgegrenzt und durch entsprechende Maßnahmen umgesetzt werden.



Wichtig

BGF bildet die reine Maßnahmenebene ab.

2.2.2 Wie funktioniert betriebliches Gesundheitsmanagement genau?

BGM folgt dem klassischen Managementansatz, der sich an dem aus der Betriebswirtschaft bekannten **PDCA-Zyklus** (Plan, Do, Check, Act) orientiert. Der BGM-Zyklus (Abb. 2.3) wird im Laufe der BGM-Arbeit immer wieder und kontinuierlich durchlaufen. Hierdurch stellt man einen fortlaufenden Verbesserungsprozess sicher, der Grundlage für Wachstum und Nachhaltigkeit ist. Dieser Lernprozess begleitet uns sowohl in der übergeordneten BGM-Arbeit als auch im kleinen Rahmen bei der Umsetzung von Einzelmaßnahmen, die ebenfalls analysen- und nachhaltig konzipiert werden.

Seit Juli 2012 wird die Wichtigkeit des systematischen Ansatzes auch durch die **DIN SPEC 91020** »Betriebliches Gesundheitsmanagement« unterstrichen. Diese Spezifikation legt Anforderungen an ein BGM-System fest. Sie wurde von der BAD Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH beim Deutschen Institut für Normung initiiert und nach PAS-Verfahren (Publicly Available Specification) von einem Expertengremium entwickelt. Dieses Gremium umfasste z. B. Vertreter der BAD, weitere Anbie-

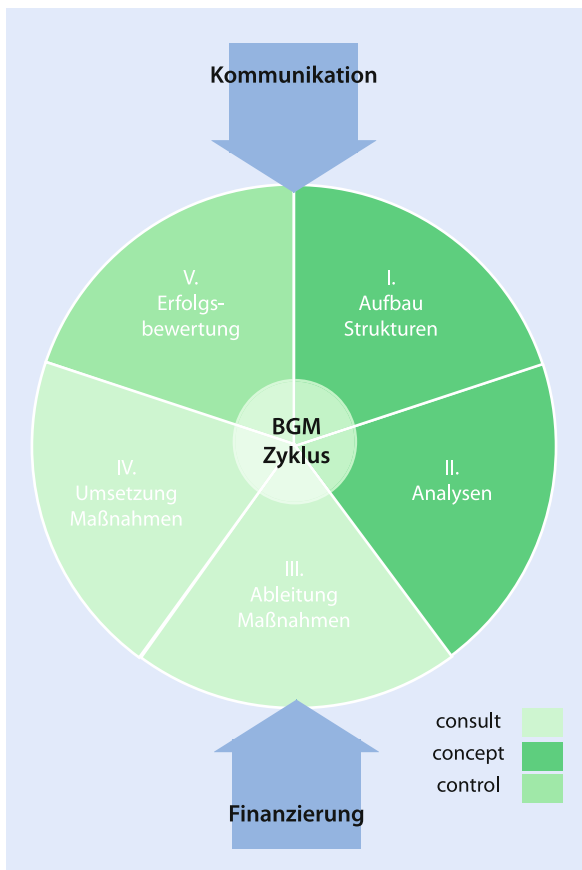


Abb. 2.3 BGM-Zyklus. (© Breitbach 2010)

ter für betriebliches Gesundheitsmanagement, Mitglieder des Bundesverbands Betriebliches Gesundheitsmanagement e. V., Mitglieder von Krankenkassen, Berufsgenossenschaften sowie Vertreter von Hochschulen und Zertifizierungsunternehmen.

2.2.3 BGM-Zyklus

Eine systematische Vorgehensweise bei der Einführung bzw. Optimierung eines Gesundheitsmanagement-Systems im Unternehmen folgt fünf Schritten (Abb. 2.3):

1. Aufbau von Strukturen
2. Analyse
3. Ableitung von Maßnahmen
4. Umsetzung von Maßnahmen
5. Erfolgsbewertung

Die Themenfelder **Kommunikation** und **Finanzierung** sind wesentliche begleitende Erfolgsfaktoren im BGM-Prozess. Ohne eine systematische Vermarktung inklusive eines Kommunikationskonzepts auf allen Ebenen laufen

das Gesundheitsmanagement und seine Maßnahmen Gefahr, von Mitarbeitern und Führungskräften nicht wahrgenommen zu werden. Zudem bedarf es der Bereitschaft der Geschäftsleitung, auf Basis einer analysegestützten Maßnahmenplanung ein jährliches Budget zu fixieren.

Wo im BGM-Zyklus sind Ihre Ansatzpunkte als Maßnahmenumsetzer?

Der Zyklus bindet Sie in Schritt 3 (Ableitung von Maßnahmen) und vor allem Schritt 4 (Umsetzung von Maßnahmen) ein und macht Sie dadurch zu einem elementaren Bestandteil eines erfolgreichen BGM-Zyklus. Wichtig ist das Zusammenspiel von:

- Internen Gesundheitsmanagern
- Externen Prozessbegleitern/-beratern
- Maßnahmenumsetzern.

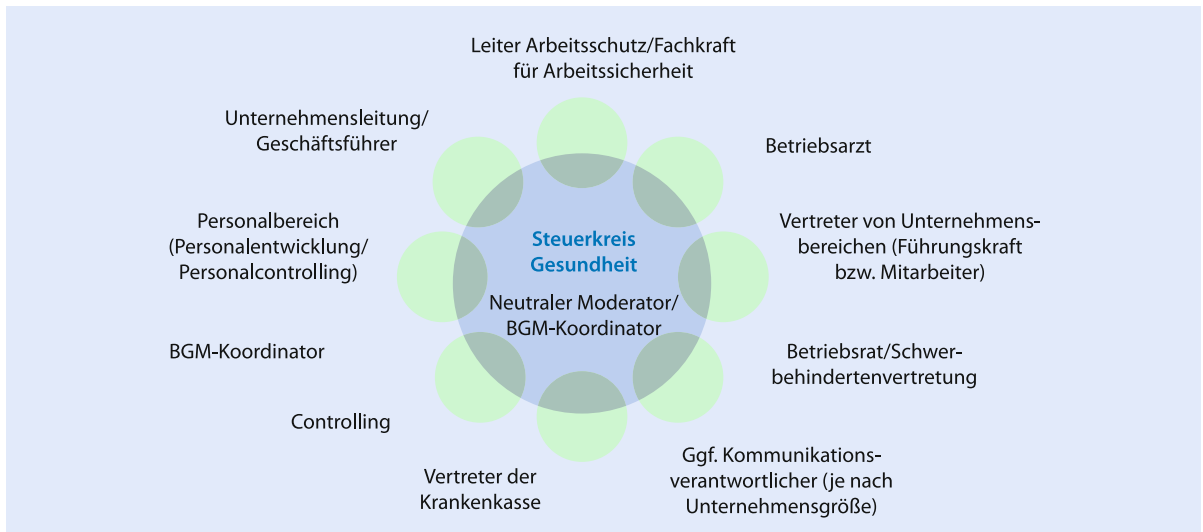
Durch **externe Prozessbegleiter** und **interne Akteure** beginnt das Unternehmen zunächst mit dem Aufbau der Strukturen (Gremienlandschaft, Verantwortlichkeiten etc.), bildet eine Vision für das gesamte BGM und ermittelt mit den Analysen erste Bedarfe. Professionelle externe Prozessbegleiter positionieren sich genau für diese beschriebenen Themenfelder und sind neutrale Berater und Moderatoren. Sie bieten in der Regel keine eigenen Maßnahmen an und können deshalb neutral und objektiv Maßnahmen ableiten.

Mit **Maßnahmenumsetzern** sind z. B. folgende Anbieter gemeint:

- Personal-Trainer
- Gesundheitszentren
- Fitnessstudios
- Rehabilitationseinrichtungen
- Ernährungsberater
- Sozialberater
- Ergonomieberater
- Führungskräfte-Coaches
- Burn-out-Coaches
- Konfliktmanager, Mediatoren
- Anbieter mit den Schwerpunkten Bewegung, Entspannung, Ernährung, Sucht
- Gerätehersteller (Fitness, medizinisches Kräftigungstraining etc.)

➤ Wichtig

BGM ist als ganzheitlicher Prozess zu verstehen. Der Maßnahmenumsetzer findet im Rahmen des BGM-Zyklus seinen perfekten Anknüpfungspunkt. Ein neutraler Prozessberater analysiert gemeinsam mit dem Unternehmen die Ausgangssituation und leitet im besten Fall gemeinsam mit dem Maßnahmenumsetzer Produkte ab.



■ Abb. 2.4 Mögliche Zusammensetzung des »Steuerkreises Gesundheit«. (© Breitbach 2010)

Schritt 1: Aufbau von Strukturen im BGM

Der Aufbau von Strukturen ist ein essenzieller Schritt bei der Implementierung eines ganzheitlichen BGM. Bei diesem Prozessschritt macht sich die Firma Gedanken zu den Organisationsstrukturen und Akteuren. Die Gründung eines »**Steuerkreises Gesundheit**« gilt als Voraussetzung für eine systematische Vorgehensweise und nachhaltige Verankerung im Unternehmen. Wie die Praxis zeigt, legen Unternehmen, die keine Strukturen für ein BGM fixieren, das Thema zeitnah »ad acta«, weil es nicht den gewünschten Erfolg bringt. Ohne die Einrichtung eines »Steuerkreises Gesundheit« werden Gesundheitsthemen häufig ohne Zieldefinition nach dem »Gießkannenprinzip« gestreut und scheitern wenig später an mangelnder Teilnahme der Mitarbeiter und Führungskräfte. Jeder Gesundheitsexperte im Unternehmen arbeitet sonst isoliert im und am Thema Gesundheit, ohne sich den Bedarf konkret und in Summe vor Augen zu führen und ohne dass gemeinsam eine strategische Ausrichtung für das BGM entwickelt wird.

Der 1. Schritt des Prozesses hat also einen besonderen Stellenwert: Dort findet die **Zieldefinition** statt. Beispielhafte Fragen zur Zielfindung sind:

- Wofür steht das BGM in unserem Haus?
- Welche Ziele verfolgen wir mit dem BGM?
- Welchen Beitrag leistet das BGM bei uns und was kann es nicht leisten?

Diese Fragestellungen sollte sich die Organisation im Vorfeld stellen, um zielgerichtet voranzugehen. Erfahrungsgemäß ist bei Unternehmen, die diese strukturellen Voraussetzungen inklusive Zielfindung entwickeln, mit einer hohen Erfolgsquote zu rechnen.

Der angesprochene »Steuerkreis Gesundheit« ist also das Gremium, das für Sie als Maßnahmenumsetzer entscheidend ist (■ Abb. 2.4). Denn dort wird entschieden, welche Bedarfe bestehen und welche Maßnahmen in Zukunft daran angeknüpft werden könnten.

Akteure im Steuerkreis Gesundheit: Ihre Ansprechpartner und Auftraggeber

Im Folgenden werden beispielhaft Akteure und deren Funktionen aufgelistet. Diese Liste zeigt Ihnen, auf wen Sie am besten zugehen, um Ihr Portfolio vorzustellen und Gehör für mögliche Maßnahmenentwicklungen zu finden.

■ Geschäftsleitung

BGM kann ohne die notwendige »Management-Attention« nicht erfolgreich sein. Umso wichtiger ist es, die Unternehmensleitung sowie die Führungskräfte von der Wichtigkeit eines BGM und entsprechender wirksamer Maßnahmen zu überzeugen.

Funktion: Entscheider im Unternehmen, der meist über die Freigabe von Budgets für Maßnahmenangebote entscheidet.

Wichtig: Sie treffen in der Regel auf »Zahlen-Daten-Fakten-Menschen«. Stellen Sie also Effekte, Nutzen, Wirksamkeit von Maßnahmen bei ihrer Präsentation heraus.

■ Personalbereich

Idealerweise ist das Thema BGM hier organisatorisch verankert. Personalleiter bzw. (je nach Unternehmensgröße) eigene Gesundheitsmanager beschäftigen sich mit dem Thema und steuern es.

Funktion: Personalleiter bzw. Gesundheitsmanager sind potenzielle Akteure, an die man sich mit seinem An-

gebot wenden kann. Hier treffen Sie auf Personalleiter, -referenten, -entwickler, Organisationsentwickler, Gesundheitsmanager mit dem Hintergrund Sportwissenschaft, Arbeitspsychologie, Psychologie, Betriebswirtschaft, Gesundheitsökonomie, Gesundheitsmanagement etc.

■ Betriebsärztlicher Dienst – Arbeitsmedizin

Gemäß § 3 des Arbeitssicherheitsgesetzes (ASiG) sind Betriebsärzte für die arbeitsmedizinische Vorsorge und Beratung der Mitarbeiter hinsichtlich der Verhütung möglicher arbeitsbedingter Erkrankungen zuständig. Sie müssen dem Arbeitgeber beim Arbeitsschutz und bei der Unfallverhütung in allen Fragen unterstützend und beratend zur Seite stehen.

Funktion: Ebenfalls potenzielle Auftraggeber. Empfehlenswert ist es hier, sich bei der Angebotserstellung auf den fachlichen Hintergrund eines Arbeitsmediziners einzustellen.

■ Arbeitssicherheit und -schutz

Der Arbeitgeber ist verpflichtet, seine Beschäftigten im Punkt Gesundheit und Sicherheit zu schützen. Das ist durch Gesetze, Verordnungen und Unfallverhütungsvorschriften festgehalten. Der Arbeitsschutz muss durch organisatorische Maßnahmen wie Sicherheitsbegehungen dafür sorgen, dass Gesundheitsgefährdungen innerhalb eines Betriebes ausgeschlossen sind.

Funktion: Ebenfalls Mitglied im »Steuerkreis Gesundheit« und potenzieller Auftraggeber. Hier treffen Sie in der Regel auf Leiter der Abteilung Arbeitssicherheit, Arbeitsschutz, Arbeitssicherheitsfachkräfte, Ergonomen etc.

■ Betriebsrat

Betriebsräte vertreten die Interessen der Mitarbeiter und damit ihrer Wähler. Sie haben unmittelbaren Zugang zu den Mitarbeitern, haben Kenntnisse über die Probleme in den verschiedenen Bereichen und verfügen in der Regel über deren Vertrauen. Der Einfluss des Betriebsrats in Unternehmen darf niemals unterschätzt werden, er trägt erheblich zur Verbreitung von Inhalten des BGM bei. Der Betriebsrat ist ein sehr wertvolles Mitglied im Steuerkreis. Häufig treten Betriebsräte selbst als Initiatoren für Gesundheitsförderungsprojekte auf.

Funktion: Als Arbeitnehmervertreter haben Betriebsräte häufig ein offenes Ohr für gesundheitsförderliche Angebote jeglicher Art; achten Sie in Ihrem Angebot darauf, dass Datenschutz, Anonymität und damit der Schutz personenbezogener Daten zu jeder Zeit gewährleistet ist.

■ Weitere Akteure

Dies sind je nach Unternehmensgröße z. B. Vertreter der Unternehmensbereiche auf Führungskräfte- und Mitar-

beiterebene, interne Kommunikationsexperten, Krankenkassenvertreter etc.

Vor allem während der Einführung ist es ratsam, das Zusammentreffen aller Parteien von einer neutralen, eventuell externen Person (Prozessbegleiter/-berater) moderieren zu lassen. Im weiteren Verlauf kann diese Aufgabe vom jeweiligen für das BGM verantwortlichen Bereich (meist Personalbereich) bzw. vom Gesundheitsmanager übernommen werden.

Durch die interne und auch externe Vernetzung der genannten Expertenbereiche können große Synergieeffekte genutzt werden. Jeder Akteur hat sein Expertengebiet, das er beim Thema Gesundheit vertritt. Als Maßnahmenanbieter ist es wichtig zu identifizieren, bei wem man vorstellig wird, und zu wissen, welcher Funktion und damit welchen Interessen dieser nachgeht.

Vorstellung Ihres Konzepts im »Steuerkreis Gesundheit«

Nicht selten ist es der Fall, dass man Sie in den »Steuerkreis Gesundheit« einlädt, damit Sie Ihr Konzept vorstellen. Beim Erstkontakt mit dem Unternehmen können Sie durchaus nach der Existenz eines solchen Gremiums fragen und den Vorschlag eines Besuchs in diesem Kreis anregen. Dies zeigt, dass Sie von einem ganzheitlichen Ansatz Kenntnis haben und Ihre Maßnahmen nicht losgelöst vom Gesamtkonzept anbieten.

■ Wie bereite ich mich auf ein solches Gespräch vor? Was wird von mir erwartet?

Fragen Sie am besten direkt nach:

- Wer nimmt an dem Termin teil?
- Unter welcher Zielsetzung/Fokus findet der Termin statt?
- Welche Erwartungen haben die Teilnehmer an Sie?

Die Vorstellung Ihrer Person und Ihres Unternehmens bildet die Einleitung. Sie entscheiden selbst, ob Sie sich lieber mit Powerpoint-Folien, frei oder mit einer ausgedruckten Tischvorlage vorstellen. Für einen Vororttermin ist es entscheidend, ihr Angebot auf den Punkt zu bringen und Antworten auf folgende vier Fragen zu haben:

- Welchen Bedarf decken Sie mit Ihrem Angebot ab?
- Welchen Nutzen bieten Sie Arbeitgeber und Arbeitnehmer mit Ihrem Angebot?
- Gibt es Nachweise für die Wirksamkeit Ihres Angebots (eigene Evaluationen, Studien etc.)?
- Haben Sie bereits Erfahrungen mit Ihren Maßnahmen im betrieblichen Setting? Wenn ja, welche (Referenzen)?

Ein **Produktsteckbrief** hilft bei der Präsentation und bietet dem Zuhörer alle Fakten zum Angebot auf einen Blick:

- Kurzbeschreibung der Maßnahme
- Zielsetzung
- Inhalte
- Dauer
- Methode
- Kosten
- Erfolgsmessung

➤ Wichtig

BGM muss in die Unternehmensstrukturen verankert werden, indem unter anderem ein Gremium mit allen gesundheitsrelevanten Akteuren eingerichtet wird. Diesen »Steuerkreis Gesundheit« zu kontaktieren ist für Ihre Produktpräsentation interessant. Eine gute Vorbereitung auf den Ersttermin lohnt sich, denn der erste Eindruck zählt – meist gibt es keine 2. Chance.

Schritt 2: Analyse

➤ Wichtig

Analysen bestimmen das Handeln – so auch im BGM und bei der BGF.

Deshalb liegt es nahe, dass als einer der ersten Schritte bei der Implementierung von BGM eine Bedarfsanalyse stattfinden muss, um die Belegschaft als Experten ihres jeweiligen Arbeitsplatzes und dessen Arbeitsumgebung partizipieren zu lassen.

Dabei geht es darum, gesundheitsbezogene Daten, Belastungen und Ressourcen der Mitarbeiter zu identifizieren, die Verteilung der arbeitsbedingten Risiken aufzuzeigen und damit die Ideen, Wünsche und den Bedarf der Mitarbeiter für die Gesundheitsförderung zu benennen. So kristallisiert sich ganz automatisch der **Bedarf für Ihre Maßnahmen** heraus.

Zu einer professionellen Ist-Analyse können eine Reihe von unternehmensinternen Bereichen, aber auch externe Institutionen, Behörden und Versicherungsträger unterschiedliche und übergreifende Hinweise liefern.

An dieser Stelle sind nur einige Instrumente bzw. Analysemethoden benannt:

- Gefährdungsbeurteilung (physisch und psychisch)
- Mitarbeiterbefragungen
 - Schriftliche Form (Fragebogen)
 - Standardisiertes Interview etc.
- Moderierte Gruppen im Anschluss an eine Mitarbeiterbefragung zur Bearbeitung der Ergebnisse
- Ressourcen-Stressoren-Test (► <http://www.humanware.at/impuls-test2.html>)
- Gesundheitsberichte der Krankenkassen
- Zahlen–Daten–Fakten aus dem Personalcontrolling (interne Krankenfehlstandstatistik, Unfallkennzahlen, Anzahl der Fälle Betriebliches Eingliederungsmanagement gemäß § 84 Abs. 2 SGB IX etc.)

Dieses Datenmaterial ist Ausgangsbasis für die Maßnahmengestaltung und -konzeption. Nur so kann bedarfsorientiert vorgegangen werden und die Chance reduziert werden, dass Maßnahmen »ins Leere laufen«, weil sie am Bedarf vorbeigehen.

Genau dort sollten Sie als Umsetzer ansetzen. Sie können Zahlen–Daten–Fakten beim Auftraggeber erfragen, wenn Sie bereits mit ihm zusammenarbeiten, um dem Unternehmen zu signalisieren, dass Ihr Ansatz ein analysegestützter ist.

Aller Voraussicht nach wird Ihnen das Unternehmen – gerade wenn es sich um den Erstkontakt handelt – Zahlen–Daten–Fakten nicht ohne Weiteres zur Verfügung stellen, denn sie enthalten teilweise sehr sensible Unternehmensdaten. Dennoch lohnt sich die Frage nach den ermittelten Bedarfen auf Basis von Befragungen etc., damit Sie den Eindruck vermitteln, dass Sie einen ganzheitlichen Ansatz verfolgen und Sie nicht nur Einzelmaßnahmen nach dem Gießkannenprinzip anbieten möchten.

Praxistipp

Datenmaterial, das Rückschlüsse auf die Bedarfe im Unternehmen liefert, ist essenzieller Bestandteil der Maßnahmenkonzeption. Der Grundsatz »keine Maßnahmen ohne Analyse« ist Kernelement im Rahmen eines ganzheitlichen BGM. Diese strategische Vorgehensweise wird Sie als professionellen Partner erscheinen lassen.

Schritt 3: Maßnahmenableitung und -konzeption

Erklärtes Ziel eines jeden Selbstständigen ist es, den Gewinn zu optimieren. Die BGM- und BGF-Branche ist hierzu bestens geeignet, wenn man sich durch maßgeschneiderte Angebote vom Wettbewerb abheben kann. Die sog. **Unique Selling Proposition (USP)** bzw. das Alleinstellungsmerkmal ist auf dem BGM-/BGF-Markt ebenso wichtig, wie in jedem anderen Wirtschaftszweig.

Wie hebe ich mich bei meinem Maßnahmenangebot vom Wettbewerb ab?

Man kann davon ausgehen, dass Unternehmen in der Regel bereits gesundheitsförderliche Maßnahmen in der Umsetzung haben, die zum Teil in einem Katalog gelistet sind, um sie den Mitarbeitern und Führungskräften anzubieten. Für ihre Angebotsgestaltung ist es daher sehr wertvoll zu wissen, dass es unterschiedliche Ansätze und Ausrichtungen der Unternehmen gibt, einen solchen Katalog anzulegen. Kennt man diese, kann dies in der Argumentation für das eigene Produkt enorm helfen.

■ Produktansatz: Verhalten – Verhältnisse

Verhaltensprävention zielt darauf ab, die im persönlichen Lebensstil verankerten gesundheitlichen Risikofaktoren und Verhaltensweisen zu beeinflussen (z. B. Rauchen, Essgewohnheiten, Vernachlässigung der Zahnpflege etc.).

Beispiele für Maßnahmen im Rahmen der Verhaltensprävention

- § 20 SGB V Präventionskurse
- Gesundheitscheck mit anschließender Beratung über einen fixierten Zeitraum
- Gesundheitsfrühstück in der Produktion
- Raucherentwöhnungsseminar
- Seminar: Richtiges Heben und Tragen
- Vorträge zu gesundheitsrelevanten Themen (Stress, Work-Life-Balance, Abnehmen) etc.

Verhältnisprävention bezieht auch die Umgebung von Personen und deren Lebensverhältnisse mit ein. Sie befasst sich mit technischen, organisatorischen und sozialen Bedingungen des Umfelds einer Person sowie mit deren Auswirkung auf die Entstehung von Krankheiten. Dahinter steht die Vorstellung, dass Menschen sich nur dann wirklich wohlfühlen können, wenn auch das Umfeld, in dem sie leben, arbeiten, lernen, wohnen und lieben, gesundheitsförderlich und nicht krankmachend ist.

Beispiele für Maßnahmen im Rahmen der Verhältnisprävention

- Organisationsgestaltung: Gesundheitszirkel, bauliche Maßnahmen zur Gesundheitsförderung
- Arbeitsergonomie: Einstellen von Stühlen und Schreibtischen, Anordnen der Bildschirme usw.
- Arbeitszeitgestaltung: gleitende Arbeitszeit, Schichtplangestaltung etc.
- Lohngestaltung: Beteiligung an den Gesundheitskosten über den Lohn der Mitarbeiter
- Arbeitsgestaltung: Job-Enrichment, Job-Enlargement, Job-Rotation und aufgabenorientierte Maßnahmen
- Konfliktmanagementseminar
- Teamentwicklung
- Führungskräftecoaching etc.

Eine weitere Möglichkeit, Maßnahmen zu gestalten, orientiert sich an der Identifizierung spezieller Zielgruppen im Unternehmen und deren Bedarfe bzw. Anforderungen. Beispiele für **Zielgruppencluster**:

- Nach Unternehmensbereichen:
 - Verwaltung
 - Produktion
- Nach Funktionen im Unternehmen:
 - Führungskräfte nach Hierarchieebenen (Top-Management, Meister etc.)

- Sachbearbeiter
- Arbeiter (direkt/indirekt)
- Betriebsräte
- Nach Tätigkeitsbereichen:
 - Mitarbeiter an Bildschirmarbeitsplätzen
 - Mitarbeiter in Überkopfarbeit
 - Mitarbeiter in der Lackiererei, Stanzerei, Gießerei etc.
 - Werkfeuerwehr
 - Werkschutz
 - Gabelstaplerfahrer
- Nach Indikationen:
 - Übergewichtige
 - Raucher
 - Personen mit Rückenbeschwerden

Bei der Maßnahmengestaltung ist darauf zu achten, dass es große Unterschiede zwischen Klein- und mittelständischen Unternehmen (KMU) einerseits und Konzernen andererseits gibt. Allein die Zielgruppen können bezüglich Umfang und Vielfalt deutlich differieren. Vor allem der Zugang zu Entscheidern und der eigentliche Entscheidungsprozess, etwas umzusetzen, ist bei KMU deutlich schneller.

Tipps zur Maßnahmengestaltung

- Angebote in der BGF sollten **nah am Arbeitsplatz** stattfinden und einen engen Bezug zu ihm haben (Verhalten und Verhältnisse).
- Lassen Sie Maßnahmen entweder direkt **nach** oder **während der Arbeitszeit** stattfinden.
- Um die **Eigenverantwortung** der Mitarbeiter zu stärken, macht es Sinn, Mischmodelle zu finden (Arbeitgeber bezahlt die Maßnahme und Mitarbeiter bringt dafür Freizeit ein).
- Berücksichtigen Sie **Schichtsysteme** bei der Konzeption. Fahrgemeinschaften direkt nach der Schicht führt dazu, dass die Mitarbeiter sofort weg sind.
- Die Angebote sollten im besten Fall schnelle Effekte vorweisen können.

Praxistipp

Eine Umsatzsteigerung erfordert ein nötiges Maß an Kreativität und Abgrenzung vom Wettbewerb. Dies funktioniert nur, wenn ich mich ganz auf den Kunden, in diesem Fall das Unternehmen, mit allen seinen Zielgruppen und Anforderungen anpassen kann. »Angebote von der Stange« sind wenig überlebensfähig.

Schritt 4: Maßnahmenumsetzung

Im Rahmen der Maßnahmenumsetzung geht es darum, die in Schritt 3 gestalteten und geplanten Angebote mit der jeweiligen Zielgruppe umzusetzen.

Schritt 5: Erfolgsbewertung

Beim letzten Schritt müssen nun die umgesetzten Maßnahmen und das Betriebliche Gesundheitsmanagement in Summe hinsichtlich ihrer Effektivität überprüft werden. Mit der Erfolgsbewertung schließt sich der Arbeitszyklus wieder und die zu Beginn aufgestellten Zielsetzungen und zugehörigen Kennzahlen werden daraufhin überprüft, ob und inwieweit sie erreicht worden sind. Dies kann und sollte auf zwei Ebenen passieren:

- Managementebene (**BGM-Ebene**: Zielsetzungen, Anliegen, Unternehmensleitlinie)
- Maßnahmenebene (**BGF-Ebene**: Teilnehmerzahlen, Durchdringung im Unternehmen, Verbesserung des Wohlbefindens durch die Maßnahme etc.)

Zum einen sollte also regelmäßig überprüft werden, ob sich die Gesamtheit der Arbeitsschritte an den BGM-Zielen orientiert, und zum anderen, ob die Einzelmaßnahmen aus den unterschiedlichen Handlungsfeldern wirksam sind. An dieser Stelle wird deutlich, dass eine enge Verknüpfung zur Analyse und zu den Zielsetzungen des BGM besteht.

Zum Abschluss einige Beispielzielsetzungen und die jeweilige Fragestellung dazu, um Kennzahlen zu eruieren:

BGM-Ebene

1. Ziel: Überprüfung der arbeitsbezogenen Umweltfaktoren: »Bei meiner Arbeit kommt man häufig mit Staub, Schmutz, Öl, Wasser oder anderen Flüssigkeiten in Berührung.«
2. Ziel: Soziale Unterstützung durch den Vorgesetzten: »Wie sehr können Sie sich auf Ihren Vorgesetzten verlassen, wenn es in der Arbeit schwierig wird?«
3. Tätigkeitsvielfalt: »Ich kann mir meine Arbeit selbstständig einteilen.«
4. Identifikation mit der Tätigkeit und dem Unternehmen (Stellvertreterbefragung): »Was denken Sie, wenn die Beschäftigten noch einmal zu entscheiden hätten, wie viel Prozent würden die gleiche Tätigkeit und wie viel Prozent das gleiche Unternehmen wählen?«

BGF-Ebene

5. Ziel: Erhöhung der Motivation zu gesundheitsförderlichem Verhalten → Fragestellung: »Ich bin motivierter, etwas für meine Gesundheit zu tun.«
6. Ziel: Erhöhung Handlungswissen → Fragestellung: »Ich bin davon überzeugt, dass ich über die notwen-

digen Kenntnisse und Fähigkeiten verfüge, um die Kursinhalte auch im Nachgang umsetzen zu können.«

7. Ziel: Verminderung des Schmerzverhaltens → Fragestellung: »Haben sich Ihre Schmerzen im Laufe der Teilnahme am Rückenschulkurs verändert?«

Betrachtet man den letzten Schritt im Rahmen des BGM-Zyklus, so sind folgende Tipps und Anregungen hilfreich:

Praxistipp

- Definition regelmäßig zu überprüfender Kennzahlen/Indikatoren
- Keine Kennzahlenerhebung ohne vorherige Zielbestimmung
- Transparenz der Ergebnisse (Analyse und Erfolgsbewertung) gegenüber den Mitarbeitern gewährleisten
- Analyse und Erfolgsbewertung zusammen mit der Zieldefinition sind eng miteinander verwoben

Erfolgsfaktoren

- **Unterschied BGM–BGF kennen:** Die Differenzierung der beiden Begriffe sollte Ihnen geläufig sein. Die Einordnung Ihrer Maßnahmen, Angebote oder Dienstleistungen innerhalb des BGM-Zyklus ist notwendig, um sich eindeutig zu positionieren.
- **Unternehmensinterne Gremien und Führungskräfte einbinden:** Die Kenntnis über die möglichen Strukturen in einem ganzheitlichen BGM inklusive deren Akteure und Intentionen (Steuerkreis Gesundheit) lässt Sie Ihre Angebote besser anpassen. Denken Sie daran, die Führungskräfte für Ihre Maßnahmen zu begeistern, damit Sie Befürworter für die Umsetzung auf Mitarbeiterebene haben.
- **Eigene Rolle klar machen und andere Hoheitsgebiete respektieren:** Wer sich seiner eigenen Rolle klar ist, der kann auch andere respektieren. Vor allem auf fachlicher Ebene ist es enorm wichtig, wem Sie Ihre Maßnahmen vorstellen (Sicherheitsingenieur, Manager, Arbeitsmediziner etc.).
- **Produkte auf den Punkt bringen:** Durch Steckbriefe und entsprechende Entscheidungsvorlagen können Sie sich viel Professionalität erarbeiten. So können Entscheider im Unternehmen – die in der Regel wenig Zeit haben – schnell entscheiden.
- **Den Gesamtprozess beachten:** Wenn Sie die Maßnahmen eingebettet in den Gesamtprozess konzipieren und vorstellen – nicht losgelöst als Einzel-

maßnahme–, haben Sie große Chancen, *langfristig* Geld zu verdienen.

- **Kommunikationsideen einbringen:** Erfolgsfaktor Nr. 1 ist die Kommunikation von Maßnahmen, sozusagen die Vermarktung des Angebots in der Firma. Bieten Sie dem Unternehmen daher Unterstützung an, die Produkte gemeinsam mit Ihnen zu bewerben.
- **Keine 08/15-Produkte anbieten:** Bieten Sie, wenn möglich, keine Maßnahmen »von der Stange« an. Sie werden als Standard wahrgenommen und sind für Unternehmen »langweilig« und nicht maßgeschneidert. Setzen Sie sich ab, indem Sie kreativ zielgruppenspezifisch auf die jeweiligen Anforderungen eingehen. So werden Sie des Wettbewerbs Herr.
- **Keinen Bauchladen anbieten:** Unternehmensvertreter und somit potenzielle Auftraggeber für Sie schätzen Lieferanten, die wissen, wo ihre Kernkompetenzen liegen. Nichts erscheint unglaublicher als den »großen Bauchladen« anzubieten.
- **Keine Maßnahmen ohne Analyse:** Das Erfolgsrezept lautet »Weg von der Gießkanne« hin zu bedarfs- und zielgruppenspezifischen Angeboten.

Zusammenfassung

Veränderungen zur Optimierung gesundheitlichen Verhaltens fordern individuelle Strategien mit systematischer Methodik. Körpermanagement greift die aus dem Management von Unternehmen bekannten Strukturen auf und überträgt sie auf den Körper. Ziel ist, die Leistungsfähigkeit und Gesundheitskompetenz von Menschen zu verbessern. Die Basis dafür liefert eine hochwertige Diagnostik. Die anschließende Planung und Umsetzung motivierender Maßnahmen berücksichtigen unter anderem die Ziele und das Zeitbudget der Menschen. Regelmäßige Folgeuntersuchungen kontrollieren, ob der eingeschlagene Weg erfolgreich beschritten wird, und sorgen für Nachhaltigkeit. Neben dem Personal-Training sind betriebliches Gesundheitsmanagement und betriebliche Gesundheitsförderung interessante und zukunfts-trächtige Geschäftsfelder für Trainer. Es erfordert ein systematisches Vorgehen, das umso erfolgreicher entwickelt werden kann, wenn Grundkenntnisse über die betrieblichen Strukturen vorhanden sind.

Literatur

- Badura B, Hehlman T. (2003) Betriebliche Gesundheitspolitik. Der Weg zur gesunden Organisation. Springer, Berlin
- Booz u. Company (2011) Vorteil Vorsorge. Die Rolle der betrieblichen Gesundheitsförderung für die Zukunftsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Deutschland. Studienbericht im Auftrag der Felix Burda Stiftung
- Breitbach C (2010) Das BGM Manual. Schrattecker GmbH
- European Network for Workplace Health Promotion (ENWHP) (2008) Die Luxemburger Deklaration zur betrieblichen Gesundheitsförderung in der Europäischen Union. Online abrufbar unter: http://www.luxemburger-deklaration.de/fileadmin/rs-dokumente/dateien/LuxDekl/Luxemburger_Deklaration_09-12.pdf
- Gansser O, Linke M (2013) Betriebliches Gesundheitsmanagement in Deutschland 2013, Ergebnisdiagramme, FOM. Hochschule für Ökonomie und Management, Essen

»Out of balance« – erst Beschwerden, später Krankheiten

- Kapitel 3** **Wenn Regulationsmechanismen versagen** – 31
B. Gimbel
- Kapitel 4** **Anamnese und Diagnostik – Informationen
für eine erfolgreiche Strategie** – 51
B. Gimbel
- Kapitel 5** **Trainingsprogramme aus medizinischer Sicht** – 75
B. Gimbel

Wenn Regulationsmechanismen versagen

Bernd Gimbel

3.1 Mangelnde Bewegung stört die Balance – 32

3.1.1 Biologische Regelkreise – 32

3.1.2 Gesetze der Leistungsphysiologie – die enge Verknüpfung von Belastung und Erholung – 32

3.2 Süße Versuchung – 34

3.2.1 Regulation des Blutzuckerspiegels – 35

3.3 Druck in den Gefäßen – 36

3.3.1 Entstehung des Blutdrucks (Systole/Diastole) – 37

3.3.2 Blutdruckregulation – 37

3.4 Dauerbelastung mit Folgen – 41

3.4.1 Stressreaktion – 41

3.4.2 Stressachse – 43

3.4.3 Freie Radikale – 43

3.4.4 Antioxidanzien – 44

3.5 Potenzierung von Fehlregulationen – metabolisches Syndrom – 45

3.5.1 Adipositas – 46

3.5.2 Hypertonie – 46

3.5.3 Diabetes mellitus – 48

3.5.4 Hyperlipoproteinämie – 49

Literatur – 49

Die in Teil I beschriebenen Phänomene unserer modernen Zivilisation – Bewegungsmangel, Fehlernährung und Stress – stellen per se noch keine Krankheiten dar, sondern begünstigen lediglich stoffwechsel- und kreislaufbedingte Fehlregulationen. Die sich im Laufe des Lebens einschleichenden Symptome bleiben oft unbeachtet. Anfängliche Beschwerden übergehen Menschen lieber so lange, bis der berühmte Tropfen das Fass zum Überlaufen bringt. Sie handeln oft erst dann, wenn es zu spät ist, beim Eintreten eines Krankheitsfalls, obwohl allgemein bekannt ist, dass Präventionsmaßnahmen einen höheren Benefit bringen als eine spätere Rehabilitation.

3.1 Mangelnde Bewegung stört die Balance

3.1.1 Biologische Regelkreise

➤ Wichtig

Im menschlichen Organismus werden alle Funktionen gesteuert und geregelt. Messen, Vergleichen, Stellen sind die zentralen Begriffe biologischer Regelkreise.

Der Mensch ist ein biokybernetisches System mit ineinander verschachtelten Regelkreisen, die die Aufgabe verfolgen, einen vorgegebenen Wert (**Regelgröße**) in einem Teilsystem (**Regelstrecke**) auf einen gewünschten Wert (**Sollwert/Führungsgröße**) zu bringen und konstant zu halten (■ Abb. 3.1). **Störgrößen** wirken andauernd auf das offene System ein und verändern den **Istwert**.

Voraussetzung dafür, den Istwert erneut auf Sollwertniveau zu bringen, ist seine **Messung**. Diese Aufgabe übernehmen Sinnesnervenzellen (**Fühler**), die die Information an ein übergeordnetes Zentrum (**Regler**) melden. Dort wird die Führungsgröße (Sollwert) mit dem Messwert (Istwert) verglichen. Die Differenz (**Stellgröße**) wird an ein ausführendes Organ (**Stellglied**) gemeldet mit dem Ziel, die Regel- der Führungsgröße anzupassen.

Der beschriebene Regulationsmechanismus funktioniert bei allen Menschen gleich. Dies kommt im Spiegelbild von Menschen mit unterschiedlichen Lebenskonzepten zum Ausdruck.

Ein **Marathonläufer** fällt durch seine feingliedrigen Muskeln und geringe Fettdepots auf. Im Unterschied zu einem Bodybuilder verbessert er durch Ausdauertraining vorrangig die Funktionen seines Herz-Kreislauf-Systems und Stoffwechsels, um die Marathonstrecke schneller bewältigen zu können.

Ein **Bodybuilder** zeichnet sich durch enorme Muskelpakete aus. Über gezieltes Krafttraining vergrößert er seinen Muskelfaserquerschnitt, sodass er im Lauf der Zeit

mehr Kraft entfalten und dadurch höhere Leistungen erbringen kann.

Ein **Wohlbstandsbürger** dagegen vernachlässigt manchmal seinen Körper. Er vergrößert weder Muskelquerschnitte, noch verbessert er die Funktionen seines Herz-Kreislauf-Systems oder Stoffwechsels. Seine körperliche Leistungsfähigkeit nimmt als Folge der Minderbeanspruchung im Maß ihrer Vernachlässigung ab. Mangelnde Bewegung und durch Überernährung zugeführte Energie führen zu ungesunden Fettdepots. Aufkeimende Unzufriedenheit darüber ist glücklicherweise oft der Beginn zum Handeln.

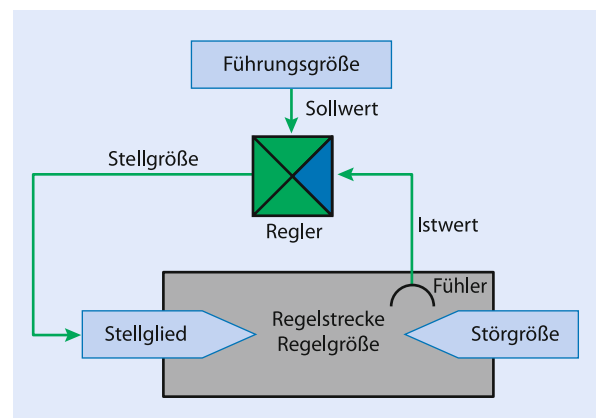
3.1.2 Gesetze der Leistungsphysiologie – die enge Verknüpfung von Belastung und Erholung

Das Betrachten ihres Spiegelbildes ist für alle Kunden am eigenen Körper erlebte Biologie. Denn die Struktur und Leistungsfähigkeit der Organe werden neben genetischen Einflüssen von der Qualität und Quantität ihrer Belastungen bestimmt.

➤ Wichtig

Belastungen von ca. 20–30% der derzeitigen persönlichen körperlichen Leistungsfähigkeit sind notwendig, um den Funktionszustand der Organe auf dem momentanen Niveau zu erhalten. Erst höhere, also »überschwellige« Reize, führen je nach Art der Belastung zu adäquaten körperlichen Anpassungsreaktionen.

Dieses biologische Gesetz trifft auch auf die geistigen Fähigkeiten zu. Nur beim Beschäftigen mit neuen, interessanten mentalen Aufgaben bilden sich vermehrt Synapsen aus, bereits bestehende Kontakte zwischen den Gehirnzellen werden stabilisiert und arbeiten in der Folge effizienter.



■ Abb. 3.1 Biologischer Regelkreis

Bei fehlenden intellektuellen Stimuli verkümmern die Nervenzellen wie ein unbelasteter Muskel und das Gehirn verliert zunehmend an Plastizität.

Nur wer »geistige Bildung und körperliche Leistungsfähigkeit aufs Schönste verbindet und sie im rechten Maß der Seele dienstbar macht, der ist (...) der vollendet gebildete und harmonisch gefügte Mensch«, schrieb bereits der griechische Philosoph Platon und trifft damit exakt die Problematik der heutigen modernen Zivilisation. Im Unterschied zu unseren Vorfahren, die zum Überleben körperlich aktiv sein mussten, ist das Leben der meisten modernen Menschen von motorischer Inaktivität geprägt. Computergesteuerte Maschinen übernehmen die Arbeiten, die früher die erforderliche Dosis an Muskelarbeit zum Erhalt der Gesundheit darstellten.

➤ Wichtig

Der dauerhaft fehlende Wechsel zwischen Belastungs- und Erholungsphasen wirkt sich schädigend auf den Körper des Menschen aus.

Stattdessen werden heutzutage im Berufsalltag geistige Spitzenleistungen von teilweise 10 Stunden und mehr pro Tag abverlangt. Größtenteils wird diese Zeit im Sitzen verbracht. Danach fällt es vielen schwer, die erforderliche Energie für eine ausgleichende körperliche Betätigung aufzubringen, da Kinder, Partner und Freunde ebenfalls Aufmerksamkeit verlangen. Häufig fällt die Entscheidung zugunsten eines guten Essens oder des Relaxens auf der Couch. Angeblich ist dies einfacher zu organisieren und mehr Balsam für die Seele als die »Fremde der Bewegung«. Unbeachtet bleibt bei dieser Entscheidung allerdings, dass ein genussvolles »Streicheln« der Seele zweifelsfrei der Gesundheit zugutekommt, aber keine Lösung der Aufgabe darstellt, die Leistungsfähigkeit des Körpers auf Dauer zu erhalten.

Ein weiteres biologisches Gesetz:

➤ Wichtig

Wer körperliche oder mentale Spitzenleistungen erbringen will, braucht ausreichende Regenerationszeiten, sonst knickt seine Leistungskurve ein.

Sowohl **berufliche Belastungen**, d. h. »objektive, von außen auf den Menschen einwirkende Faktoren wie z. B. Lärm, Zeitdruck oder widersprüchliche Erwartungen an Mitarbeiter« (Gabler Wirtschaftslexikon), als auch **Belastungen in der Freizeit** wie Sport führen zu individuell unterschiedlichen **Beanspruchungen**. Darunter sind die subjektiven Folgen zu verstehen, die sie im Körper physisch und psychisch als Spuren hinterlassen. Unterschiede zwischen der Beanspruchung einer Person und ihren Bewältigungsmöglichkeiten können sowohl positive (z. B. höherer Aktivierungsgrad und damit größere Leistungsbereit-

schaft) als auch negative Folgen (z. B. Stressaufbau und damit auf Dauer Leistungsminderung) erzeugen (Maier o. J.).

Homöostase, Heterostase und Überkompensation

Mit zunehmender Dauer und Intensität der Gesamtheit aller Belastungen bzw. dem daraus resultierenden Beanspruchungsgrad wird der Körper aus seinem **Gleichgewichtszustand (Homöostase)** gebracht. Er gelangt kurzzeitig aus der Balance in eine **Heterostase**, die funktionell über interne Regelmechanismen ausgeglichen werden kann.

Zum Beispiel bei Steigerung der Bewegungsgeschwindigkeit versucht der Körper umgehend, einen neuen Gleichgewichtszustand auf höherem Niveau herzustellen. Herzfrequenz, Blutdruck und Energieproduktion steigen, Sauerstoff gelangt so lange verstärkt zu den Muskelzellen, bis der Organismus allmählich wieder ins Gleichgewicht gerät. Stoffwechselprodukte (z. B. Laktat) reichern sich an, andere werden verbraucht (z. B. Glukosereserven, Mineralien). Die Änderung der Körpertemperatur und des pH-Werts bringen biochemische Vorgänge auf ein höheres Niveau. Koordinative Steuerungsprozesse zwischen Gehirn und Muskulatur verlangsamen sich mit der Zeit. Es entwickelt sich allmählich ein Nachlassen der Leistungsfähigkeit, weil die Ermüdung zunimmt. Der Körper benötigt nun eine angemessene Erholungsphase, um zu regenerieren.

In dieser Zeit passen sich die Organe den vorangegangenen Belastungen an und regenerieren über das ursprüngliche Niveau hinaus. In der Folge erhöht sich die Leistungsfähigkeit des Organismus in dem Maße, wie die Gesamtheit der Anpassungsprozesse Funktionsverbesserungen der belasteten Organe bewirkt hat. Am Ende der Erholungszeit ist die Leistungsfähigkeit auf einem höheren Niveau als vor der Belastungsphase (**Prinzip der Überkompensation**) ausgebildet (■ Abb. 3.2).

Körperliches Training mit dem Ziel einer Leistungsverbesserung erfordert deshalb, in der Phase der Überkompensation den nächsten Belastungsreiz zu setzen. Zu früh angesetzte neue Stimuli unterbrechen die notwendige Erholungsphase und führen auf Dauer zu einer Leistungsminderung. Dieses biologische Gesetz betrifft nicht nur Sportler, sondern auch all jene Menschen, die nach hoher beruflicher Beanspruchung weder während der Nacht, noch an den Wochenenden oder im Urlaub »abschalten« können und deshalb nicht zur Ruhe kommen.

➤ Wichtig

Jede Missachtung eines angemessenen Wechsels zwischen Belastungs- und Erholungsphasen wirkt sich auf Dauer schädigend auf den Körper aus.

Alle diejenigen, die trotz eines anstrengenden Berufsalltags zusätzlich noch ein intensives Marathontraining absolvie-

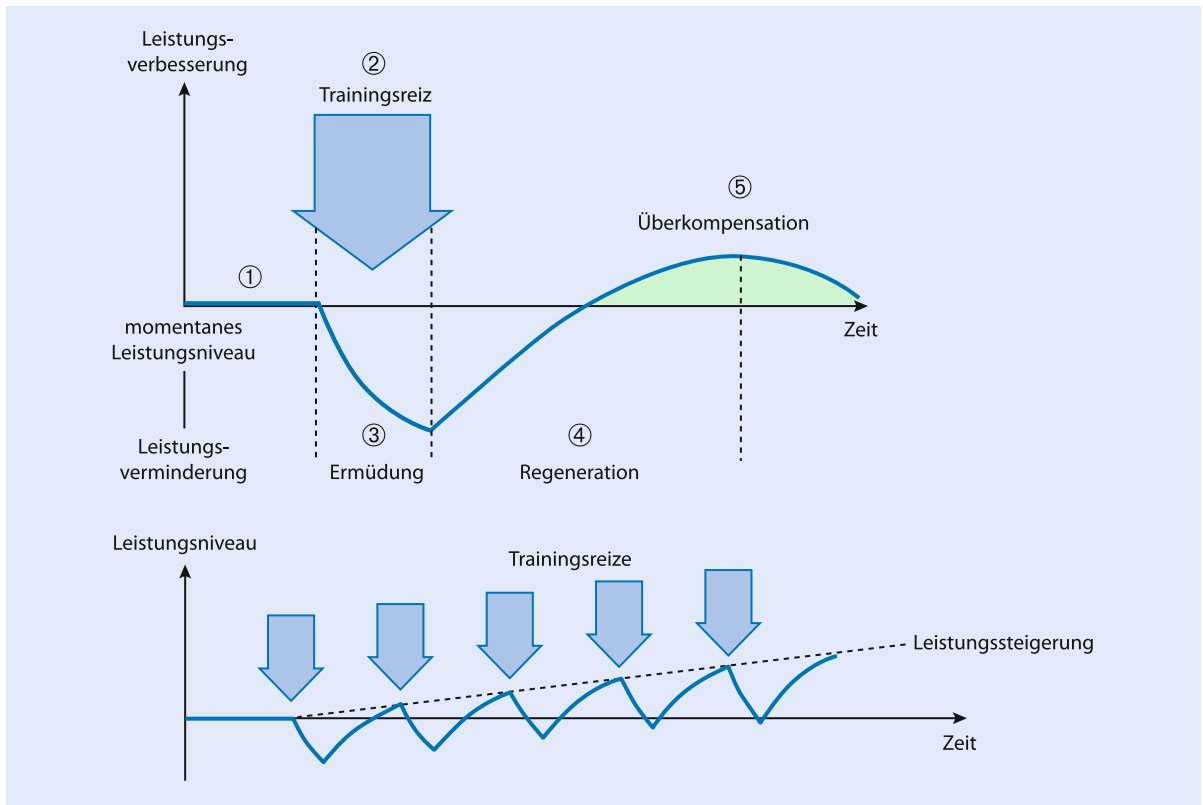


Abb. 3.2 Prinzip der Überkompensation (Wechsel von Belastung und Erholung)

ren, begeben sich in die Gefahr der Überforderung und damit einer Leistungsminderung sowohl auf sportlicher als auch auf beruflicher Ebene. Menschen, die behaupten, aus Zeitmangel nur einmal am Wochenende trainieren zu können, werden im günstigsten Fall ihre Leistungsfähigkeit erhalten. Aber jene Menschen, die aus Mangel an Motivation oder aus Angst, Fehler zu machen, nichts tun, begehen den größten Fehler, indem sie ihre Organe unterfordern und dadurch verkümmern lassen. Die inaktiven Dauersitzer von heute sind die Kranken von morgen.

Daraus folgt:

➤ Wichtig

Die Biologie fordert Bewegung, aber auch die erforderlichen Pausen, um den Organismus von Kopf bis Fuß gesund und leistungsfähig zu halten.

Dies ist eine wichtige Botschaft mit unabsehbaren Folgen für jeden, der dies missachtet.

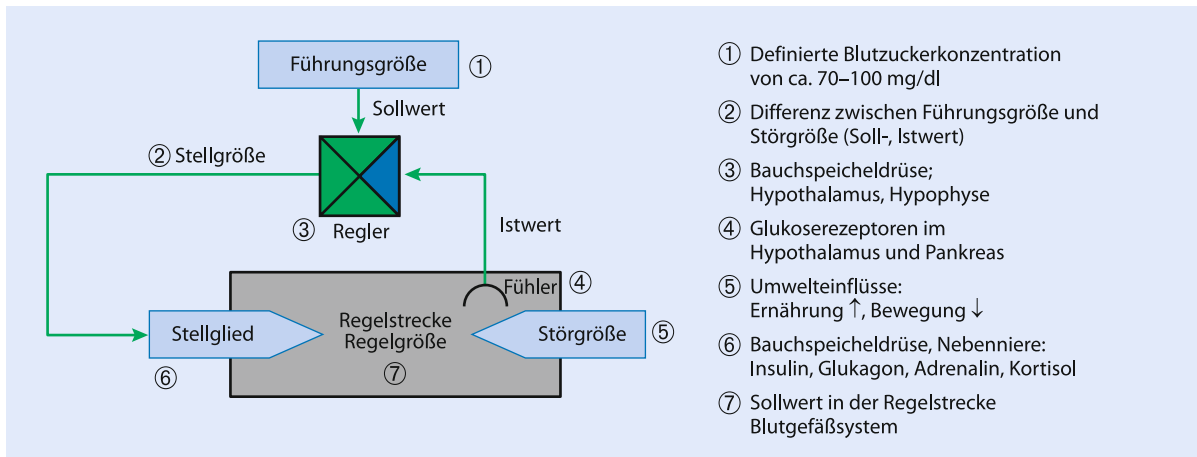
3.2 Süße Versuchung

Der überwiegend hohe Anteil an geistiger Betätigung im Berufsalltag ist in vielen Fällen mit mangelnder Bewegung

kombiniert. Einige der Betroffenen wissen, dass ihre Nervenzellen auf Kohlenhydrate für die Energieversorgung angewiesen sind und Fettsäuren im Normalfall nicht verstoffwechseln können. Im Hungerzustand (bei Kohlenhydratmangel) wird allerdings ein großer Teil ihres Energiebedarfs durch die Oxidation von Ketonkörpern gedeckt, die aus vermehrtem Abbau von Fett stammen (► Abschn. 14.2.1 und 16.3.4). Sie gönnen sich deshalb ab und zu etwas »Süßes«. Das kann verheerende Folgen haben, wenn die Balance zwischen Kalorienaufnahme und -abbau aus dem Ruder läuft.

Die aufgenommene Nahrung wird im Verdauungssystem enzymatisch abgebaut, über das Blutgefäßsystem zu den Organen transportiert und dort je nach Stoffwechsellage verbraucht, gespeichert oder zum Aufbau körpereigener Stoffe verwandt. Die Energieträger Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße werden in ihre chemischen Bauelemente gespalten. Letztendlich liegen im Dünndarm die Bausteine der Eiweiße/Proteine (Aminosäuren), Triglyzeride (freie Fettsäuren und Glycerin, ein dreiwertiger Alkohol) und der Kohlenhydrate (Einfachzucker) vor. Für das Verständnis der Blutzuckerregulation ist die Betrachtung der Kohlenhydrate wichtig.

Die Einfachzucker gelangen aus dem Dünndarm durch die Darmwand ins Blut und erhöhen dort die Glukosekon-



■ Abb. 3.3 Regulation des Blutzuckerspiegels

zentration. Ziel ist es, sie konstant auf einem Niveau von ca. 70–100 mg/dl (3,9–5,6 mmol/l) zu halten. Die Schwankungsbreite ergibt sich aus zahlreichen den Blutzuckerspiegel beeinflussenden Faktoren wie Bewegung, Ernährung und individuellen Bedingungen.

➤ Wichtig

Der Mittelwert der Blutzuckerkonzentration gesunder, nüchterner Personen liegt bei 88 mg/dl (4,9 mmol/l) (Thomas 2005, S. 194).

Der aktuelle Blutzuckerwert, der die Summe aller erhöhenden und senkenden Prozesse abbildet, verändert sich ständig. Der gesunde menschliche Organismus ist in der Lage, ihn andauernd auf dem o. g. Niveau zu regulieren.

3.2.1 Regulation des Blutzuckerspiegels (■ Abb. 3.3)

Auch die Regulation des Blutzuckerspiegels folgt dem Prinzip des Regelkreises (■ Abb. 3.1).

Blutzuckererhöhende Prozesse sind die Glukosezufuhr über die Ernährung, der Abbau von Glykogen (Speicherform des Zuckers als Polysaccharid), die Glukoneogenese (Glukoseneubildung aus organischen Nichtkohlenhydratvorstufen wie Pyruvat, Oxalacetat etc. und aus glukoplastischen Aminosäuren) sowie der Umbau von Galaktose (Schleimzucker) und Fruktose (Fruchtzucker) zu Glukose (Traubenzucker). An einer **Senkung des Blutzuckerspiegels** sind die Oxidation der Glukose sowie die Fettbildung in den Zellen aus Glukose und der Glykogenabbau in der Muskulatur und der Leber beteiligt.

Beide gegenläufigen Vorgänge wirken als **Störgrößen**, die auf den **Sollwert** innerhalb der **Regelstrecke** – das Blutgefäßsystem – Einfluss nehmen. Die **Glukoserezeptoren**

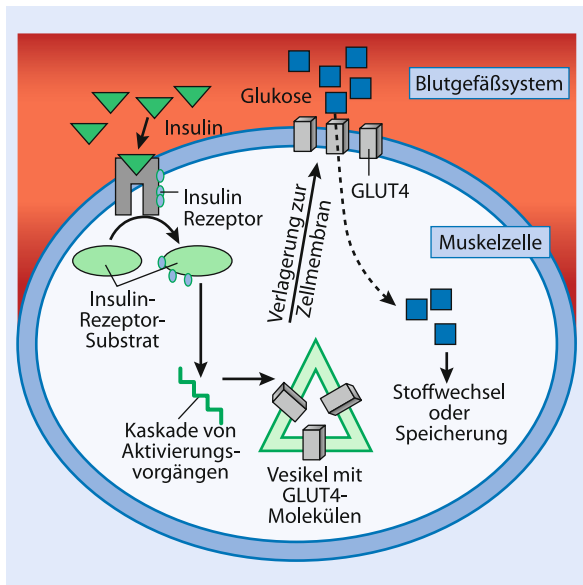
im Gehirn melden den aktuellen Istwert an das übergeordnete Regulationszentrum im Hypothalamus, der als **Regler** fungiert und die **Führungsgröße** (die im Blutgefäßsystem zu regelnde Blutzuckerkonzentration) mit dem gemessenen **Istwert** vergleicht. Daraus wird die **Stellgröße** (Differenz aus Führungsgröße und Istwert) berechnet.

Gleichzeitig messen **Glukoserezeptoren in der Bauchspeicheldrüse** den Istwert und geben diese Information als Stellgröße an den Regler, die Alpha- und Betazellen, weiter. Gleichzeitig ist auch die Nebenniere an dem Regulationsprozess beteiligt. Über beide Kanäle wird nun auf die Stellglieder Einfluss genommen, um den Blutzuckerwert wieder auf das Niveau der Führungsgröße zu regeln:

Bei zu niedrigem Blutzuckerspiegel erhält das Nebennierenmark über den Hypothalamus den Befehl, Adrenalin zu produzieren. Als Folge wird der Abbau von Glykogen in der Muskulatur gefördert. Ebenso bildet der Hypothalamus adrenokortikotropes Hormon (ACTH), das sog. glandotrope Hormon (Steuerhormon des Hypophysenvorderlappens), das über die Nebennierenrinde die Produktion von Kortikoiden anregt (► Abschn. 3.4.2). Diese sorgen dafür, dass Glykogen in der Leber zu Glukose abgebaut (Glykogenolyse) und die Lipolyse (Fettabbau in den Fettzellen) gefördert wird. Die Alphazellen der Bauchspeicheldrüse bilden verstärkt Glukagon, das über den Abbau von Glykogen für die Abgabe von Glukosemolekülen ins Blut sorgt.

■ **Bei erhöhtem Blutzuckerspiegel** bilden die Betazellen **Insulin**, das Glukose aus dem Blutgefäßsystem in die Zellen schleust und den Blutzuckerspiegel wieder auf das Niveau der Führungsgröße senkt.

Skelettmuskel-, Herzmuskel- und Fettzellen besitzen **Insulinrezeptoren**. Der Kontakt zwischen Rezeptor und Insulin löst in der Zelle eine Kaskade von Vorgängen aus, die



■ Abb. 3.4 Wechselwirkung zwischen Insulinrezeptoren und GLUT4-Molekülen beim Glukosetransport durch die Zellmembran

zur Aktivierung eines **Glukosetransporters** (GLUT4) führen, um Glukose durch die Zellmembran ins Innere zu schleusen (■ Abb. 3.4). Dort wird die Glukose zur Energiegewinnung genutzt oder als Glykogen bzw. Fett gespeichert.

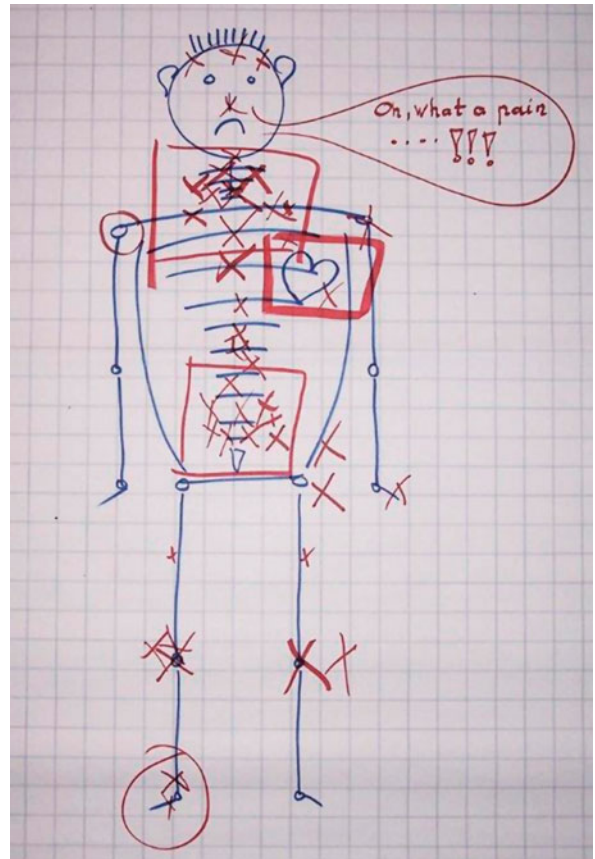
Im Fettgewebe und auch in der Leber fördert Insulin außerdem die Aufnahme freier Fettsäuren, die dann in Form von Triglyzeriden als Depotfett gespeichert werden. Außerdem wirkt es dem Fettabbau (der Lipolyse) entgegen.

➤ Wichtig

Insulin hat bei der Blutzuckerregulation eine Sonderstellung, da es als einziges Hormon den Blutzuckerspiegel senkt. Glukagon, Adrenalin und Kortisol sind die Gegenspieler des Insulins. Diese (kontra-insulinären) Hormone erhöhen den Blutzuckerspiegel, indem Glykogen abgebaut (Glykogenolyse) und die Glukoneogenese (Zuckerneubildung) gefördert wird.

Im Unterschied zu Adrenalin beeinflusst Glukagon den Abbau von Glykogen in Muskeln nicht, sondern nur den in der Leber. Glukagon liefert Glukose, wenn diese benötigt wird und erlaubt einen Verbrauch von Fettsäuren, sofern dies möglich ist (Schmidt et al. 2005).

Es ist wichtig, mit Zucker sorgsam umzugehen, um die Insulinproduktion nicht überzustrapazieren und die Sensibilität der Insulinrezeptoren zu schonen (► Teil V).



■ Abb. 3.5 Typische Beschwerdebilder von Seminarteilnehmern

3.3 Druck in den Gefäßen

In der Einführungsphase von Seminarveranstaltungen lassen wir die Teilnehmer häufig auf einem skizzierten Skelettmännchen ankreuzen, wo sie in den letzten 3 Monaten Beschwerden hatten. Als Symbol für das Herz-Kreislauf-System skizzieren wir auf die linke Skelettseite ein Herz (■ Abb. 3.5). Das Ergebnis unterscheidet sich von Gruppe zu Gruppe kaum: Die meisten Markierungen finden wir an Hals- und Lendenwirbelsäule. Nur selten kreuzt ein Teilnehmer das Herzsymbol an.

Vor der Diagnostik (Ergometrie; ► Kap. 11) wird bei allen Teilnehmern selbstverständlich der Blutdruck gemessen. Häufig stellen wir (zu) hohe Werte fest, neulich bei einem Teilnehmer sogar 240/120 mmHg, wohlgerneht vor der Belastung. Auch in dieser Gruppe hatte keiner das Herzsymbol markiert. Natürlich wurde die Person daraufhin keiner Belastung ausgesetzt. Ihr wurde geraten, sich dringend einer medizinischen Untersuchung zu unterziehen. Die Begebenheit zeigt:

Praxistipp

Rücken Sie als Trainer verstärkt den Blutdruck Ihrer Kunden in den Fokus.

3.3.1 Entstehung des Blutdrucks (Systole/Diastole)

Der Blutdruck entsteht, wenn der Herzmuskel das Blut durch die Gefäße pumpt. Die dabei auf die Gefäßwände ausgeübte Kraft beträgt beim Zusammenziehen des Herzmuskels (Kontraktionsphase) normalerweise 100–130 mmHg (**systolischer Druck**) und in der Erschlaffungsphase 60–85 mmHg (**diastolischer Druck**).

Damit ein gleichmäßiger Blutstrom gewährleistet ist, dehnt sich die Aorta während der Systole des Herzmuskels aufgrund ihrer Elastizität aus und speichert einen Teil des ausgestoßenen Blutes. In der Diastole, wenn sich das Herz entspannt und Blut aus dem Körper zurückfließt, zieht sich die Aorta wieder zusammen und presst das gespeicherte Blut in den Körperkreislauf (**Windkesselfunktion**).

➤ Wichtig

Der Blutdruck unterliegt physikalischen Gesetzen und entspricht dem Produkt aus Herzzeitvolumen und Strömungs- bzw. peripherem Widerstand.

Das **Herzzeitvolumen** ist die Menge Blut, die das Herz pro Minute ins Blutgefäßsystem pumpt (in Ruhe ca. 5 l/min). Der Strömungs- oder **periphere Widerstand** bezeichnet die Kraft, die die Gefäßwände dem Blutstrom entgegensetzen. Er ist abhängig vom Gefäßdurchmesser, der Viskosität des Blutes sowie der Länge des Gefäßabschnitts. Außerdem hängt der Blutdruck vom Blutvolumen ab (4–6 l): Mit zunehmendem Blutvolumen steigt der Blutdruck an.

3.3.2 Blutdruckregulation

Die Regulation des Blutdrucks ist eine zentrale Funktion des Organismus, da die Organe entsprechend ihrem Belastungsgrad ständig ausreichend mit Blut versorgt werden müssen. Während regionale Regulationsmechanismen für die Durchblutung der Organe zuständig sind, sorgen überregionale Regelstrukturen für die Anpassung der kardiovaskulären Funktionen an die wechselnden Kreislaut-situationen. Dabei sind **kurz-, mittel- und langfristige Regulationsmechanismen** zu unterscheiden, die alle dem Prinzip des biologischen Regelkreises folgen (► Abschn. 3.1.1, ■ Abb. 3.1).

- In der Wand der Aorta und in anderen großen Arterien im Brust- und Halsbereich, z. B. im Sinus

caroticus, befinden sich Baro- oder Pressorezeptoren (Drucksinneskörperchen). Zudem sind in den Herzvorhöfen Dehnungsrezeptoren vorhanden. Deren Signale kontrollieren den Sympathikus (► Abschn. 3.3.2) in der Medulla oblongata (dem verlängerten Rückenmark). Bei Veränderung der Druckverhältnisse im Gefäßsystem durch Störgrößen (Blutverlust, körperliche Belastungen) sendet der Regler (die kreislaufregulierenden Zentren des Stammhirns) Steuerungssignale an die Stellglieder (Herz und Arterien). Sie sorgen reflektorisch über eine Veränderung des Herzzeitvolumens bzw. des peripheren Widerstands dafür, dass sich der Blutdruck (Stellgröße) den veränderten Bedingungen in Sekunden anpasst (**kurzfristige Blutdruckänderungen** – Pressorezeptorenreflex). Bei einem Blutdruckanstieg wird weniger Blut ausgeworfen bzw. werden die Arteriolen weiter oder enger gestellt (Dilatation). Bei einem Blutdruckabfall verhält es sich umgekehrt.

- Die **mittelfristige Blutdruckregulation** wird über Rezeptoren, die die Durchblutung der Niere messen, kontrolliert und über das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (**RAAS-Kaskade**, ■ Abb. 3.6) geregelt. Kommt es bei Abfall des Blutdrucks zu einer Drosselung der Nierendurchblutung, so wird das Gewebeshormon **Renin** aus der Niere freigesetzt. Daraufhin wird verstärkt aus dem inaktiven **Angiotensinogen** die aktive Form **Angiotensin I** und mithilfe des **Angiotensin Converting Enzyme (ACE)** **Angiotensin II** gebildet, das für eine Engstellung der arteriellen Gefäße (Konstriktion) sorgt. Als Folge steigt der Blutdruck an. Auf diese Weise wird bewirkt, dass der Blutdruck bei Flüssigkeits-, Blutverlust oder durch andere Störgrößen mittelfristig auf stabilem Niveau gehalten wird. Da sich der Bildungsort dieser Gewebeshormone in der Niere befindet, ist verständlich, dass Nierenerkrankungen oft mit erhöhten Blutdruckwerten einhergehen (**renale Hypertonie**).

Die **langfristige Blutdruckregulation** vollzieht sich über das Blutvolumen. Steigendes Volumen bedeutet auch steigenden Druck. Bei diesem Regulationsprozess spielt die Niere eine wichtige Rolle, denn sie kontrolliert, wie viel Flüssigkeit und Natrium/Kalium mit dem Urin ausgeschieden bzw. rückresorbiert wird.

Bei steigendem arteriellem Mitteldruck über 95 mmHg nimmt die ausgeschiedene Urinmenge zu (Druckdiurese). Dadurch sinken Blutvolumen und Blutdruck.

Als Reaktion darauf steigt die ADH-Sekretion (anti-diuretisches Hormon) im Hypothalamus verbunden mit der Folge, dass weniger Urin produziert wird, das Durstgefühl steigt und die Gefäßweite abnimmt. Blutdruck und Blutvolumen steigen wieder.

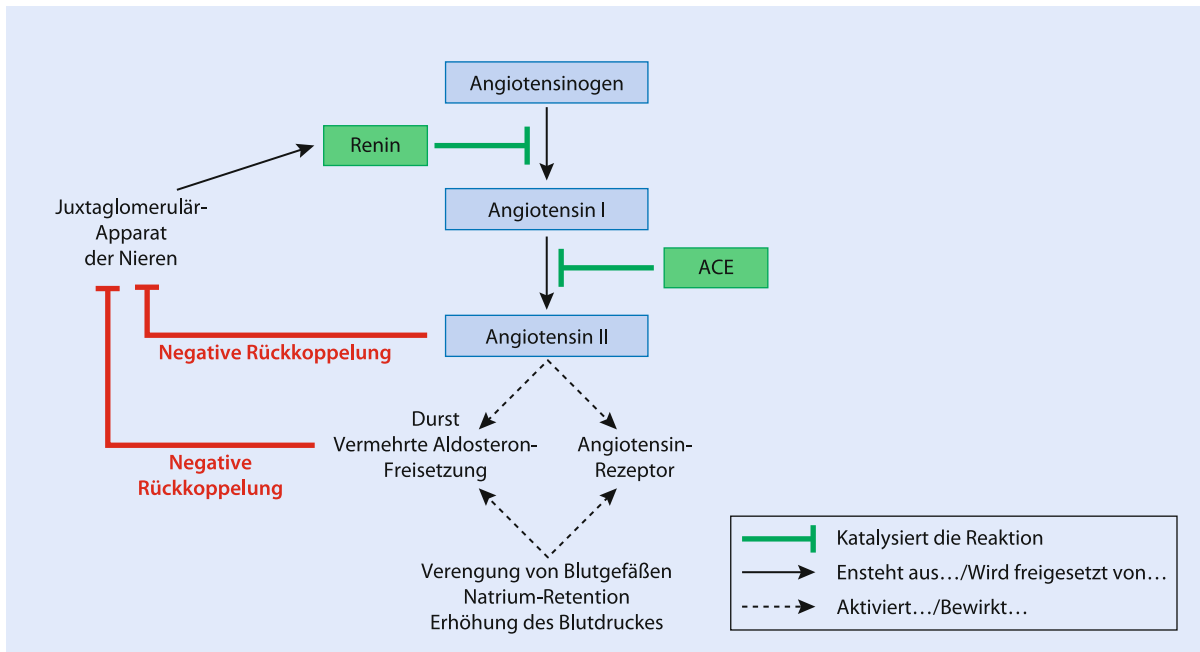


Abb. 3.6 RAAS-Kaskade (Renin-Angiotensin-Aldosteron-System) der mittelfristigen Blutdruckregulation

Gleichzeitig ist eine Senkung des Blutdrucks mit einer verstärkten Aldosteron-Ausschüttung über das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System verbunden. In der Folge steigt das Herz-Zeit-Volumen, die Urinausscheidung sinkt und die Gefäße werden über die Wirkung von Angiotensin II enger gestellt. Das Blutvolumen nimmt zu und der Blutdruck steigt wieder an.

Eine Erhöhung des Blutvolumens führt zu einem verstärkten Dehnungsreiz der Herzvorhöfe. Dadurch wird ein hormonähnlicher Botenstoff, das atriale natriuretische Peptid (ANP) (► Abschn. 4.3.1) freigesetzt, der u. a. für eine verstärkte Flüssigkeitsausscheidung über die Niere sorgt (Menche 2007).

Kurz-, mittel- und langfristige Blutdruckregulation

- Kurzfristig: über Veränderungen des Herzzeitvolumens und des peripheren Widerstands (Pressorezeptorenreflex)
- Mittelfristig: insbesondere über die RAAS-Kaskade
- Langfristig: über Veränderung des Blutvolumens durch die Niere

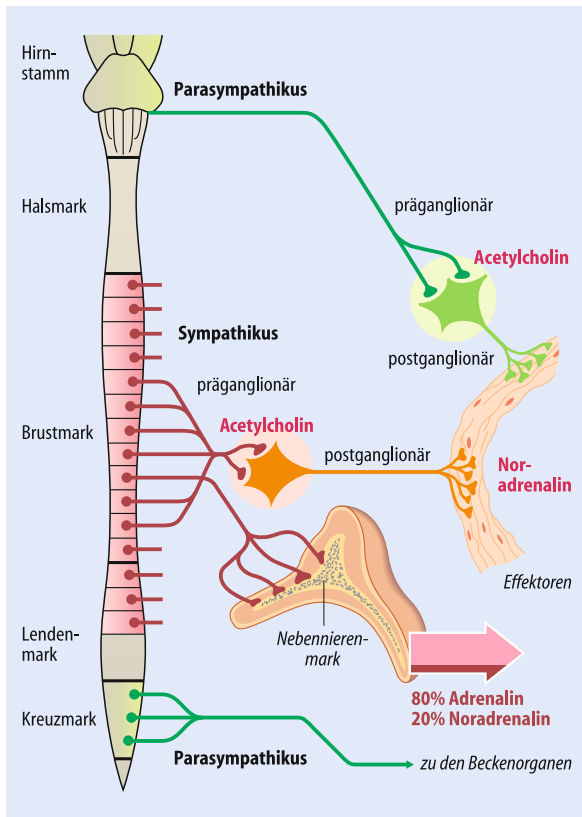
Vegetatives Nervensystem und Blutdruckregulation

Neben den genannten Mechanismen ist an der komplexen Regelung des Blutdrucks auch das vegetative Nervensystem mit seinen **sympathischen und parasympathischen**

Fasern beteiligt (► Abb. 3.7). Die Innervation der Organe erfolgt über jeweils zwei Nervenfasern (Neurone): Die erste leitet Erregungen vom Zentralnervensystem (ZNS) zu einem vegetativen Nervenknotten (Ganglion). Dort erfolgt die Umschaltung auf das zweite Neuron, das die Impulse zum Erfolgsorgan (Effektor) überträgt.

Entsprechend der Lage der Neurone zum Ganglion wird das erste als **prä-** und das zweite als **postganglionär** (vor bzw. hinter dem Ganglion liegend) bezeichnet. Trotz vergleichbaren Aufbaus weisen beide vegetativen Systeme Unterschiede bei den Ursprüngen der präganglionären Neurone im ZNS, der Lage der vegetativen Ganglien, der chemischen Überträgerstoffe (Transmitter) und der Innervation der Erfolgsorgane auf:

- Die Zellkörper der präganglionären **sympathischen** Fasern liegen in den Seitenhörnern des Brust- und oberen Lendenmarks. Die Ganglien sind segmental parallel neben der Wirbelsäule angeordnet und bilden den Grenzstrang. Davon gehen die postganglionären Fasern ab, die zu den Effektoren ziehen. Das Nebennierenmark wird als Hormondrüse ebenfalls von den Fasern des Sympathikus innerviert. Der Sympathikus sorgt dafür, dass der Organismus in einen leistungsbereiten Zustand versetzt wird (Leistungsnerv).
- Die Zellkörper des **präganglionären** parasympathischen Systems liegen in Hirnstamm (X. Hirnnerv, N. vagus) sowie Kreuzmark und innervieren die Brust- und Baueingeweide. Diejenigen aus dem Kreuzmark versorgen die Beckenorgane. Die Um-



■ **Abb. 3.7** Sympathisches und parasympathisches Nervensystem. (Mod. nach Birbaumer u. Schmidt 2006)

schaltung auf die postganglionären Fasern geschieht in der Nähe der Erfolgsorgane, sodass der Parasympathikus im Unterschied zum Sympathikus lange prä- und kurze postganglionäre Fasern enthält. Der Parasympathikus hat die Aufgabe, den Organismus nach der Erbringung einer Leistung wieder in den Ruhezustand zu versetzen (Erholungsnerv).

➤ Wichtig

Die meisten Organe werden vom sympathischen und vom parasympathischen System innerviert. Beide Systeme entfalten dabei entgegengesetzte oder antagonistische Wirkungen und ermöglichen die Balance zwischen An- und Entspannung.

Adrenalin, Noradrenalin und Acetylcholin

Weitere Gemeinsamkeiten wie auch Unterschiede in den beiden Anteilen des vegetativen Systems gibt es bei der **Erregungsübertragung**. Die Informationen werden in beiden Fällen vom **Neurotransmitter Acetylcholin (ACh)** von der prä- auf die postganglionären Fasern übertragen (► s. u.). Dagegen findet die Übertragung auf die Effektoren im sympathischen Nervensystem unter Vermittlung

von Adrenalin und Noradrenalin statt (adrenerge Fasern), während dafür im parasympathischen Nervensystem ebenfalls Acetylcholin verantwortlich ist (cholinerge Fasern).

Ihre Wirkungsweise entfalten beide **Katecholamine** (Adrenalin und Noradrenalin) nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip über darauf reagierende Alpha- und Beta-rezeptoren (Adrenorezeptoren). Beide Substanzen sind auch hormonell wirksam. Ihre Rezeptortypen lassen sich in Alpha1- und Alpha2- sowie Beta1-, Beta2- und Beta3-Rezeptoren sowie weitere Subtypen unterteilen. Durch Stimulation der verschiedenen Typen sind unterschiedliche Reaktionen zu erwarten.

Noradrenalin und **Adrenalin** haben ähnliche, aber nicht identische Wirkungen, da ihre Wirkung an den unterschiedlichen Rezeptortypen verschieden ist. Beim Gefäßsystem löst Noradrenalin eine Konstriktion (Zusammenziehen) aus (Ausnahme: Koronararterien). Adrenalin dagegen dilatiert (erweitert) die Gefäße der Skelettmuskulatur und den Herzmuskel, während es in der Haut und den Baueingeweiden ebenfalls eine Konstriktion auslöst. Deshalb ist Adrenalin eher für eine Blutverteilung entsprechend der jeweiligen Belastung zuständig, während Noradrenalin eher die Aufrechterhaltung des Gefäßtonus reguliert.

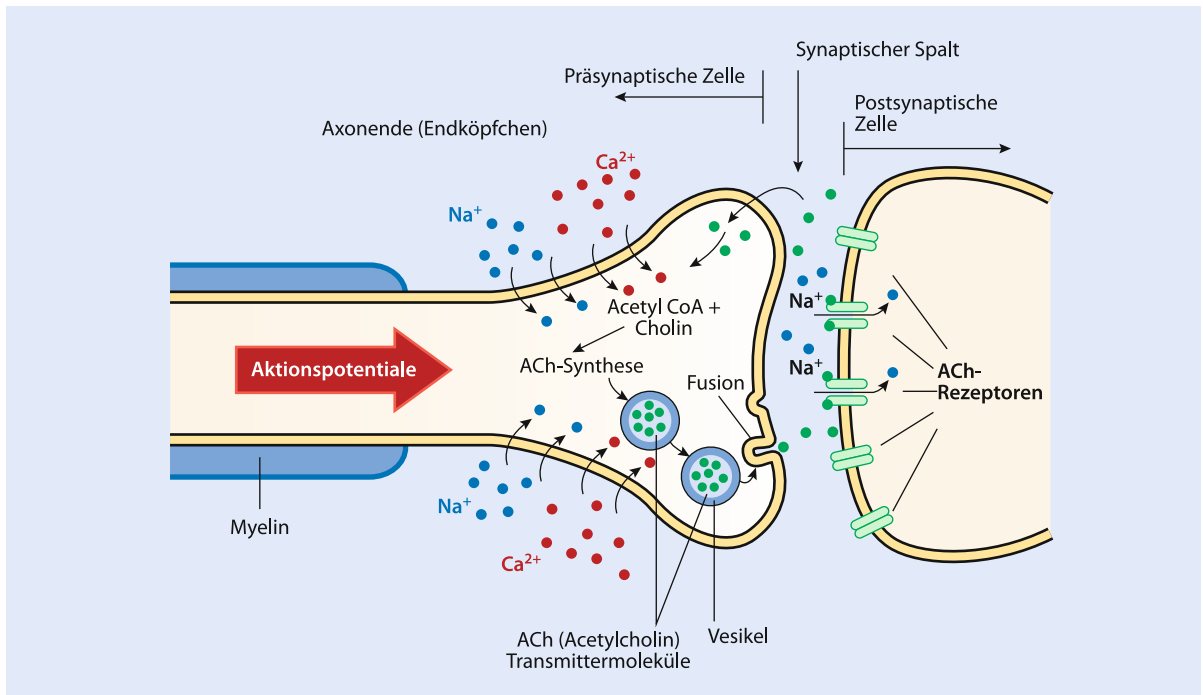
Beide Substanzen steigern die Schlagfrequenz des Herzens. Darüber hinaus erhöht Noradrenalin sowohl den systolischen als auch den diastolischen Blutdruck, während Adrenalin durch Senkung des peripheren Widerstands ausschließlich den diastolischen Blutdruck senkt und, wegen seiner Reduzierung des peripheren Widerstands, den systolischen Blutdruck erhöht. Im Bereich der Energiebereitstellung sorgt Adrenalin außerdem für die Glykogenolyse in der Leber und die Lipolyse im Fettgewebe.

Unter Einfluss von Acetylcholin kommt es zu einer Senkung der Herzfrequenz.

Informationsübertragung an der Synapse

Die Informationsübertragung von einer Nervenzelle auf eine andere erfolgt mittels einer **Synapse**. Gelangt eine elektrische Erregung ans Endknöpfchen der Nervenzelle, kommt es zu einer Veränderung des präsynaptischen Membranpotenzials und in der Folge zum Einstrom von Kalziumionen (Ca^{2+}). Diese bewirken, dass ein Teil der synaptischen Vesikel (Bläschen) zur präsynaptischen Membran wandern, mit ihr verschmelzen und den Inhalt – den Transmitter Acetylcholin – in den **synaptischen Spalt** entleeren (■ Abb. 3.8).

Acetylcholin diffundiert über den synaptischen Spalt zur postsynaptischen Membran. Dort verbinden sich die Transmittermoleküle nach dem Schlüssel-Schloss-Prinzip mit **Acetylcholinrezeptoren**. Die Rezeptormoleküle sind mit Ionenkanälen gekoppelt. Sobald die Rezeptoren be-



■ Abb. 3.8 Wirkungsweise von Acetylcholin (ACh) an einer Synapse

setzt sind, öffnen sich bestimmte Ionenkanäle. Ist der **Effektor** beispielsweise eine Muskelzelle, kommt es zum Einstrom von Na^+ -Ionen. Als Folge depolarisiert die postsynaptische Membran, d. h., sie wird elektrisch weniger negativ geladen. Ab einem bestimmten Schwellenwert kommt es nach dem Alles-oder-nichts-Prinzip zur Kontraktion der Muskelzelle.

Um eine Dauererregung zu verhindern, wird der Transmitter sofort vom Enzym **Acetylcholinesterase** in seine unwirksamen Bestandteile Cholin und Essigsäure zerlegt. Die Spaltprodukte gelangen zurück in die präsynaptische Membran, werden dort unter ATP-Verbrauch zu Acetylcholin resynthetisiert und erneut in synaptischen Vesikeln gespeichert.

Hormonelle Wirkungsmechanismen

Die Wirkungsweise von Hormonen ist unterschiedlich:

➤ Wichtig

Hormone können direkt durch die Zellmembran gelangen oder ihre Information indirekt über einen Botenstoff in die Zelle transportieren.

Wenn sie direkt durch die Membran in die Zelle diffundieren, können sie entweder im Cytoplasma oder im Zellkern an einen Rezeptor binden (**Hormon-Rezeptor-Komplex**), der dann bestimmte DNA-Abschnitte aktiviert oder blockierte Gene freilegt (■ Abb. 3.9). Als Folge werden die Informationen der Gene abgelesen und auf eine Messen-

ger-RNA (mRNA) überschrieben (**Transkription**). Diese hat die Aufgabe die Information aus dem Zellkern zu den Ribosomen im Zellplasma zu transportieren. Dort wird sie unter Vermittlung einer Transfer-RNA (tRNA) in die Reihenfolge der Aminosäuren des Proteins (z. B. Enzyms) übersetzt (**Translation**).

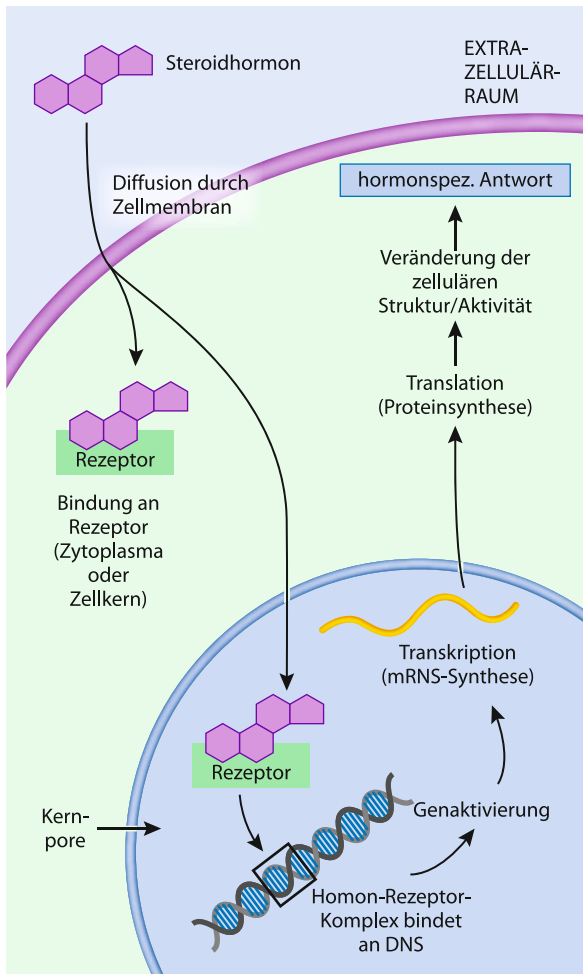
Darüber hinaus können Hormone auch **indirekt** über die Bildung eines 2. Botenstoffs (Second Messenger), z. B. von zyklischem Adenosinmonophosphat (cAMP), wirken (■ Abb. 3.10).

Das Hormon **Adrenalin** z. B. bindet an einen Rezeptor in der Zellmembran, der daraufhin unter Vermittlung eines GTP-abhängigen (Guanosintriphosphat, GTP – ähnlich dem ATP) Proteins (G-Proteins) das Enzym Adenylatzyklase aktiviert. Dieses fördert die Umwandlung von ATP in cAMP, das dann indirekt die eigentliche Zellreaktion des Adrenalins auslöst, indem es Gene aktiviert und die Bildung von Enzymen über Transkription und Translation einleitet (s.o.). Enzyme beschleunigen als biologische Katalysatoren substrat- und wirkungsspezifisch bestimmte Stoffwechselprozesse (► Abb. 14.6 und ► Abschn. 14.2.2). Durch »Kettenreaktionen« von Enzymsystemen laufen Stoffwechselprozesse geordnet ab (■ Abb. 3.11).

➤ Wichtig

Gendefekte können z. B. bewirken, dass Enzyme nicht mehr korrekt gebildet und deshalb Stoffwechselketten unterbrochen werden.

3.4 · Dauerbelastung mit Folgen



■ **Abb. 3.9** Wirkung eines Steroidhormons durch »direkte« Aktivierung eines Gens

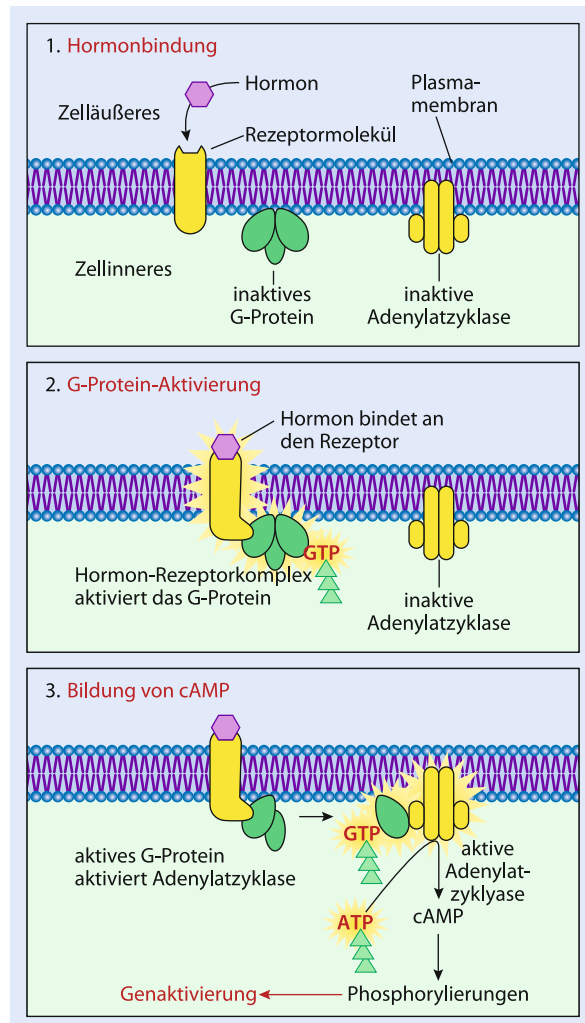
3.4 Dauerbelastung mit Folgen

3.4.1 Stressreaktion

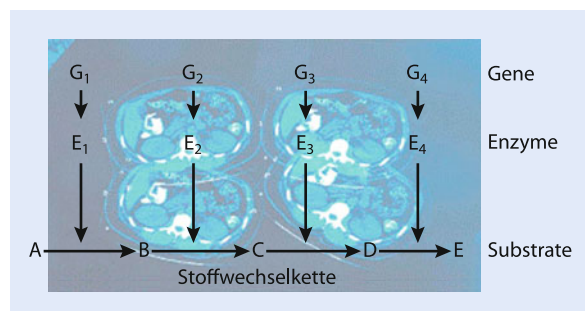
Stress ist ein weiteres anschauliches Beispiel für die ambivalente Reaktionsweise eines biologischen Systems auf Umweltreize (Stressoren):

Die Stressreaktion, die Menschen in Gefahrensituationen, je nach Abwägen der Situation, flüchten oder kämpfen lässt, ist genetisch verankert und hilft zu überleben (Eustress). Wenn jedoch durch Reizüberflutung und fehlende Entspannung die individuellen Toleranzmechanismen aus der Balance geraten, besteht die Gefahr, mit der Zeit Beschwerden und Krankheiten zu entwickeln (Distress). Stress ist also Freund und Feind des Menschen zugleich.

Die Auslöser sind Stressoren, Umweltreize in Form von körperlichen und geistigen Belastungen, die den Organismus in Alarmbereitschaft versetzen. Der Körper



■ **Abb. 3.10** Wirkung eines Hormons (z.B. Adrenalin) durch »indirekte« Aktivierung eines Gens über die Bildung des Second Messengers cAMP



■ **Abb. 3.11** Wirkung von Genen über die Synthese von Enzymen auf den geordneten Ablauf von Stoffwechselketten

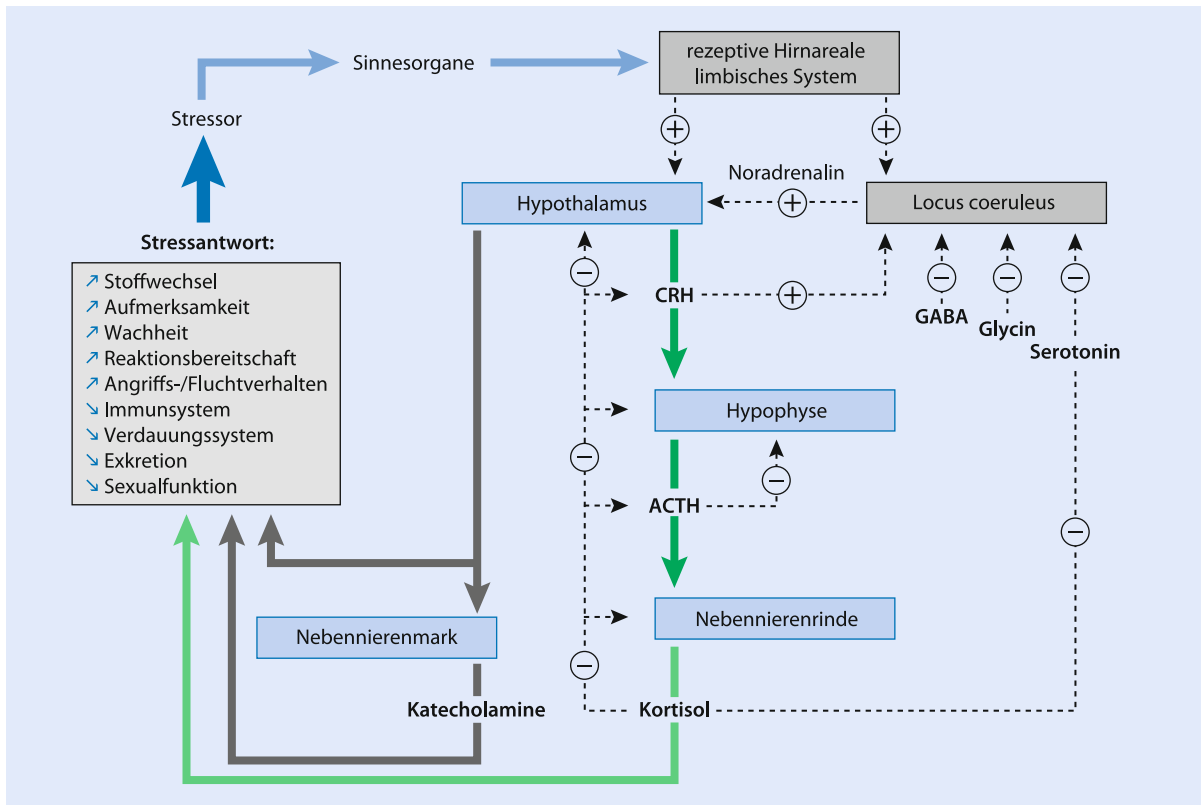


Abb. 3.12 Biologische Stressreaktion. (© Ganzimmun AG, mit freundl. Genehmigung)

agiert darauf mit einer koordinierten Abfolge von nervösen (auf das Nervensystem bezogenen) und humoralen (auf das Hormonsystem bezogenen) Reaktionen.

Wichtig

Bei der Stressreaktion werden Organe, die zur Bewältigung der Situation erforderlich sind, »eingeschaltet« (Beschleunigung des Herz-Kreislauf-Systems und der Atmung, Mobilisierung von Energiereserven), »unnötige« Funktionen, die dabei störend sind (Verdauung, Sexualtrieb, Denkprozesse, Schmerzempfindung etc.), dagegen gehemmt (Abb. 3.12).

Bei Auslösen eines Stressreizes beginnt eine Transmitter- und Hormonkaskade: Zentrale Schaltstelle der Stressreaktion ist der im Zwischenhirn gelegene Hypothalamus, der als übergeordnetes Zentrum des vegetativen Nerven- und Hormonsystems arbeitet. Nachdem er über rezeptive Hirnareale, das limbische System und den Locus coeruleus, der u. a. für die Aufmerksamkeit und den Wachheitszustand des Menschen verantwortlich ist, angeregt wurde, wird blitzschnell über den Sympathikus das Nebennierenmark innerviert. Die daraufhin ausgeschütteten Katecholamine (Adrenalin, Noradrenalin und Dopamin) sorgen für eine Aktivierung all derjenigen Organe, die an einer Leis-

tungssteigerung des Organismus beteiligt sind (Herz-Kreislauf-Funktionen, Stoffwechsel etc.) und »ohne nachzudenken« umgehend darauf reagieren.

Noradrenalin steigert den Blutdruck, sorgt für eine Engstellung der arteriellen Blutgefäße, erhöht kurzfristig die Entzündungsneigung, hemmt aber langfristig die Aktivität der Immunzellen und fördert Aufmerksamkeit und Konzentration: Der Mensch ist hellwach und »steht unter Strom«.

Das Stresshormon Adrenalin steigert die Herz- und Atemfrequenz sowie den Blutdruck, sorgt für eine Dilatation der Bronchien und bewirkt die Freisetzung von Fettsäuren sowie den Abbau von Glykogen zu Traubenzucker in Leber und Muskeln. Blutzucker- und Blutfettwerte steigen, sodass der Skelettmuskulatur ausreichend Energie zur Verfügung steht, um reagieren zu können. Es steigt die Aufmerksamkeit im Gehirn. Adrenalin hemmt dagegen die Magen-Darm-Tätigkeit.

Dopamin koordiniert die Motorik, steigert Konzentration, Wahrnehmung und körperliche Aktivität. Es wirkt stimmungsaufhellend und ist zentraler Botenstoff des Belohnungssystems. Sowohl ein Mangel als auch ein Überschuss an Dopamin wirkt sich ungünstig auf den Organismus aus. Chronischer Dopa-

minüberschuss führt bei gleichzeitigem Serotoninmangel zu Erschöpfungszuständen (zentrale Fatigue, Burn-out). Dopaminmangel dagegen ist mit Motivationsverlust, Vergesslichkeit, Selbstzweifel, Depression etc. verbunden. Dopamin wirkt neurotoxisch, da es die Bildung freier Radikale (► Abschn. 3.4.3) fördert.

3.4.2 Stressachse

Mit der Aktivierung des Sympathikus wird aus dem Hypothalamus Kortikotropin-Releasing-Hormon (CRH) freigesetzt, das seine Wirkung über die Stressachse (Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse) entfaltet. Die Hypophyse produziert adrenokortikotropes Hormon (ACTH). Dieses glandotrope (Steuerungs-)Hormon veranlasst die Nebennierenrinde, Kortisol auszuschütten. Als Reaktion darauf wird über Glukoneogenese und Lipolyse Energie bereitgestellt, die Bildung roter Blutkörperchen angeregt, die Produktion von Blutgerinnungsfaktoren in der Leber verstärkt und Entzündungen werden gehemmt.

Der Ausschüttung der exzitatorisch (anregend) wirkenden Hormone und Neurotransmitter (Kortisol, Katecholamine, Glutamat) folgt über die Regelkreise eine schnelle Wiederherstellung des Normalzustands, sofern der Organismus Zeit hat, sich zu regenerieren. In diesem Fall sorgen inhibitorisch wirkende (hemmende) Hormone (DHEA) und Neurotransmitter (GABA, Glycin, Serotonin) für einen gesunden Gleichgewichtszustand zwischen Be- und Entlastung.

► Wichtig

Bei »Daueralarm« sind die Kompensationsmechanismen nicht mehr in der Lage, diesen Gleichgewichtszustand herzustellen.

Die hormonelle Stressachse ist dann dauerhaft aktiviert. Die Kortisolproduktion, die einem tagesperiodischen Rhythmus unterliegt, kann »aus den Fugen« geraten. Die permanente Bereitstellung von Energie führt zu Stoffwechselstörungen wie erhöhten Blutfettwerten, Diabetes, Adipositas und verringerter Infekt- und Tumorabwehr. Da dauerhaft erhöhte Kortisolwerte auch die Gehirnaktivität (Merk- und Konzentrationsfähigkeit) negativ beeinflussen, ist unbedingt über Bewegung und/oder Entspannung auf die Absenkung des Kortisols im Blut zwecks Regeneration der Gehirnzellen zu achten, wenn es um die Erhaltung der Gesundheit geht.

► Wichtig

Ein wichtiger Gegenspieler des Kortisols und damit ein wichtiges Anti-Stress- bzw. Anti-Aging-Hormon ist Dehydroepiandrosteron (DHEA).

Als Steroidhormon fördert DHEA den Muskelaufbau, senkt das LDL- und erhöht das HDL-Cholesterin (► Abschn. 4.3.1), erhöht die Insulinsensitivität, wirkt entzündungshemmend, immunstimulierend, antidepressiv und fördert die geistige und körperliche Leistungsfähigkeit. Das Verhältnis von Kortisol, das sich altersunabhängig verhält, zu DHEA steigt beim Alterungsprozess signifikant an.

3.4.3 Freie Radikale

► Wichtig

Psychischer und physischer Stress ist im Körper mit der Bildung freier Radikale verbunden. Freie Radikale sind chemisch instabile, kurzlebige und hochreaktive Moleküle.

Freie Radikale entstehen endogen bei Reaktionen mit Sauerstoff (z. B. in den Mitochondrien als Abfallprodukt der Zellatmung) oder bei der Immunabwehr sowie durch exogene Faktoren (z. B. durch Alkoholkonsum, Rauchen, Umweltgifte, UV- und Röntgenstrahlen).

Wegen ihrer Abhängigkeit von oxidativen Prozessen werden sie auch als schädliche Form des Sauerstoffs oder reaktive Sauerstoffspezies (reactive oxygen species, ROS) bezeichnet. Zu ihnen gehören Ozon (O_3), Wasserstoffperoxid (H_2O_2), das Superoxidanion ($O_2^{\cdot-}$) und das Hydroxylradikal (HO^{\cdot}). In 70 Lebensjahren verbraucht der Mensch ca. 17 Tonnen Sauerstoff, die als Nebenprodukt 1–1,7 Tonnen freie Radikale erzeugen (Gröber 2000).

Freie Radikale verfügen über ein oder mehrere ungepaarte Elektronen. Sie sind bestrebt, ihren instabilen Zustand auszugleichen, indem sie anderen Molekülen Elektronen entziehen. In diesem Bestreben können sie biologische Strukturen wie Zellmembranen oder die Erbsubstanz (DNA) angreifen und schädigen, wenn sie keine anderen Reaktionspartner zur Verfügung haben. Außerdem werden sie für das Altern der Zellen mit verantwortlich gemacht.

Freie Radikale und Bewegung

Da bei körperlicher Aktivität vermehrt Sauerstoff umgesetzt wird, entsteht dabei eine Vielzahl freier Radikale. Dies könnte Bewegungsmuffel dazu veranlassen, Sport oder sogar generell Bewegung als gesundheitsschädlich zu bewerten. Genau das Gegenteil ist richtig. Obwohl bei sportlichen Belastungen mit zunehmender Intensität die Bildung freier Radikalen ansteigt, wird vermutet, dass durch richtig dosiertes Training der Körper allmählich daran gewöhnt wird, sich mit den anfallenden aggressiven Molekülen auseinanderzusetzen. Die Belastungen führen mit der Zeit zu organschützenden Anpassungsprozessen.

Ähnlich wie beim Laktatmolekül (► Abschn. 10.3) rückt auch bei den reaktiven Sauerstoffspezies zunehmend

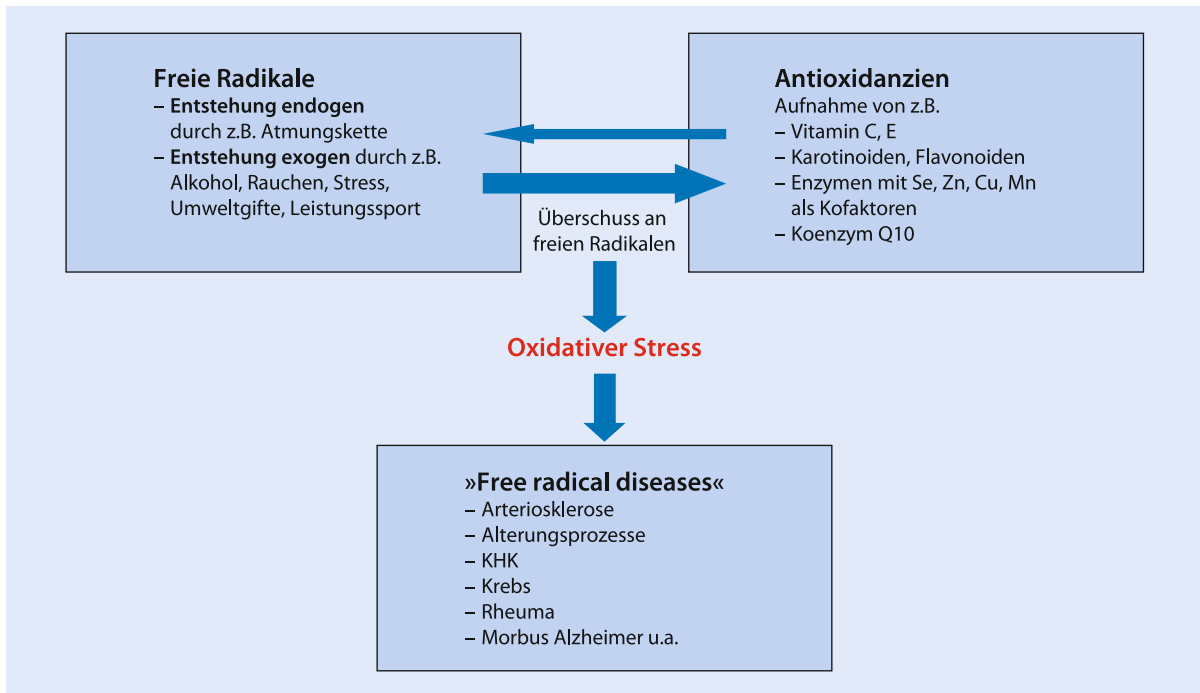


Abb. 3.13 Entstehung und Folgen von oxidativem Stress

ihre Funktion als Signal- und Modulatormolekül in die Betrachtung. Vermehrt bilden sich antioxidative Enzyme und es kommt zu einer besseren Regulation von Stressproteinen. In der Bilanz führt dies zu einer belastungsinduzierten Verringerung des oxidativen Stresses, weil der Körper die Belastungen besser toleriert (Niess et al. 2002; Kelley u. Ideker 2009).

Wichtig
Immunzellen nutzen freie Radikale z. B. um Viren und Bakterien abzutöten.

Immunzellen sind außerdem in der Lage, funktionslose körpereigene Zellen unschädlich zu machen, bevor diese entarten. Insofern schadet die Bildung freier Radikale dem menschlichen Organismus nicht nur, sondern nützt ihm auch. Schädigungen entstehen bei einer »Überdosis« freier Radikale, wenn diese nicht neutralisiert werden können, also oxidativer Stress (Abb. 3.13) aufkommt. Dann können sich langfristig chronische Erkrankungen (free radical diseases) entwickeln und der Alterungsprozess schreitet voran (Berg u. König 2000).

3.4.4 Antioxidanzien

Wichtig
Antioxidanzien dienen als Gegenspieler der freien Radikale. Diese körpereigenen oder körperfremden Verbindungen sind in der Lage, freie Radikale zu neutralisieren und damit Oxidationen sowie Radikalkettenreaktionen zu verhindern.

Da Antioxidanzien in den Körperzellen den aggressiven freien Radikalen als Reaktionspartner zur Verfügung stehen, heißen sie auch **Radikalfänger**. Antioxidanzien sind u. a. in Lebensmitteln und in der Muttermilch enthalten. Zu ihnen gehören Vitamine (z. B. Vitamin C und E), sekundäre Pflanzenstoffe (z. B. Karotinoide, Flavonoide, Polyphenole) oder Enzyme (z. B. Ubichinon Q10, Superoxiddismutase, Glutathionperoxidase, Glutathionreduktase und Katalase).

Im Zusammenhang mit den freien Radikalen wird die enge Verbindung zwischen »stressfreier« Bewegung (Teil III, Teil IV) und gesunder Ernährung (Teil V) deutlich.

Wichtig
Dosierte Belastungen im alltäglichen Leben und beim Sport sorgen für Anpassungsprozesse, die die Bildung freier Radikale mindern. Eine Ernährung mit ausreichend Gemüse und Obst erhöht die Antioxidanzien, die zum Neutralisieren der freien Radikale zur Verfügung stehen. In der Bilanz sinkt die Wahrscheinlichkeit, unter oxidativen Stress zu geraten.

3.5 Potenzierung von Fehlregulationen – metabolisches Syndrom

Beim Versagen der beschriebenen Regulationsmechanismen besteht die Gefahr, aus der Balance zu geraten. Risikofaktoren gewinnen Übermacht. Die schützenden Faktoren im Organismus sind nicht mehr in der Lage, diese zu kompensieren (► Abschn. 4.3). Symptome entstehen, bleiben oft unbeachtet und damit unbehandelt. »Mir passiert das nicht«, vermuten die einen, »die Zeit wird sie heilen«, denken die anderen. Stattdessen aber nehmen sie zu.

► **Wichtig**
Risikofaktoren potenzieren sich in ihrer Gefährlichkeit mit der Zeit zu einem explosiven Gemisch, das zu Krankheiten führt.

Das **metabolische Syndrom** ist die Sammelbezeichnung für verschiedene typische Zivilisationskrankheiten (praktisches Beispiel ► Kap. 17). Der Begriff besagt, dass es sich hierbei um eine Gruppe von Stoffwechselerkrankungen handelt, der ein Komplex von Symptomen zugrunde liegt.

Metabolisches Syndrom (»gefährliches Quartett«)

Kombination von:

- Adipositas (Fettleibigkeit)
- Arterieller Hypertonie (Bluthochdruck)
- Diabetes mellitus, einhergehend mit Hyperglykämie (erhöhte Blutzuckerwerte) und Hyperinsulinämie (erhöhter Insulinspiegel)
- Hyperlipoproteinämie (erhöhte Blutfettwerte)

Hauptursachen sind neben einer genetischen Veranlagung Fehlernährung, Bewegungsmangel und in geringerem Umfang steigendes Lebensalter. Es handelt sich ausnahmslos um Phänomene, die zunächst in den westlichen Industrienationen beobachtet wurden, in der Zukunft aber auch in den sich wirtschaftlich entwickelnden Ländern, insbesondere in Asien, eine Rolle spielen werden. Die genannten Faktoren begünstigen die Entwicklung entweder indirekt über eine Fettaufreicherung im Körperstamm (Stammfettsucht) oder direkt über ein vermindertes Ansprechen der Muskelzellen auf das Hormon Insulin (Insulinresistenz) (► Abschn. 3.2.1).

Das Hauptproblem liegt in einer energetischen Dysbalance. Über die Ernährung wird mehr Energie aufgenommen als über den Grund- und Leistungsumsatz verstoffwechselt wird. Die Muskelzellen regeln die Aufnahmekapazität für ihre Energie herunter. Daraufhin vermindern die Zellen Anzahl und Empfindlichkeit der Insulinrezeptoren (Insulinsensitivität), sodass als Folge der Blutzuckerspiegel steigt. Dies führt zu vermehrter In-

sulinausschüttung mit der Folge einer **Hyperinsulinämie**. Insulinresistenz gilt als typisches Vorstadium eines Diabetes mellitus.

Dieses Fehlsignal führt auch dazu, dass vermehrt Fette ins Blut abgegeben werden. Außerdem ist bekannt, dass bei genetischer Disposition ein erhöhter Insulinspiegel als Manifestationsfaktor für Bluthochdruck gilt. Da Insulin auch zu den Wachstumsfaktoren zählt, begünstigt es eine Hypertrophie der Herzmuskelfasern, die sich leicht zu einer Herzinsuffizienz entwickeln kann (Rost 2005).

► **Wichtig**
Das metabolische Syndrom als eigenständige Diagnose ist umstritten.

Dies wird erkennbar an fehlenden einheitlichen (von verschiedenen Fachgesellschaften und länderübergreifend akzeptierten) diagnostischen Kriterien und an einem fehlenden ICD-Kode (International Classification of Diseases). Konsens besteht darin, dass es sich bei dem Syndrom um einen überzufällig häufigen Verbund der vier o.g. Risikofaktoren handelt. 2009 wurde ein Konsensuspapier fünf großer internationaler Fachgesellschaften zur Harmonisierung des Begriffs veröffentlicht (Alberti et al. 2009). Die europäische und amerikanische Diabetesgesellschaft waren allerdings nicht beteiligt.

Diagnostische Kriterien des metabolischen Syndroms (nach International Diabetes Federation 2005) (Alberti et al. 2005)

- Vergrößerter Bauchumfang (Männer ≥ 94 cm; Frauen ≥ 80 cm)
- Triglyzeride ≥ 150 mg/dl (1,7 mmol/l)
- Niedriges HDL-Cholesterin (Männer < 40 mg/dl (1,03 mmol/l) ; Frauen < 50 mg/dl (1,29 mmol/l))
- Erhöhter Blutdruck: systolisch ≥ 130 mmHg oder diastolisch ≥ 85 mmHg
- Erhöhter Nüchternblutzucker ≥ 100 mg/dl (5,6 mmol/l) oder bereits diagnostizierter Diabetes Typ II

Treffen bei einer Person neben dem vergrößerten Bauchumfang zwei weitere Kriterien zu, liegt ein metabolisches Syndrom vor.

Strittig ist der **Grenzwert für den Bauchumfang**, der zwischen den medizinischen Fachgesellschaften um bis zu 8 cm differiert. Hier sollen noch bevölkerungs- und länderspezifische Definitionen erarbeitet werden. Ein deutlich erhöhtes kardiovaskuläres Risiko ist bei Werten > 88 cm für Frauen und > 102 cm für Männer anzunehmen.

Das inhalative Zigarettenrauchen bzw. der **Nikotinabusus** gehört im engen Sinne nicht zum metabolischen

Syndrom, muss aber wegen seiner herausragenden Stellung unter den Risikofaktoren erwähnt werden.

3.5.1 Adipositas

Bei Adipositas werden zwei verschiedene Formen der **Fettanreicherung** unterschieden, die **hüftbetonte** (gynoid, »Birnenform«) und die **stammbetonte** (android, »Apfel-form«). Nur die stammbetonte Fettanreicherung bringt ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen mit sich. Die Fettdepots sind keinesfalls eine inaktive Masse oder ein passiver Energiespeicher.

➤ Wichtig

Das innere Bauchfett unterliegt im Gegensatz zum Fettgewebe an den Extremitäten besonderen biochemischen und hormonellen Prozessen.

Beispielhaft für Hormone und **Botenstoffe des Fettgewebes** seien genannt Adiponektin, Interleukin-6 (IL-6), Leptin, Tumornekrosefaktor TNF-alpha und Resistin, zusammengefasst als Adipokine bezeichnet. Leptin reguliert das Hunger- und Sättigungsgefühl und kann ein Gen für das Enzym SCD-1 blockieren, das den Abbau oder die Speicherung vom Körperfett reguliert. TNF-alpha und IL-6 sind Entzündungsmediatoren und stellen die Verbindung zur Arteriosklerose als entzündlichen Prozess dar.

Diskutiert wird, dass die nichtalkoholische Fettleber (normalerweise liegt der Fettanteil in der Leber bei 4%, von einer Fettleber spricht man ab 50%) und das dort gebildete Fetuin-A unabhängig von den etablierten Risikofaktoren (Blutfette, Diabetes, Übergewicht, Rauchen) einen größeren kardiovaskulären Risikofaktor darstellt als die viszerale Adipositas (► Abschn.16.3.2). Fetuin-A behindert die Funktion von Insulin sowie den Transport von Zucker und wirkt entzündungsfördernd. Insofern kann der medizinische Blick mit dem Ultraschallgerät auf die Leber ein wichtiger Indikator bei der Früherkennung von Diabetes und seiner Folgen sein (Stefan et al. 2008; o. A. 2008a).

3.5.2 Hypertonie

Die Ursache der arteriellen Hypertonie als weiterem Risikofaktor im Zusammenspiel des metabolischen Syndroms ist im Wesentlichen unbekannt (essenzielle Hypertonie). Verbindungen zu Insulinresistenz und Hyperinsulinämie sind ebenso nachgewiesen wie Einflüsse des vegetativen Nervensystems, insbesondere der Sympathikusaktivierung via Nebennierenhormonen (multifaktorielle Genese) (► Abschn. 3.3).

➤ Wichtig

Goldstandard der Blutdruckmessung ist die Langzeitblutdruckmessung (ambulantes Blutdruck-Monitoring, ABDM).

Zweitbeste Methode ist die Patientenselbstmessung (► Abschn. 4.1.6), erst danach folgt die Messung in der Arztpraxis (»Sprechstundenhochdruck«, »Weißkitteleffekt«).

Die Messung erfolgt beim ABDM automatisch über eine Oberarmmanschette tagsüber alle 15 min und nachts alle 30 min. **Normwerte** sind absolut der 24-h-Mittelwert von 130/80 mmHg, der Tagesmittelwert (6–22 Uhr) 135/85 mmHg und der Nachtmittelwert (22–6 Uhr) von 120/75 mmHg. Im Tag-Nacht-Rhythmus ist ein nächtlicher Abfall von systolisch 15% und diastolisch 10% normal. WHO und ISH (International Society of Hypertension) definieren bei Werten > 140/90 mmHg ein Stadium I, > 160/100 mmHg Stadium II und > 180/110 mmHg Stadium III der arteriellen Hypertonie.

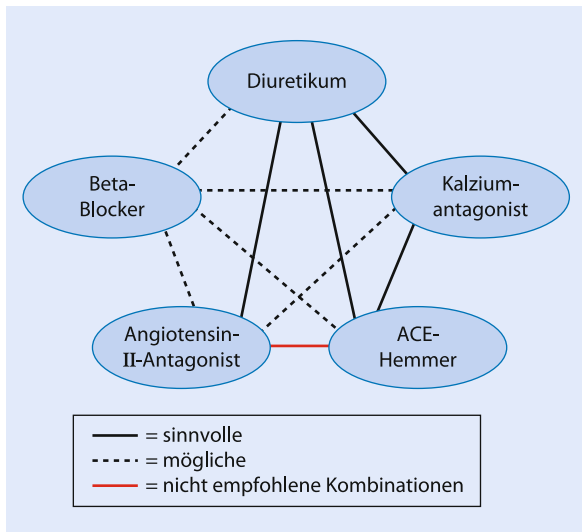
Klinisch stehen die **Endorganschäden** im Vordergrund.

Endorganschäden des Bluthochdrucks

- Blutgefäße (endotheliale Dysfunktion = Funktionsstörung der inneren Arterienwand, Remodelling der Gefäße = Umbau zu krankhaften Gefäßveränderungen, Arteriosklerose)
- Herz (linksventrikuläre Hypertrophie = Wandverdickung der linken Herzkammer, Herzinsuffizienz, koronare Herzerkrankung, Herzinfarkt)
- Gehirn (hypertensive Enzephalopathie = krankhafte Veränderungen im Gehirn durch Bluthochdruck, apoplektischer Insult = Schlaganfall)
- Niere (Mikroalbuminurie = Ausscheidung von Albumin mit dem Urin, Proteinurie = Ausscheidung von Eiweiß mit dem Urin, Niereninsuffizienz bis hin zur Dialysepflicht)
- Augenhintergrund (Fundus hypertonicus = chronische Gefäßveränderungen der Netzhaut)
- Periphere arterielle Verschlusskrankheit (PAVK = verengte Bein- oder Halsschlagadern)
- Aortenaneurysma (Erweiterung der Hauptschlagader)

■ Therapie

Die erfolgreiche Behandlung mit dem Ziel der Blutdrucksenkung insbesondere des systolischen Zielwerts verlängert das Leben mit jedem Monat an Behandlungsdauer im Schnitt um einen zusätzlichen Tag Lebenszeit, in der kein tödlicher Schlaganfall oder Herzinfarkt droht. Diese Ergebnisse wurden aus Untersuchungen mit älteren Patienten abgeleitet (im Schnitt 72 Jahre). Eine frühzeitige Blut-



■ **Abb. 3.14** Medikamentengruppen der ersten Wahl zur Behandlung von Hypertonie nach ESC-Richtlinie von 2013

drucksenkung in jüngeren Jahren könnte einen noch erheblich größeren Überlebensvorteil bieten (Kostis et al. 2012).

■ Medikamente

Zur medikamentösen blutdrucksenkenden Therapie stehen verschiedene Substanzgruppen zur Verfügung, die meist kombiniert werden müssen und eine synergistische Wirkungsverstärkung durch unterschiedliche Angriffsmechanismen haben. Die wichtigsten blutdrucksenkende Medikamente lassen sich in fünf Gruppen einteilen (■ Abb. 3.14; Gotzen u. Lohmann 2005, S. 51 ff):

- Diuretika/Saluretika beeinflussen den Salz- und Wasserhaushalt.
- Kalziumkanalblocker/Kalziumantagonisten wirken über eine Gefäßerweiterung.
- ACE-Hemmer blockieren das blutdrucksteigernde Hormonsystem der Nieren (RAAS-Kaskade; ■ Abb. 3.6).
- Gleiches gilt für Angiotensin-II-Rezeptor-Antagonisten.
- Sympathikushemmstoffe blockieren Alpha- und/oder Beta-Adrenorezeptoren («Betablocker») (► Abschn. 3.3.2)

Weitere Präparate sind direkte Renininhibitoren, Alpha-blocker, Aldosteronantagonisten und Nitate.

■ Sport

Nach einer neuen Metaanalyse (Pengcheng et al. 2013) bringen 4 Stunden sportliche Aktivität pro Woche ein um 19% niedrigeres Hypertonierisiko gegenüber Personen, die sich

weniger als 1 Stunde sportlich betätigen. Stärkere körperliche Belastungen im Beruf stehen allerdings nicht im Zusammenhang mit einer Senkung des Bluthochdruckrisikos.

➤ Wichtig

Bewegung reduziert das Risiko für die Entwicklung eines Bluthochdrucks. Die Wirkmechanismen vieler Hochdruckmedikamente sind ähnlich wie die von Bewegung und Sport (Middeke et al. 2000, S. 112ff).

Durch den produzierten Schweiß wird vermehrt Salz und Wasser ausgeschieden. Die Blutmenge im Gefäßsystem wird geringer. Dies bewirkt eine **Blutdrucksenkung**. Außerdem kommt es bei regelmäßigem Training zu einer Dämpfung des Sympathikotonus, während in Ruhe der Vagotonus steigt. Der Blutdruck sinkt, wenn die Blutgefäße, die sich unter dem Einfluss des Sympathikus zusammenziehen, entspannter bleiben (► Abschn. 3.3.2).

Die Bewegung bringt eine Verstoffwechselung von Kalorien, die mittel- und langfristig zu einer **Gewichtsreduktion** führt. Bei Hypertonikern kann 10 kg weniger Körpergewicht den Blutdruck bis zu 15 mmHg systolisch und 8–10 mmHg diastolisch senken. Realistischer ist allerdings bei den Patienten eine Senkung von 6 mmHg systolisch und 3 mmHg diastolisch (o. A. 2008b).

➤ Wichtig

Nichtmedikamentöse Blutdrucksenkung kann bei Hypertonikern erwiesenermaßen erzielt werden durch Gewichtsreduktion, körperliches Training und Stressbewältigung mittels Entspannungstechniken. Evaluiert sind autogenes Training, Yoga und progressive Muskelrelaxation nach Jacobson.

■ Einfluss von Blutdrucksenkern auf die Leistungsfähigkeit

Für die Arbeit des Trainers relevant ist der Einfluss von Medikamenten auf die körperliche Verfassung seiner Kunden und auf trainingssteuernde Parameter wie Herzfrequenz oder Laktatwert.

In diesem Zusammenhang spielen die **Beta(rezeptoren) blocker** eine wichtige Rolle, da sie unter psychischer und physischer Belastung in Abhängigkeit von deren Intensität und der Dosierung des Medikaments nicht nur den Blutdruck senken, sondern auch die Herzfrequenz und den Sauerstoffbedarf des Herzmuskels. Außerdem unterdrücken die Betablocker die Insulinaktivität, Lipolyse und Glykogenolyse, schränken den Sauerstofftransport – und damit die Leistungsfähigkeit – ein, sodass intensive Ausdauerbelastungen oberhalb der individuellen anaeroben Schwelle nicht empfehlenswert sind.

Auch bei der Einnahme von **Kalziumantagonisten** ist Vorsicht geboten, da einige Medikamente wie Verapamil oder Diltiazem durch Hemmung des Sinusknotens die

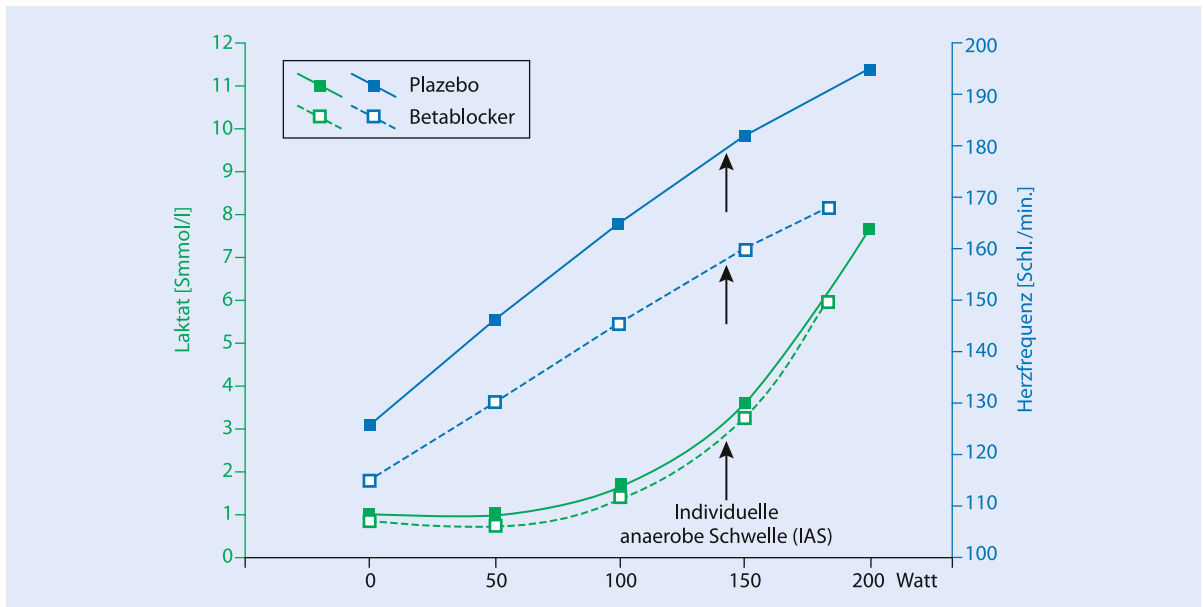


Abb. 3.15 Vergleich von Herzfrequenz- und Laktatkurven eines Stufentests bei Einnahme von Betablockern bzw. eines Placebos

Herzfrequenz bei submaximaler Belastung um 10–15/min senken.

Wichtig

Betablocker und Kalziumantagonisten beeinflussen nicht nur den Blutdruck, sondern auch die Herzfrequenz. Dies gilt es bei der Trainingsplanung (► Kap. 12) zu beachten.

Da in beiden Fällen allgemeine Herzfrequenzrichtwerte keinen Beitrag zur Trainingssteuerung bei Bluthochdruckpatienten leisten können, bietet sich besonders bei dieser Zielgruppe eine **Laktatdiagnostik** (Abb. 3.15) oder **Spiroergometrie** zur »Eichung« der Herzfrequenzkurve im submaximalen Bereich an (► Abschn. 11.2). Alternativ kann die individuelle maximale Herzfrequenz unter dem Einfluss der genannten Medikamente (negativ chronotrop: durch vermehrten Kalium-Ausstrom wird die Depolarisation verlangsamt, die Frequenz sinkt) unter ärztlicher Aufsicht bestimmt werden und dann Grundlage einer individuellen Trainingsempfehlung sein.

Wichtig

ACE-Hemmer und Angiotensin-II-Rezeptor-Antagonisten üben keinen Einfluss auf die Herzfrequenz aus und sind deshalb für sporttreibende Bluthochdruckpatienten die Medikamente der ersten Wahl.

Diuretika/Saluretika, die eine verstärkte Flüssigkeits- und Salzausscheidung bewirken, beeinflussen die körperliche Leistungsfähigkeit nicht, wenn es zu keinen stärkeren Elektrolytverlusten kommt und das Flüssigkeitsdefizit umgehend ausgeglichen wird. Durch den (verbotenen) Ein-

satz beim »Gewichtmachen« in einigen gewichtsklassenbezogenen Sportdisziplinen stehen sie aus gesundheitlichen Gründen auf der Dopingliste.

3.5.3 Diabetes mellitus

Formen

- Pathologische Glukosetoleranz (subklinischer oder latenter Diabetes)
- Typ-1-Diabetes (Zerstörung der insulinproduzierenden Betazellen der Bauchspeicheldrüse mit absolutem Insulinmangel, Häufigkeit 5%)
- Typ-2-Diabetes (erhöhter Insulinspiegel bei peripherer Insulinresistenz, Häufigkeit 95%).

Diagnostische Kriterien

- Nüchternblutzucker > 100 mg/dl (5,6 mmol/l) (abhängig von der Methodik)
- Oraler Glukosetoleranztest (oGTT ► Abschn. 4.2.1, 2-h-Wert > 140 mg/dl (7,8 mmol/l) latent, > 200 mg/dl (11,1 mmol) manifest, nach definierter Glukosemenge von 75 g)
- HbA_{1c} (an Zucker gebundener Teil des Hämoglobins) > 6% (► Abschn. 4.3.1).

Wichtig

Unter den kardiovaskulären Risikofaktoren hat der Diabetes mellitus den höchsten Einfluss (Penetranz). Für einen Diabetiker ist das Risiko des ersten Herzinfarkts so hoch wie für einen Patienten nach erlebtem Herzinfarkt das Risiko eines Re-Infarkts.

Therapeutisch lässt sich die gestörte Insulinresistenz durch Gewichtsreduktion, körperliches Training und Ernährungsumstellung auf langsam verdauliche Kohlenhydrate (niedriger glykämischer Index, ► Abschn. 4.2.1) und Fettmodifikation bessern. **Medikamentös** steht eine Vielzahl oral anwendbarer Substanzen zur Verfügung:

- Metformin (hemmt die Glukoneogenese in der Leber ohne Hypoglykämierisiko)
- Sulfonylharnstoffe (stimulieren die Insulinsekretion, Gefahr des Sekundärversagens, Hypoglykämierisiko)
- Neue Präparategruppen wie Glinide (kurzfristige Insulinstimulation) und DDP-4-Inhibitoren (mit hemmender Wirkung auf den Abbau von Magen-Darm-Hormonen wie Inkretin, Gliptine und Inkretin-Mimetika, geringes bis kein Hypoglykämierisiko)

Eine weitere Säule der medikamentösen Diabetesbehandlung bildet die Fülle von Insulinen mit unterschiedlichen Eigenschaften, vor allem hinsichtlich Wirkungsbeginn und -dauer.

3.5.4 Hyperlipoproteinämie

Bei den komplexen, überwiegend molekularen Mechanismen der Hyperlipoproteinämie (erhöhte Konzentration der Triglyzeride, des Cholesterins, sowie der Lipoproteine mit Verschiebung des relativen Anteils der LDL- bzw. der VLDL-Fraktion im Blut - ► Abschn. 4.3.1) steht die Interaktion der im Blut zirkulierenden Lipide mit den Gefäßwänden, die zu morphologischen Veränderungen und letztlich Ablagerungen und Verengungen führt, im Vordergrund.

Die bereits bei arterieller Hypertonie und Diabetes beschriebenen Lebensstilmodifikationen haben auch hier eindeutig nachweisbare therapeutische Wirkung: Sie beeinflussen qualitativ und quantitativ günstig die Lipidfraktionen und die Marker der Entzündung (Inflammation) bei Arteriosklerose. Sie senken auch harte klinische Endpunkte wie Herzinfarktrate und Todesfälle.

Medikamentös stehen derzeit (CSE-) **Hemmer der Cholesterinsyntheseenzyme** oder **Statine** als Standard im Vordergrund. Sie senken die Produktion des körpereigenen (endogenen) Cholesterins in der Leber, beeinflussen aber nicht die Aufnahme des Nahrungscholesterins (exogen). Sog. pleiotrope (auf viele Zellstrukturen ausgerichtete) Effekte der Statine auf Entzündungsprozesse der Gefäßwände sind sicher, aber noch Gegenstand aktueller Forschung.

Neue Untersuchungen konzentrieren sich auf das **Leberenzym PCSK9**, das an der Regulation des Cholesterinspiegels durch eine Verminderung der Cholesterinaufnahme in die Leber beteiligt ist, da es die LDL-Rezeptoren

abbaut. Personen mit einer mutationsbedingten Senkung des PCSK9 haben niedrigere LDL-Cholesterinwerte als Menschen ohne diese Mutation. Die Forschung arbeitet deshalb an der Entwicklung von Antikörpern, die in der Lage sind, PCSK9 zu senken (O. A. 2012).

Zusammenfassung

Die in ► Teil I beschriebenen Phänomene unserer modernen Zivilisation, Bewegungsmangel, Fehlernährung und Stress, stellen per se noch keine Krankheiten dar, sondern begünstigen lediglich stoffwechsel- und kreislaufbedingte Fehlregulationen. Blutzucker- und Blutdruckwerte geraten außer Kontrolle. Die biologisch sinnvolle Stressreaktion wird zum Daueralarm, weil die Entspannungskomponente fehlt. Risikofaktoren potenzieren sich zum metabolischen Syndrom. Biologische Gesetze bestimmen die Funktionen unabhängig davon, ob der Mensch Leistungssportler ist oder im Büro arbeitet. Erst wenn wir das biokybernetische System Mensch besser verstehen, können wir regulierend im Sinne einer Optimierung seiner Funktionen und damit einer besseren Gesundheit einwirken.

Literatur

- Alberti KG et al. (2009) Harmonizing the metabolic syndrome. A joint interim statement of the International Diabetes Federation Task Force on Epidemiology and Prevention; National Heart, Lung, and Blood Institute; American Heart Association; World Heart Federation; International Atherosclerosis Society; and International Association for the Study of Obesity. *Circulation* 120: 1640–1645
- Alberti KG et al. (2005): The metabolic syndrome—a new worldwide definition. *Lancet*. Sep 24-30;366(9491):1059-62
- Berg A, König D (2000) Oxidativer Stress und Sport. *Dtsch Z Sportmed* 5(51): 177 f
- Birbaumer N, Schmidt F (2006) *Biologische Psychologie*. Springer, Berlin Heidelberg
- <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19503593> doi: 10.1371/journal.pgen.1000488. Epub 2009 May 29 (Zugriff am 11.02.2014)
- Gabler Wirtschaftslexikon (ohne Jahr). Springer Gabler, Wiesbaden
- <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/56969/beanspruchung-und-belastung-v4.html> (Zugriff am 11.02.2014)
- Ganz Immun (Hrsg.) (2008) *Fachbroschüre FBR 0028 Stresshormone und Neurotransmitter*. Mainz
- Gotzen R, Lohmann FW (2005) *Hoher Blutdruck. Ein aktueller Ratgeber*. Steinkopff, Darmstadt
- Gröber U (2000) *Orthomolekulare Medizin. Ein Leitfaden für Apotheker und Ärzte*. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Kelley R, Ideker T (2009) Genome-wide fitness and expression profiling implicate Mga2 in adaptation to hydrogen peroxide. *PLoS Genet* 5(5) e1000488 doi: 10.1371/journal.pgen.1000488. Epub 2009 May 29; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19503593> (Zugriff am 11.02.2014)
- Kirkamm R et al. (2008) *Stresshormone und Neurotransmitter. Fachbroschüre FBR 0028, Ganz Immun – Labor für funktionelle Medizin*, Mainz

- Kostis JB et al. (2011) Association between chlorthalidone treatment of systolic hypertension and long-term survival: JAMA 306(23) 2588–2593. doi:10.1001/jama.2011.1821
- Maier G W (ohne Jahr) in Gabler Wirtschaftslexikon <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/56969/beanspruchung-und-belastung-v4.html> (Zugriff 07. Februar 2014)
- Menche N (2007) Biologie – Anatomie – Physiologie. Urban & Fischer, München
- Middeke MRF et al. (2000) Bluthochdruck senken ohne Medikamente. Thieme, Stuttgart
- Niess AM et al. (2002) Freie Radikale und oxidativer Stress bei körperlicher Belastung und Trainingsanpassung – Eine aktuelle Übersicht. Dtsch Z Sportmed 53(12) 345–353
- Niemitz C (2002) Stress: Alarm im Körper. Bibliographisches Institut & Brockhaus, Mannheim
- Pengcheng H et al. (2013) Physical activity and risk of hypertension: a meta-analysis of prospective cohort studies. Hypertension, publiziert am: 07.10. Autor: Peter Overbeck Quelle: springermedizin.de (Zugriff 30. September 2013)
- Rost R (2005) Sport- und Bewegungstherapie bei Inneren Krankheiten. Lehrbuch für Sportlehrer, Übungsleiter, Physiotherapeuten und Sportmediziner. Deutscher Ärzte Verlag, Köln
- Schmidt RF et al. (2005) Physiologie des Menschen mit Pathophysiologie. Springer, Berlin Heidelberg
- Selye H (1956) The stress of life. McGraw-Hill, New York
- Stefan N et al. (2008) Identification and characterization of metabolically benign obesity in humans. Arch Intern Med 168(15) 1609–1616
- Thomas L (2005) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik. TH-Books, Frankfurt
- Universität Leipzig (2011) Pressemitteilung 2011/167 vom 14.06.
- O.A. (2008 a) Ärzte Zeitung <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/herzkreislauf/fettstoffwechsel-stoerungen/article/811635/antikoerper-senkt-ldl-cholesterin.html> (Zugriff 11. Februar 2014)
- O.A. (2008 b) Ärzte Zeitung <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/herzkreislauf/herzinfarkt/article/523143/test-fetuin-a-standard-labortest.html> (Zugriff 11. Februar 2014)
- O. A. (2012) Ärzte Zeitung <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/herzkreislauf/fettstoffwechsel-stoerungen/article/811635/antikoerper-senkt-ldl-cholesterin.html> (Zugriff 11. Februar 2014)

Anamnese und Diagnostik – Informationen für eine erfolgreiche Strategie

Bernd Gimbel

4.1 Selbsttests als Motivationsfaktor – 53

- 4.1.1 Chronologisches vs. biologisches Alter – 53
- 4.1.2 Messung des Bauchumfangs – 53
- 4.1.3 Waist-to-Hip-Ratio und Waist-to-Height-Ratio – 53
- 4.1.4 Körpergewicht, Body-Mass-Index – 55
- 4.1.5 Pulsmessungen – 56
- 4.1.6 Blutdruckmessungen – 56
- 4.1.7 Bestimmung des persönlichen Infarktrisikos – 56

4.2 Medizinische Diagnostik – 58

- 4.2.1 Herz-Kreislauf- und Stoffwechseldiagnostik – 58
- 4.2.2 Krebsfrüherkennung – 60

4.3 Laboruntersuchungen – Risiko- und Schutzfaktoren – 62

4.4 Körpergewebeanalyse – 70

Literatur – 73

Die Themen Gesundheit und Prävention sind in hohem Maße medizinisch geprägt. Deshalb ist bei der Arbeit als Trainer eine interdisziplinäre Zusammenarbeit mit Medizinern unterschiedlicher Fachgebiete empfehlenswert.

Die Medizin hat ihr eigenes Vorgehen im Umgang mit Patienten entwickelt. Im Rahmen eines Arztgesprächs wird eine umfangreiche Anamnese erhoben, bevor dann im nächsten Schritt die diagnostischen Untersuchungen beginnen. Auch jeder Trainer sollte zu Beginn seiner Arbeit mit einem neuen Kunden relevante Informationen sammeln, um seine **Körpermanagement-Strategie (Analyse, Planung, Realisation, Kontrolle)** persönlich auf ihn abstimmen zu können (► Abschn. 2.1).

■ Anamnese

Die Analyse beginnt mit einer systematischen Bestandsaufnahme (Anamnese). Der als Onlinematerial zum Download zur Verfügung stehende Anamnesebogen (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>) beinhaltet Fragen

- nach persönlichen, familiären, gesundheitlichen und sportlichen Daten,
- ob familiäre, genetische Dispositionen für mögliche Erkrankungen vorliegen,
- ob Bewegungsaktivitäten durchgeführt werden,
- ob die körperliche Leistungsfähigkeit durch Beschwerden und Krankheiten eingeschränkt ist,
- ob Medikamente oder andere Faktoren die Belastbarkeit beeinträchtigen,
- wie das subjektive Wohlbefinden eingeschätzt wird und
- welche Sportdisziplinen in welchem Umfang und welcher Intensität bei welcher Häufigkeit früher durchgeführt wurden oder noch betrieben werden.

Abschließend sollte die Anamnese eine **Einverständniserklärung** zu der sich anschließenden Diagnostik sowie dem zukünftigen Training mit persönlicher Unterschrift enthalten. Am sichersten ist es, sich als Trainer dazu einen rechtlichen Beistand als Berater zu engagieren.

■ Diagnostik

Nach der Anamnese gilt es, aus der Vielzahl möglicher **Gesundheits- und leistungsdiagnostischer Verfahren** (► Kap. 7 und ► Kap. 11) kundenspezifisch die geeigneten auszuwählen.

Diagnostik (gr. *diagnosis*, unterscheiden, erkennen) dient dazu,

- Personen, Ereignisse und Sachverhalte mit qualitativen und quantitativen Kenngrößen zu beschreiben,
- die Bedingungen und Ursachen, die zu diesen Zustandsbildern geführt haben, zu finden und zu erklären sowie

- für die Zukunft aus diesen Ursachen die Folgen (Prognosen) abzuleiten.

Der **komplexe (leistungs)diagnostische Prozess** umfasst verschiedene Phasen: Vorab sind die Analyse- und Ausgangsbedingungen zu klären. Anschließend sind aus der Vielzahl diagnostischer Verfahren diejenige herauszusuchen, die geeignet sind, den Kunden beim Erreichen seiner Ziele zu unterstützen (**Konstruktion diagnostischer Verfahren**). Danach gilt es, die ausgewählten Verfahren in der Praxis anzuwenden (**diagnostische Situation**). Am Ende müssen dem Kunden die Testergebnisse erklärt werden, bevor der Trainer sie abschließend als Basisinformation zur Trainingsplanung nutzt (Bös u. Feldmeier 1992, S. 54).

■ Gütekriterien

Bei der Auswahl und Durchführung diagnostischer Verfahren ist auf die wissenschaftlichen Gütekriterien zu achten:

- **Objektivität** ist der Grad der Unabhängigkeit von Testergebnissen gegenüber störender Beeinflussung des Testleiters, des Auswertenden und des Beurteilers. Objektive wissenschaftliche Versuchsergebnisse kommen unabhängig von den räumlichen Testbedingungen und Versuchsleitern zu denselben Ergebnissen.
- **Reliabilität** ist der Grad der Zuverlässigkeit, mit der ein bestimmtes Ergebnis erhoben wird. Reliable wissenschaftliche Ergebnisse sind frei von Zufallsfehlern, d. h., bei Wiederholung eines Experiments würde unter gleichen Rahmenbedingungen das gleiche Messergebnis erzielt.
- **Validität** ist der Grad der Genauigkeit, mit der ein Test einen Parameter, der gemessen werden soll, auch tatsächlich misst (wenn z. B. Herzfrequenzmessungen per Hand, per Ohrsensor, per Brustband, per EKG zu verschiedenen Ergebnissen führen, sind sie nicht valide).

Daneben sind die Nebengütekriterien **Ökonomie, Praktikabilität und Nützlichkeit** zu beachten. Die Diagnostik sollte demnach einen möglichst angemessenen Mess- und Auswertungsaufwand aufweisen. Darüber hinaus müssen Testverfahren hinsichtlich ihrer Rahmenbedingungen und der zur Verfügung stehenden personellen und materiellen Ressourcen umsetzbar sein.

➤ Wichtig

Alle Ergebnisse sollen möglichst konkrete Aussagen über den aktuellen Gesundheitszustand und die Leistungsfähigkeit der Testperson liefern.

Im Mittelpunkt der Analysen stehen Daten des Herzkreislauf-Systems und des Stoffwechsels (► Teil IV), des Bewegungsapparats (► Teil III) sowie der Ernährungsgewohnheiten (► Teil V) des Kunden.

Jedem, der längere Zeit bewegungsabstinente lebte oder zu den Einsteigern in Bewegungsaktivitäten zählt und das 35. Lebensjahr überschritten hat, ist zu seiner Sicherheit zu raten, die **Diagnostik als (sport)medizinische Untersuchung** (► Abschn. 4.2) durchzuführen (Berkalk 2007).

4.1 Selbsttests als Motivationsfaktor

Damit Menschen beginnen, sich mit ihrem Körper zu beschäftigen, bieten sich zum Einstieg in den Körpermanagement-Prozess einfache Testverfahren an, die Kunden weitgehend selbstständig durchführen können. Welche Hinweise kann der Trainer geben, um seine Kunden zu motivieren?

Beim Blick in den Spiegel entsteht bei Menschen manchmal der Eindruck, ihr gefühltes Alter entspräche nicht ihrem Spiegelbild oder den Angaben im Personalausweis. Trainer hören dann die Frage ihrer Kunden: Wie fit bin ich eigentlich wirklich?

4.1.1 Chronologisches vs. biologisches Alter

Tatsächlich gilt es zwischen dem chronologischen Alter laut Geburtsdatum und dem physiologischen (biologischen) Alter, das den derzeitigen realen Zustand und die Leistungsfähigkeit des Organismus auf der Grundlage von Genetik und Lebenswandel beschreibt, zu unterscheiden.

Um das biologische Alter zu ermitteln, bedarf es normalerweise umfangreicher Untersuchungen. Bamberger (2006, S. 248ff) hat dazu einen Fragebogen erstellt (► Abb. 4.1). Dieser Test bezieht sich auf verschiedene Parameter, die alle einen wissenschaftlich nachgewiesenen Einfluss auf die Gesundheit und Lebenserwartung haben. Der komplexe Test ist allerdings selbst nicht evaluiert. Er liefert dennoch einen Anhaltspunkt zur Selbsteinschätzung und soll dem Kunden Motivation bieten, dem Thema die Beachtung zu widmen, die ihm gebührt.

Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, sind alle Fragen nach bestem Wissen und Gewissen zu beantworten. Pro Frage ist nur eine Antwort zulässig. Jetzt werden alle Punkte summiert und die Gesamtpunktzahl in diese Formel eingesetzt:

$$\text{Biologisches Alter} = (\text{Gesamtpunktzahl} - 20) \times \text{Lebensalter} \times 0,01 + \text{Lebensalter}.$$

Wer zusätzlich wissen möchte, wie viele Jahre er vermutlich bei Fortsetzung seines momentanen Lebenswandels noch vor sich haben wird, kann dies mit der nächsten Formel erfahren (falls bereits Krankheiten diagnostiziert wur-

den, die zu einer Verkürzung des Lebens führen können, sind keine aussagekräftigen Ergebnisse zu erwarten):

$$\text{Lebenserwartung} = 0,8 \times \text{Gesamtpunktzahl} + 96.$$

Da der Test auf reiner Statistik beruht und natürlich keine »Hellscherqualität« besitzen kann, bleiben unvorhersehbare Ereignisse ebenso unberücksichtigt wie das genetische Potenzial der Testperson.

4.1.2 Messung des Bauchumfangs

Eine weitere einfache Möglichkeit zur Selbstdiagnostik ist die Messung des Bauchumfangs, der mit der Fettmasse zwischen den Bauchorganen (viszerale Fett) korreliert (► Abschn. 3.5).

► Wichtig

Die National Institutes of Health in den USA sowie die Deutsche Adipositas Gesellschaft und andere Institutionen empfehlen maximale Bauchumfänge bei Frauen von 80 bzw. 88 cm und bei Männern von 94 bzw. 102 cm.

In Deutschland gelten nach der Adipositas-Leitlinie von 2007 bereits Werte ab 80 cm bei Frauen und 94 cm bei Männern als erhöhtes Risiko, höhere Werte werden als deutlich erhöhter Risikofaktor betrachtet. Die Interpretation der Werte sollte immer im Kontext der Angaben im Anamnesebogen erfolgen.

Die Messung findet morgens vor dem Frühstück unbedeutet im Stehen statt. Sie erfolgt nach normalem Ausatmen direkt auf der Haut zwischen dem untersten Rippenbogen und dem Hüftknochen (Bauchnabelhöhe). Die Messung wird einmal pro Woche immer zum selben Zeitpunkt durchgeführt und das Ergebnis notiert (o. A. 2010a). Manchmal ist ein Foto zur Dokumentation des Istzustands hilfreich.

4.1.3 Waist-to-Hip-Ratio und Waist-to-Height-Ratio

Da gerade das Maßband zur Hand ist, bietet sich noch die Messung des Hüftumfangs an seiner dicksten Stelle an. Aus beiden Messwerten lassen sich bestimmen:

- Verhältnis von Taille- zu Hüftumfang (Waist-to-Hip-Ratio, WHR; ► Tab. 4.1)
- Verhältnis aus Taillenumfang und Körpergröße (Waist-to-Height-Ratio, WHtR)

Fragen	Wertung	Ihre Punkte
Ihr Geschlecht?	weiblich = 0 Punkte männlich = 5 Punkte	
Wie viele Portionen Obst und Gemüse essen Sie durchschnittlich am Tag?	unter 1 = 2,5 Punkte 1 = 1 Punkt 2–4 = 0,5 Punkte 5 oder mehr = 0 Punkte	
Wie oft essen Sie Fisch?	selten oder nie = 1 Punkt 1 x pro Woche = 0,5 Punkte 2 x pro Woche oder häufiger = 0 Punkte	
Wie oft essen Sie eine Fleischmahlzeit?	max. 2 x pro Woche = 0 Punkte 3–5 Punkte pro Woche = 0,5 Punkte mehr als 5 x pro Woche = 1 Punkt	
Wie oft essen Sie Fleisch und Wurstwaren als Aufschnitt	nur ausnahmsweise = 0 Punkte regelmäßig = 0,5 Punkte	
Wie oft bewegen Sie sich mindestens 30 Minuten lang (leichtes Ausdauertraining wie Joggen, Walken, Schwimmen, Fahrradfahren, aber auch zügiges Spaziergehen)?	nie = 3 Punkte gelegentlich (unter 1 x pro Woche) = 2,5 Punkte 1–3 x pro Woche = 1 Punkt 3–7 x pro Woche = 0 Punkte Leistungssport = 1 Punkt	
Rauchen Sie?	nein = 0 Punkte 0–1 pro Tag = 0,5 Punkte 2–20 pro Tag = 2 Punkte über 20 pro Tag = 3 Punkte	
Wie viele »pack years« haben Sie insgesamt in Ihrem Leben geraucht (1 pack year = 1 Jahr lang 1 Schachtel pro Tag oder 1/2 Jahr lang zwei Schachteln pro Tag oder 2 Jahre lang 1/2 Schachtel pro Tag usw.)?	unter 1 pack year = 0 Punkte 1–10 pack years = 1 Punkt über 10 pack years = 2 Punkte	
Wie viele »Drinks« trinken Sie durchschnittlich pro Tag (1 Drink = 1 Flasche Bier oder 1 Glas Wein)?	0–1 = 0 Punkte 2–3 = 1 Punkt mehr als 3 = 2 Punkte	
Wie ist ihr Blutdruck?	unter 120/80 = 0 Punkte zwischen 120/80 und 140/90 = 1 Punkt mehrmals über 140/90 = 1,5 Punkte erhöht (ich nehme Medikamente) = 2 Punkte weiß ich nicht = 1 Punkt	
Wie ist Ihr Body Mass Index (BMI = Körpergewicht in kg geteilt durch (Körpergröße in m) ²)?	unter 18 = 1 Punkt 18–25 = 0 Punkte 25–27 = 0,5 Punkt 27–30 = 1 Punkt über 30 = 1,5 Punkte	
Wie ist Ihre »Waist-to-hip-Ratio«? (Taillenumfang geteilt durch Hüftumfang)	für Frauen: unter 0,85 = 0 Punkte 0,85–1 = 1 Punkt über 1 = 1,5 Punkte für Männer: unter 1 = 0 Punkte 1–1,2 = 1 Punkt über 1,2 = 1,5 Punkte	
Wie ist Ihr Cholesterinwert?	unter 200 = 0 Punkte 200–250 = 0,5 Punkte über 250 = 1 Punkt weiß ich nicht = 0,5 Punkte	

■ Abb. 4.1 Selbsttest zur Bestimmung des biologischen Alters. (Mod. nach Bamberger 2006, mit freundl. Genehmigung)

Fragen	Wertung	Ihre Punkte
Gab es bei Verwandten 1. Grades (Eltern oder Geschwister) Fälle von Herzinfarkt, Schlaganfall oder Krebs, die vor dem 60. Lebensjahr auftraten?	nein = 0 Punkte 1 Fall = 1 Punkt mehr als 1 Fall = 2 Punkte	
Gehen Sie zu den angebotenen Vorsorgeuntersuchungen (Gynäkologe, Prostata, Darmkrebs)?	nie = 2 Punkte unregelmäßig = 1 Punkt regelmäßig = 0 Punkte	
Haben Sie Tätigkeiten und Projekte, die Sie wirklich interessieren (beruflich oder als Hobby)?	nein = 1 Punkt mitunter = 0,5 Punkte immer = 0 Punkte	
Wie viele Menschen stehen Ihnen wirklich nahe?	keiner = 2 Punkte 1 = 1 Punkt 2–3 = 0,5 Punkte 4 oder mehr = 0 Punkte	
Sind sie mit Ihrem Sexualleben zufrieden?	eher ja = 0 Punkte geht so = 0,5 Punkte eher nein = 1 Punkt	
Wie schlafen Sie?	gut = 0 Punkte mittelmäßig = 0,5 Punkte schlecht = 1 Punkt	
Würden Sie sich insgesamt als glücklichen Menschen bezeichnen?	ja = 0 Punkte eher ja = 0,5 Punkte eher nein = 1,5 Punkte nein = 2 Punkte	
Gesamtpunktzahl		

Abb. 4.1 (Fortsetzung)

Tab. 4.1 Interpretation des Waist-to-Hip-Ratio (WHR; Berbalk et al. 2007)

	Frauen	Männer
Normalgewicht	< 0,8	< 0,9
Übergewicht	0,8–0,84	0,9–0,99
Adipositas	> 0,85	> 1,0

➤ **Wichtig**
Der Quotient aus Taillen- (Bauch-) und Hüftumfang (WHR) sollte bei Männern kleiner als 0,9 und bei Frauen kleiner als 0,8 sein.

Der WHtR ist am besten zur Eigendiagnostik geeignet, da er wegen der **Einbeziehung der Körperlänge** die Verteilung der Körpermasse berücksichtigt und außerdem am besten das Risiko für einen Herzinfarkt oder einen Schlaganfall abbildet (Schneider et al. 2010). Er wird folgendermaßen berechnet:

$$\text{WHtR} = \text{Taillenumfang (in cm)} / \text{Körperlänge (in cm)}$$

Bei Unkenntnis der Körpergröße kann der Trainer hilfreich unterstützen. Während sich die Testperson barfuß aufrecht mit Kontakt der Fersen, des Gesäßes und des Hinterkopfes an einen Türpfosten stellt, hält er ein Buch waagrecht auf den Kopf seines Kunden, markiert die Buchunterseite an der Tür und misst anschließend den Abstand zwischen Boden und Markierung.

➤ **Wichtig**
Bis 40 Jahren ist ein WHtR-Wert über 0,5 kritisch. Im Alter zwischen 40 und 50 Jahren liegt die Grenze zwischen 0,5 und 0,6 und bei Personen über 50 Jahren bei 0,6.

Wie in ▶ Abschn. 3.5.1 erwähnt, ist bauchbetontes Übergewicht (Apfeltyp) ein wichtiger Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Sitzt das Körperfett mehr im Hüftbereich (Birnentyp) stellt dies eher ein ästhetisches denn als gesundheitliches Problem dar.

4.1.4 Körpergewicht, Body-Mass-Index

Die meistverbreitete Methode der Eigendiagnostik ist das Wiegen und Notieren des aktuellen Körpergewichts. Über

die Parameter Körpergröße und Gewicht lassen sich der Broca- und der Body-Mass-Index (BMI) bestimmen.

Auf eine ausführliche Beschreibung des früher häufig verwendeten Broca-Index zur Bestimmung des Normal- und Idealgewichts, der sich mancherorts noch immer großer Beliebtheit erfreut, wird an dieser Stelle verzichtet. Er wurde bereits Ende der 1980er Jahre heftig kritisiert, weil er eingeschränkt nur bei Männern im unteren bis mittleren Körperhöhenbereich eine Aussage zulässt (Knusmann, zit. in Raschka 2006).

Der Körpermasseindex oder **Body-Mass-Index (BMI)** wird bestimmt nach der Formel:

$$\text{BMI} = \text{Körpergewicht (kg)} / \text{Körperlänge (m)}^2.$$

Das Ergebnis führt zur folgenden Einteilung (Raschka 2006, S. 78):

Gewichtskategorie	BMI (kg/m ²)
Untergewicht	< 18,5
Normgewicht	18,5–24,9
Leichtes Übergewicht	25,0–27,4
Deutliches Übergewicht	27,5–29,9
Adipositas Grad 1	30,0–34,9
Adipositas Grad 2	35,0–39,9
Adipositas Grad 3	≥ 40,0

Auch der **BMI** ist nur **einschränkend aussagekräftig**, da sich das Körpergewicht aus Fett- und fettfreier Masse zusammensetzt. Da Muskulatur schwerer ist als Fett, ist die Aussagekraft des BMI für muskulöse Menschen begrenzt. Um genauere Ergebnisse zu erhalten, wird die Durchführung einer Körpergewebeanalyse empfohlen (► Abschn. 4.4).

4.1.5 Pulsmessungen

Eine weitere Selbstdiagnosemöglichkeit ist die Messung des Morgenpulses. Er wird vor dem Aufstehen liegend im Bett, entweder auf der Daumenseite des linken Handgelenks (Radialispuls) oder an der Schlagader seitlich am Hals (Karotispuls), mit den mittleren drei Fingern 15 s lang gemessen. Die Zahl der Pulse mal 4 ergibt die Herzfrequenz pro Minute im Ruhezustand. Der Wert liegt normalerweise zwischen 60 und 80 Schlägen pro Minute. Genauere Ergebnisse liefern elektronische Herzfrequenzmesser.

Bei regelmäßiger Messung ist durch gezieltes Training aufgrund der Anpassungsprozesse des Stoffwechsels, Herz-Kreislauf- und Atmungssystems ein Absinken des Wertes zu erwarten (► Teil V). So kann jeder Kunde Trainingserfolge selbstständig kontrollieren und zur Unterstützung seiner Motivation nutzen. Ein Ansteigen des Ruhepulses kann dagegen auf falsches Training, Stress oder

■ **Tab. 4.2** ESH-/ESC-Richtlinien (2013) zur Blutdruckklassifikation

Wertung	Systolisch (mmHg)	Diastolisch (mmHg)
Optimal	< 120	< 80
Normal	< 130	< 85
Noch normal	130–139	85–89
Hypertonie		
– Grad 1	140–159	90–99
– Grad 2	160–179	100–109
– Grad 3	> 180	> 110

Krankheitsfaktoren im Körper hinweisen. Bei längerfristig höheren Werten über 80/min ist die Konsultation eines Arztes empfehlenswert.

4.1.6 Blutdruckmessungen

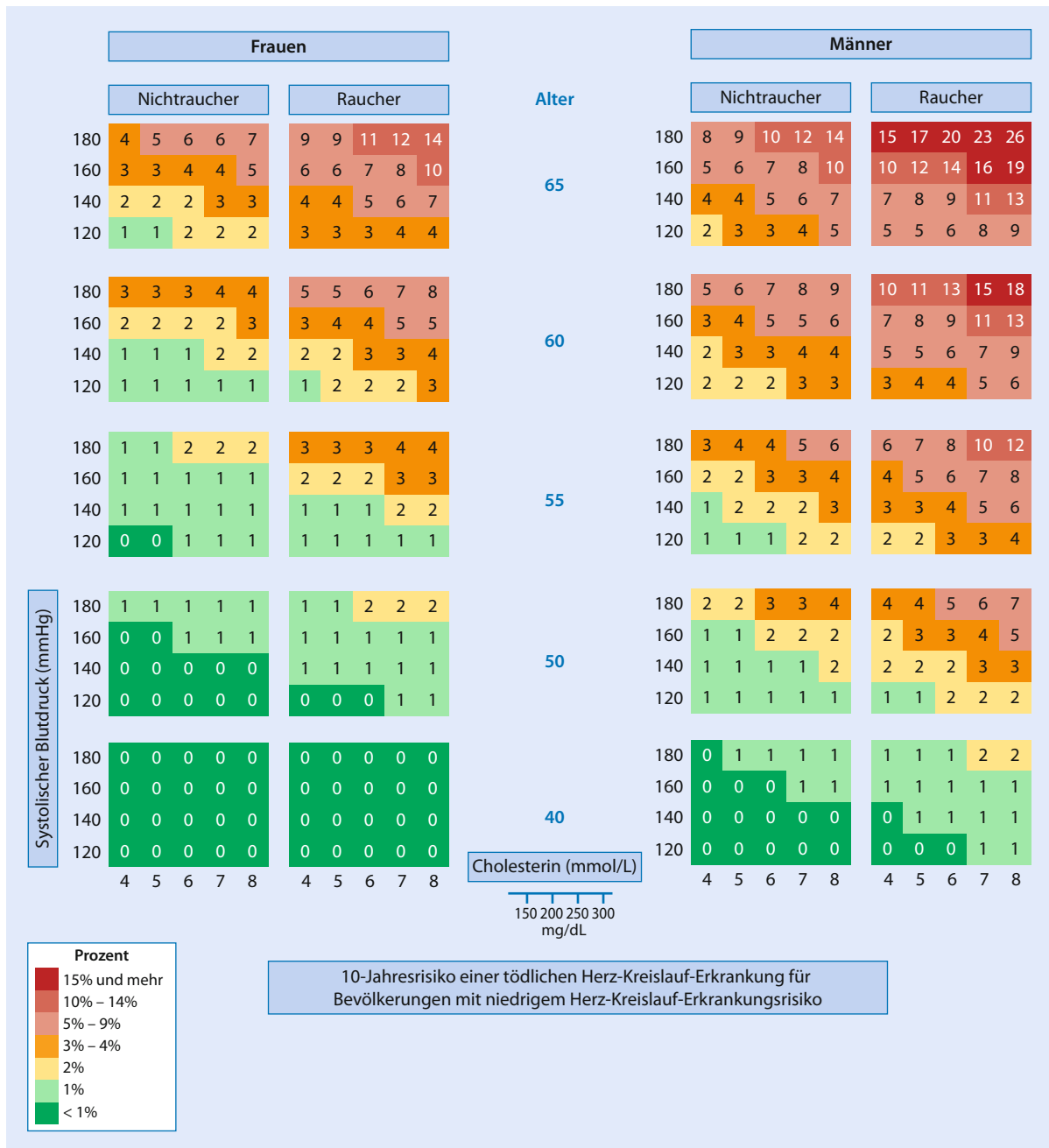
Von besonderer Bedeutung ist eine **regelmäßige Kontrolle** des Blutdrucks. Laut WHO-Definition gelten Werte bei Frauen < 100/60 mmHg und bei Männern < 110/70 mmHg als Hypotonie (Blutdruck unterhalb der definierten Grenze). Hypotonie hat keine gesundheitlichen Folgen, kann aber mit Schwindelgefühlen, Müdigkeit und kalten Füßen oder Händen einhergehen.

Da der **Blutdruck sehr situationsabhängig** ist, empfiehlt es sich täglich, bei Werten über 130/85 mmHg mehrmals täglich zu kontrollieren. Dazu existieren im Handel zahlreiche elektronische Messgeräte. Die Werte zur Beurteilung des Blutdrucks sind in ■ Tab. 4.2 dargestellt. Auf Dauer höhere Blutdruckwerte als 140 mmHg systolisch und/oder 90 mmHg diastolisch gehören unter allen Umständen medizinisch abgeklärt und bei Bedarf behandelt (► Abschn. 3.5.2). Eine konsequente Blutdrucksenkung von Hypertonikern kann sich lebensverlängernd auswirken (Kostis 2011).

➤ **Wichtig**
Die Blutdruckmessung sollte im Ruhezustand den Wert 140/90 mmHg keinesfalls längerfristig überschreiten. Ansonsten ist Handlungsbedarf geboten und ein Arzt zu konsultieren.

4.1.7 Bestimmung des persönlichen Infarkttrisikos

Da nun wichtige Daten zur Verfügung stehen, lassen sich einige davon verwenden, um das individuelle Risiko tödli-



■ **Abb. 4.2** Bestimmung des Herzinfarktrisikos nach ESC-Richtlinie. (© European Society of Cardiology, mit freundl. Genehmigung)

cher Herz-Kreislauf-Ereignisse (Herzinfarkt, Schlaganfall) statistisch zu bestimmen. Zu beachten ist, dass die Gesamtereignisrate (inklusive nichttödlicher Ereignisse) bis zu dreimal höher liegt. Bei Kenntnis der Datenlage ist es unter Umständen einfacher, eingefahrene Verhaltensweisen der Kunden frühzeitig zu beeinflussen (Keil et al. 2005).

Für diese Berechnungen werden die Blutdruck- und Cholesterinwerte benötigt (Gesamtcholesterin und für die

Online-Version HDL-Cholesterin). Stehen keine aktuellen Daten zur Verfügung, dann könnte dies ein Anreiz sein, die Blutwerte neu bestimmen zu lassen.

■ **Abb. 4.2** basiert auf Daten der European Society of Cardiology (ESC), die auch von der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie übernommen wurden. Die Werte sind für Deutschland gültig, das von der ESC den Ländern mit geringem Risiko zugeordnet wird (Perk et al. 2012).

Zur Bestimmung des individuellen Risikos ist zunächst das zutreffende farbige Rechteck nach Geschlecht (links Frauen, rechts Männer), Raucherstatus (Nichtraucher: linke Spalte unter dem Geschlecht; Raucher: rechte Spalte unter dem Geschlecht) und Altersgruppe (zwischen den Geschlechtern von oben 65 bis unten 40 Jahre) auszuwählen. Danach ist die Zeile des aktuellen Blutdrucks auszuwählen, bevor abschließend in der entsprechenden Spalte des momentan gültigen Gesamtcholesterinwerts das Risiko, ein tödliches kardiovaskuläres Ereignis (Herzinfarkt oder Schlaganfall) innerhalb von 10 Jahren zu erleiden, abgelesen werden kann.

In **Abb. 4.2** wird der Gesamtcholesterinwerte (Total Cholesterol) mit der international gängigen SI-Einheit (4–8 mmol/l) angegeben. Die in Deutschland gebräuchlichen Angaben (in mg/dl) sind unter den Charts von 150–300 mg/dl zu finden. Dabei entsprechen

- 4 mmol/l = 155 mg/dl
- 5 mmol/l = 193 mg/dl
- 6 mmol/l = 232 mg/dl
- 7 mmol/l = 271 mg/dl
- 8 mmol/l = 309 mg/dl

Beispiel: Ein männlicher Raucher mit 50 Jahren hat bei einem systolischen Blutdruck von 140 mmHg und einem Gesamtcholesterinwert von 7 mmol/l (271 mg/dl) ein dreifach erhöhtes Risiko. Als Nichtraucher dagegen wäre sein Risiko nur einfach erhöht.

Als Trainer lässt sich dem Kunden auf diese Weise anschaulich darstellen, wie hoch sein momentanes Risiko ist, ein tödliches kardiovaskuläres Ereignis (Herzinfarkt oder Schlaganfall) innerhalb von 10 Jahren zu erleiden, und welche Risikoreduktion er durch Beeinflussung der unterschiedlichen Variablen (Blutdruck, Cholesterin, Rauchen) erreichen kann.

Neben diesem Chart besteht auch die Möglichkeit, das Risiko von Kunden, sogar unter Einbeziehung des HDL-Cholesterins, online zu bestimmen (► <https://www.escol.escardio.org/heartscore/calc.aspx?model=eupelow>).

4.2 Medizinische Diagnostik

Die Selbstdiagnose kann nur als Einstieg dienen und ersetzt keinesfalls eine fachlich fundierte Diagnostik von Experten. Wenn Autos in regelmäßigen Abständen zum technischen Check-up müssen, dann sollten wir Menschen erst recht regelmäßig alle 2–3 Jahre »zum TÜV gehen«, auch wenn wir gesund und unter 35 Jahren sind. Darüber hinaus und bei Menschen mit mehr als einem Risikofaktor sollte jährlich bis alle 2 Jahre eine derartige Präventionsuntersuchung stattfinden (Berkalk et al. 2007).

Wichtig

Da es um Gesundheit und Prävention geht, ist der Mediziner der erste Ansprechpartner.

Der Arzt weiß am besten, welche Diagnostikverfahren die geeignetsten sind. Dennoch sollte auch jeder Trainer, um seine Kunden gut beraten zu können, Grundkenntnisse über die medizinische Diagnostik besitzen. Immerhin ist es zu seiner eigenen Sicherheit, beim Einstieg oder Wiedereinstieg seiner Kunden ins Training medizinisch abklären zu lassen, ob für seine Trainingsmaßnahmen eine uneingeschränkte Belastbarkeit besteht und bedenkenlos alle Maßnahmen zum Erreichen der Ziele seiner Kunden durchführbar sind.

Die medizinische Diagnostik beginnt mit einem Arztgespräch. Es folgen eine Sozialanamnese (Familie, Beruf), eine Gesundheitsanamnese und eine allgemeine Untersuchung.

4.2.1 Herz-Kreislauf- und Stoffwechsel-diagnostik

Eine wichtige Diagnostikmethode ist das Elektrokardiogramm (**EKG**), das im Ruhezustand, oft auch als Belastungs-EKG, durchgeführt wird. Die Entscheidung darüber trifft der Arzt je nach medizinischer Sachlage. Die Messungen geben Auskunft über die elektrischen Vorgänge bei der Erregungsausbreitung im Herzmuskel.

Bei Bedarf prüfen **Ultraschalluntersuchungen** die Funktionsfähigkeit des Herzmuskels und der Herzklappen. Eine »Beschallung« der Halsschlagader und die Messung der Innenhaut-Wanddicken (Tunica intima und media) kann feststellen, ob Verdickungen durch Ablagerungen im Sinne arteriosklerotischer Frühformen vorliegen. Im diesem Falle ist es ratsam zu kontrollieren, ob sich diese auch in anderen Teilen des Organismus (z. B. den Herzkranzgefäßen) ausgebreitet haben.

Nach der Feststellung von Risikofaktoren und Einschätzung des individuellen Risikos stehen zur weiteren Abklärung eine **Computertomographie** des Herzens oder eine Herzkatheteruntersuchung zur Verfügung. Bei sehr hohem Risiko oder pathologischem Ergebnis der bisherigen nicht-invasiven Diagnostik (z. B. Belastungs-EKG) sollte wegen der in gleicher Sitzung gegebenen therapeutischen Möglichkeiten ein Herzkatheter bevorzugt werden.

Bei der minimal-invasiv durchgeführten **Herzkatheteruntersuchung** wird ein Katheter über die Arterie aus der Leiste oder vom Handgelenk in die Herzkranzgefäße geführt. Über Kontrastmitteleinspritzungen und Röntgendurchleuchtung lässt sich feststellen, ob, und wenn ja, an welchen Stellen sich Ablagerungen befinden und ob diese Verengungen (Stenosen) bilden. Die Untersuchung ist we-

Tab. 4.3 Agatston-Score-Klassifikation (Quelle: Rumberger et al. 2001)

Score	Koronarkalzifikation
0	Keine
> 0–10	Minimal
> 10–100	Leicht
> 100–400	Mäßig
> 400	Schwer

gen der Gefäßpunktion und des Einsatzes von Kontrastmittel nicht risikolos (< 1%), bietet aber ggf. die Option der sofortigen Therapie durch Ballonkatheterdilatation (Aufdehnung) und Einpflanzung einer Gefäßstütze (Stent-Implantation).

Als Alternative bietet sich der **Kalziumscore (Agatston-Score)** an (Tab. 4.3). Dabei handelt es sich um eine kontrastmittelfreie Computertomografie zur quantitativen Bestimmung des koronaren Kalziumgehalts. Das Ergebnis ermittelt einen Wert, über den das Herzinfarktrisiko abgeschätzt werden kann. Grundlage der Beurteilung sind Nomogramme, die durch Untersuchungen großer Patientenkollektive zustande kamen. Beim Überschreiten der altersbezogenen kritischen Werte sind entsprechende Therapiemaßnahmen einzuleiten. Als wichtiger Schwellenwert gilt ein Kalziumscore von 160. Oberhalb dieses Wertes ist das Risiko eines Koronareignisses etwa 16-fach erhöht (Arad et al. 2000, S. 1253 ff).

Da der Kalziumscore keine Aussage über die Verteilung des Kalziums in den Koronararterien zulässt, bietet sich zur Abklärung als nächster Schritt eine CT-Angiografie der Koronargefäße an. Dabei wird jodhaltiges Kontrastmittel über die Armvene in den Körper gespritzt. Auf diese Weise lässt sich die gesamte Gefäßkonturierung einschließlich möglicher weicher Plaques darstellen. Liegen Stenosen vor, so ist medizinisch zu entscheiden, ob sie dilatiert oder sogar mit einem Stent gestützt werden müssen. Der CT-Angiografie der Koronargefäße wird nach Einschätzung von Experten aber nur eine Nischenindikation bei Patienten mit intermediärem (mittlerem) KHK-Risiko zugesprochen (Einecke 2012).

Aufgrund der steigenden Zahl von Übergewichtigen und zukünftigen Diabetikern könnte bei manchen Kunden ein Test zur Früherkennung eines Diabetes mellitus sinnvoll sein. Über den **oralen Glukosetoleranztest (oGTT)** wird die Regulation des Blutzuckerspiegels (Abschn. 3.2.1) gemessen und festgestellt, in welcher Zeit der Transport von Traubenzucker durch das bereitgestellte Insulin in die Zellen erfolgt, um dort gespeichert zu werden (Tab. 4.4)

Tab. 4.4 Bewertung des Ergebnisses eines oralen Glukosetoleranztests

Befund	Nüchtern	Nach 120 min
Normalbefund	< 100 mg/dl	< 140 mg/dl
	< 5,6 mmol/l	< 7,8 mmol/l
Gestörte Glukosetoleranz	100–125 mg/dl	140–199 mg/dl
	5,6–6,9 mmol/l	7,8–11,0 mmol/l
Diabetes mellitus	> 125 mg/dl	> 199 mg/dl
	> 6,9 mmol/l	> 11,0 mmol/l

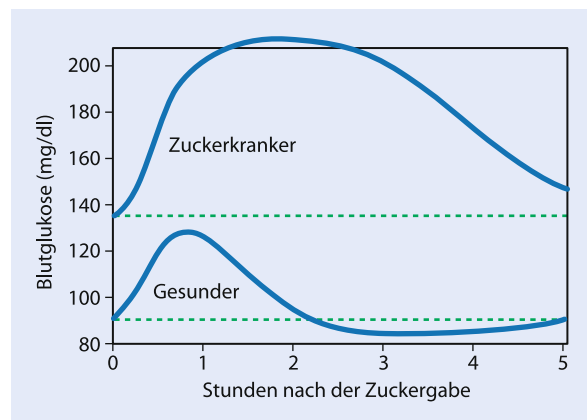


Abb. 4.3 Unterschiedliche Verwertung von Glukose nach dosierter Zugabe beim Gesunden und beim Zuckerkranken

Nüchtern verabreicht der Arzt dazu dem Patienten eine standardisierte Testlösung mit 75 g Glukose. Vor ihrer Einnahme, nach 1 h und nach 2 h wird eine Blutprobe genommen und der Blutzuckergehalt gemessen. Liegt die Blutzuckerkonzentration 2 h nach Trinken der Zuckerlösung zwischen 140 mg/dl (7,8 mmol/l) und 199 mg/dl (11,0 mmol/l), ist die Regulation des Blutzuckers gestört, liegt sie bei 200 mg/dl (11,1 mmol/l) und höher, besteht ein Diabetes mellitus, wenn sich der Wert im wiederholten Test bestätigt (► http://www.flexikon.doccheck.com/de/Oral_Glukosetoleranztest).

Bei erhöhten Werten kann die Bauchspeicheldrüse entweder nicht mehr ausreichend Insulin produzieren, damit die Zuckermoleküle schnell zur Speicherung in die Zelle gelangen, oder die Zellen zeigen eine Insulinresistenz und können nicht ausreichend Glukose aus dem Blut entnehmen (Abb. 4.3).

Der Arzt wird entscheiden, in welchen Fällen dieser Test angebracht ist und welche Schlüsse aus den Ergebnissen zu ziehen sind.

Osteoporose Osteoporose kann für jeden Menschen zum Problem werden, da die Knochenmasse ab dem 40. Lebensjahr in Abhängigkeit seiner Lebensbedingungen (Ernährung, Bewegung) und seiner genetischen Disposition abnimmt. Bei Osteoporose (Knochenschwund) ist der Kalksalzgehalt der Knochen und damit die Knochendichte vermindert. Durch die verminderte Stabilität besteht die Gefahr vermehrt auftretender Knochenbrüche und Wirbelsäulenverkrümmungen. Eine Knochendichtemessung (Osteodensitometrie) kann frühzeitig das individuelle Risiko feststellen, an Osteoporose zu erkranken. Zwei anerkannte Verfahren stehen dafür zur Verfügung: eine spezielle Röntgenuntersuchung, das DEXA-Verfahren (Dual-Energy-X-Ray Absorptiometry) und die quantitative CT-Densitometrie. Auch hier wird der Arzt in einem Gespräch personenbezogen die angemessene Methode finden.

Vegetative Dystonie Abgeschlagenheit, Schlaflosigkeit, Depression etc. sind heutzutage in der hektischen und unsicheren Arbeitswelt keine Seltenheit. Häufig lautet die ärztliche Diagnose »vegetative Dystonie«. Fachlich bedeutet dies, dass die Erregungsleitung im vegetativen Nervensystem gestört ist. Oftmals wird diese Diagnose aber gestellt, wenn der Arzt keine konkreten Ursachen für die Symptome findet. Einige Labors bieten Blut-, Speichel- und Urintests an, mit denen sie Stresshormone wie Adrenalin, Kortisol, DHEA, Dopamin, Noradrenalin und Serotonin bestimmen ► Abschn. 3.4.1 und ► Abschn. 3.4.2. Die Ergebnisse bieten einen genaueren Ansatz für die persönliche Therapie.

Schilddrüsenuntersuchung Die Schilddrüse und ihre Hormone sind für die Regelung nahezu des gesamten Stoffwechsels zuständig. Eine Untersuchung dieses Organs kann bei gesundheitlichen Problemen eine Lösung darstellen. Über eine Blutanalyse lässt sich feststellen, ob die Schilddrüsenhormone TSH, T3 und T4 in ausreichender Menge produziert werden. Eine Ultraschalluntersuchung gibt Aufschluss über die Größe und Struktur des Stoffwechselorgans. Ein Schilddrüsenzintigramm kann zusätzlich darüber informieren, ob Knoten vorliegen und ob bzw. wie sie hormonell aktiv sind.

Demenz Der demografische Wandel sorgt dafür, dass immer mehr ältere Personen in unserer Gesellschaft leben und arbeiten. Ein frühzeitiges Erkennen von Veränderungen der Gehirnstruktur kann von Vorteil sein, um eine mögliche Disposition für Demenz und die **Alzheimer-Erkrankung** als häufigster Demenzform frühzeitig zu erkennen und vorbeugende Maßnahmen einzuleiten. Über MRT und Gehirnzintigrafie lassen sich Gehirnstrukturen darstellen, um z. B. Störungen der Gehirndurchblutung oder degenerative Veränderungen frühzeitig aufzuspüren.

Auch lässt sich das Verhalten von Botenstoffen im Gehirn verfolgen.

Der Leipziger Nuklearmediziner Prof. Dr. Osama Sabri hat gemeinsam mit Wissenschaftlern aus den USA, Australien und der Schweiz das schwach radioaktive Mittel Florbetaben getestet, das nach intravenöser Injektion in den Arm zum Gehirn wandert und sich dort anreichert. Mithilfe eines Positronen-Emissions-Tomografen kann das Alzheimer verursachende Eiweiß Beta-Amyloid in einem sehr frühen Stadium (bis zu 15 Jahre vor Ausbruch der Krankheit) nachgewiesen werden. Die Wissenschaftler gehen davon aus, dass diese Peptide Gift für die Nervenzellen im Gehirn sind, sodass diese absterben (Barthel et al. 2011, S. 424 ff) (O. A. 2014).

Vielleicht sind die Ergebnisse, die auf der Alzheimer's Association International Conference (AAIC) in Toronto veröffentlicht wurden, ein Hoffnungsschimmer: Bei (allerdings nur) vier Alzheimer-Patienten, die 3 Jahre lang mit hochdosierten intravenösen Immunglobulinen (IVIG) behandelt wurden, ließ sich die Krankheit aufhalten. Sowohl auf verschiedenen Kognitionsskalen als auch beim klinischen Gesamteindruck und bei den neuropsychiatrischen Symptomen verschlechterten sich die Werte nicht (Relkin et al. 2012).

4.2.2 Krebsfrüherkennung

Neben den Check-ups für das Herz-Kreislauf-System und den Stoffwechsel ist nach ärztlicher Rücksprache zu entscheiden, ob weitere Untersuchungen sinnvoll sind. Obere Priorität wird die Früherkennung von Krebserkrankungen haben. Modernste Technologie bietet heute die Möglichkeit, frühzeitig beginnende krankhafte Veränderungen in allen Organen des Körpers festzustellen.

Personen, die Einzeluntersuchungen vermeiden möchten, steht das Whole Body Imaging zur Verfügung. Diese **Ganzkörper-Magnetresonanztomografie (MRT)** liefert ohne belastende Röntgenstrahlen schärfste Bilder vom Körperinneren und dient als sorgfältige Früherkennungsuntersuchung des ganzen Körpers. Allerdings werden die Kosten dieser Hightechmedizin nicht von den gesetzlichen Kassen übernommen.

Ist dies aus medizinischen Gründen nicht möglich oder wird es nicht gewünscht, dann sollte an oberster Priorität die **Darmkrebsfrüherkennung** stehen. Darmkrebs gilt als Nr. 1 der Krebserkrankungen in Europa. Bei frühzeitiger Erkennung besteht allerdings eine gute Heilungschance. Ab 50 Jahre sollte deshalb dieses Thema auf jedem Vorsorgeplan stehen. Bei genetischer Vorbelastung ist es empfehlenswert, sich bereits früher damit zu beschäftigen. Die gesetzlichen Kassen zahlen ab dem 50. Lebensjahr eine jährliche Stuhlprobenuntersuchung (**Okkultbluttest**). Ab

dem 55. Lebensjahr stehen allen gesetzlich Krankenversicherten zwei Spiegelungen des Dickdarms (**Koloskopie**) im Abstand von 10 Jahren zu. Sind diese ohne Befund, d. h., werden keine Adenome oder Polypen gefunden, aus denen sich ein bösartiger Krebs entwickeln kann, dann wird normalerweise davon ausgegangen, dass erst in 10 Jahren die nächste Spiegelung ansteht. Beim Finden von Adenomen oder Polypen werden diese direkt entfernt und histologisch begutachtet. In diesem Fall wird medizinisch, auch unter Berücksichtigung der familiären Belastung, entschieden, wann die nächste Koloskopie stattfinden soll.

Als Alternative bietet sich die **virtuelle Koloskopie** an. Dabei gewinnt der Arzt aussagekräftige Einblicke in das Innere des Dickdarms, ohne dass Instrumente eingeführt werden müssen. Die Untersuchung erfolgt mithilfe eines hochmodernen strahlenarmen Multislice-Computertomografen (CT), mit dem das Darminnere dreidimensional dargestellt wird. Damit können kleinste Darmpolypen von $0,03 \text{ mm}^3$ und andere Veränderungen der Darmschleimhaut frühzeitig präzise erkannt werden. Nachteil ist, dass beim Erkennen von Polypen nicht interveniert werden kann und deshalb im Anschluss eine »normale« Koloskopie folgen muss.

Bei Bedarf oder Notwendigkeit können auch der Dünndarm und die gesamten Bauchorgane über Ultraschall oder genauer über ein CT oder MRT bildlich dargestellt werden, um z. B. bei unklaren Oberbauchbeschwerden frühzeitig entzündliche Veränderungen und mögliche Tumore medizinisch abzuklären.

Anmerkung: Die Fakten sind der Broschüre »Ratgeber zur gesetzlichen Krankenversicherung« (9. aktualisierte Auflage vom Juni 2013) des Bundesministeriums für Gesundheit entnommen (O. A. 2014).

Gibt es auffällige Unregelmäßigkeiten auf der Haut? Seit 2008 ermöglicht jede Krankenkasse Frauen und Männern ab 35 Jahren alle 2 Jahre eine **Hautkrebsuntersuchung** zur Früherkennung von bösartigen Veränderungen der Haut. Generell gilt: Je höher das Risiko, desto früher soll mit den Vorsorgeuntersuchungen begonnen werden. Als Screening wird sie von der gesetzlichen Krankenversicherung für Frauen ab 50 bis 69 Jahren alle 2 Jahre übernommen.

Frauen steht seitens der gesetzlichen Krankenversicherung ab dem 30. Lebensjahr eine Vorsorgeuntersuchung ihrer Brust zu. Die Mammografie gilt als die bekannteste Früherkennungsmethode von **Brustkrebs**. Als Screening wird sie von der gesetzlichen Krankenversicherung für Frauen ab 50 bis 69 Jahren alle 2 Jahre übernommen. Am ehesten sind aber kleinste Veränderungen über ein Brust-MRT frühzeitig zu erkennen. In einem Arztgespräch lässt sich die individuell beste Lösung finden.

Ab dem 20. Lebensjahr übernehmen die Krankenkassen die jährliche Vorsorgeuntersuchung zur Früherkennung von **Gebärmutterhalskrebs**. Im Einzelfall ist zu prü-

fen, ob auch das weibliche Becken in die Untersuchung mit Ultraschall oder MRT einbezogen werden soll, um frühzeitig beginnende Veränderungen festzustellen.

Als Mann gilt es auf mögliche Veränderungen der **Prostata** zu achten. Mit zunehmendem Alter kann es aufgrund der normalen Veränderungen im Hormonstoffwechsel zu einer Vergrößerung kommen. Diese muss nicht bösartig sein, sollte aber einer ärztlichen Kontrolle unterliegen. Obwohl bereits seit langem die Möglichkeit einer jährlichen Vorsorgeuntersuchung für Männer ab dem 45. Lebensjahr gesetzlich festgeschrieben ist, nehmen nur ca. 18–20% der Anspruchsberechtigten daran teil (Altenhofen 2005).

Neben dem Tastbefund, einer Ultraschalluntersuchung oder einer hochauflösenden Darstellung des Organs mithilfe der Hochleistungs-Kernspintomografie kann das prostataspezifische Antigen (**PSA**) im Blut kontinuierlich überprüft werden. Dieses komplexe Eiweißmolekül gilt als organspezifischer Marker, der von den Prostatadrüsenzellen gebildet wird. Seine Treffsicherheit zur Vorhersage von Prostatakrebs ist mit nur ca. 35% allerdings relativ gering, wenn der obere Referenzwert von $4,0 \text{ ng/ml}$ zugrunde gelegt wird. Für die Interpretation ist von Bedeutung, dass durch Reizung der Prostata durch Radfahren oder Samenerguss, aber auch bei gutartiger Prostatavergrößerung (benigner Prostatahyperplasie, BPH), der PSA-Wert um 10–15% ansteigt. Insofern ist der Wert zwar ein mögliches Indiz, aber kein Beleg für bösartige Prostatatumore. Auch die Prüfung des Anstiegs von zeitlich aufeinanderfolgenden Proben gilt als nicht treffsicher (Vickers A et al. 2011).

In der Zwischenzeit wurde ein neuer molekulargenetisch basierter Urintest zur Früherkennung eines Prostatakarzinoms entwickelt. **PCA3** ist dafür ein Biomarker. Das Molekül kommt in Krebszellen der Prostata in fast 100-mal höherer Konzentration vor als in normalen Prostatazellen. Nach einer Tastuntersuchung werden Zellen aus der Prostata – auch möglicherweise vorhandene Krebszellen – freigesetzt und können im Urin nachgewiesen werden. Auch hier gilt, sich qualifiziert von einem Urologen des Vertrauens individuell beraten zu lassen.

Für Raucher ist die Durchführung eines **Raucher-Check-Up** ein Muss, da die Wahrscheinlichkeit, an Lungenkrebs zu erkranken, gegenüber Nichtrauchern je nach Ausmaß um das 4- bis 20-fache deutlich erhöht ist (Zänker K S, Becker N 2006). Mithilfe eines CT der Lunge und einer virtuellen Bronchoskopie (MRT) der Atemwege lassen sich frühzeitig bereits kleinste Gewebeveränderungen feststellen. Erst nach 10 Jahren Nikotinabstinenz hat sich das Lungenkrebsrisiko dem eines Nichtrauchers angeglichen.

Erwähnenswert ist noch, dass von jedem gesetzlich Versicherten ab dem 35. Lebensjahr alle 2 Jahre ein Check-Up zur Früherkennung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes mellitus und Nierenerkrankungen in

Anspruch genommen werden kann. Er beinhaltet neben der Anamnese eine körperliche Untersuchung, eine Laboruntersuchung von verschiedenen Blut- (► Abschn. 4.3.1) und Urinparametern, sowie einer Beratung über die Ergebnisse.

Des Weiteren hat jede Krankenkasse die Möglichkeit, über ihr Satzungsrecht Sonderleistungen, z.B. in Form von Bonusprogrammen, anzubieten.

4.3 Laboruntersuchungen – Risiko- und Schutzfaktoren

Begleitend zu den beschriebenen medizinischen Diagnostikverfahren gehören Labordaten des Blutes. Auch hier gilt: Trainer haben damit keine direkte Berührung, aber Grundlagenkenntnisse erleichtern eine qualifizierte Beratung und das Verständnis der Zusammenhänge.

Sollen Risikofaktoren bestimmt, der Hormonstatus erhoben, ein Vitamin- und Mineralienprofil, Stressprofile o. a. erstellt werden? Aus der Vielzahl der möglichen Parameter ist es Aufgabe des Arztes zu entscheiden, welche Werte für die persönliche Situation relevant sind.

Das Blut fließt in dem Geflecht aus ca. 100.000 km Gefäßsystem und verbindet unsere 10^{14} (100 Billionen) Zellen miteinander. Es transportiert Sauerstoff und Nährstoffe zu ihnen, befördert die Abbaustoffe des Stoffwechsels zu den Orten der Entgiftung (Leber) und Ausscheidung (Niere). Mit seinen weißen Blutkörperchen ist das Blut zuständig für die Abwehr von Krankheitserregern und Giften. Bei Verletzung sorgt es für die Gerinnung. Es hat somit eine wichtige Funktion zur Aufrechterhaltung des Gleichgewichts aller Lebensfunktionen. Im Labor lässt sich meist feststellen, wie es um uns steht.

Als Standard gilt ein **kleines** oder **großes Blutbild** (kleines Blutbild zuzüglich eines Differenzialblutbildes der weißen Blutkörperchen mit ihren Untergruppen). Weitere Blutuntersuchungen sind abhängig von der speziellen Problematik oder Fragestellung des Kunden.

Auch wenn der Arzt »ganz normale« Werte bescheinigt, kann es vorkommen, dass sich Kunden matt, elend und nicht leistungsfähig fühlen. Die »normalen« Werte (Norm-, Referenzwerte) sind statistische Mittelwerte. Sie können von Labor zu Labor, auch durch unterschiedliche Untersuchungsmethoden voneinander abweichen oder durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse eine Veränderung erfahren. Einige Werte sind altersabhängig, andere dahingehend zu interpretieren, ob sich der Kunde im Bereich der Primärprävention (Gesunde ohne Krankheitssymptome), Sekundärprävention (Personen im Frühstadium einer Krankheit) oder Tertiärprävention (Menschen mit manifester Erkrankung) befindet und mögliche Zweiterkrankungen vorliegen. Den in diesem Kapitel genannten

Werten liegt weitgehend das Standardwerk für Labordiagnostik von Thomas (Thomas 2005) sowie Informationen aus dem Labor Limbach (► <http://www.labor-limbach.de>) zugrunde.

Manche **Orthomolekularmediziner** empfehlen andere als die allgemein gängigen Laborwerte, um einen aus ihrer Sicht besseren Schutz vor Krankheiten anzustreben (Spitzbart u. Hahn-Hübner 2012, S. 29 ff).

Teilweise verwirrend sind die unterschiedlichen Normen, die sich an verschiedenen Messsystemen orientieren. Zwar gibt es seit 1971 das international gültige Système International d'Unités (**SI-Einheiten**) mit den Kenngrößen Meter (m), Kilogramm (kg), Sekunde (s), Ampere (A), Kelvin (K) und Mol (mol). Dennoch werden in der Praxis in Deutschland häufig noch die alten Einheiten Milliliter (ml) oder Deziliter (dl) verwendet. Im Folgenden sind bei den Mengenangaben beide Einheiten berücksichtigt und die SI-Werte in Klammern gesetzt (für Blutglukose-Spiegel 80 mg/dl (4,44 mmol/l)).

Der die Blutanalyse betreuende Mediziner wird entscheiden, welche Parameter in der persönlichen Situation relevant sind. Er wird danach auch die Aufgabe übernehmen, die Ergebnisse zu interpretieren und daraus mögliche Konsequenzen abzuleiten. Es kann vorkommen, dass Kunden ihre Labordaten zum Training mitbringen. Deshalb macht es Sinn, dass auch Trainer wichtige Parameter interpretieren und in Grundzügen darüber Auskunft geben können.

Im Folgenden wird auf wichtige Blutparameter eingegangen, um zu erklären, welche Bedeutung sie für die Gesundheit haben. Die Referenzwerte der wichtigsten Blutparameter sind abschließend in ■ Tab. 4.6 zusammengefasst.

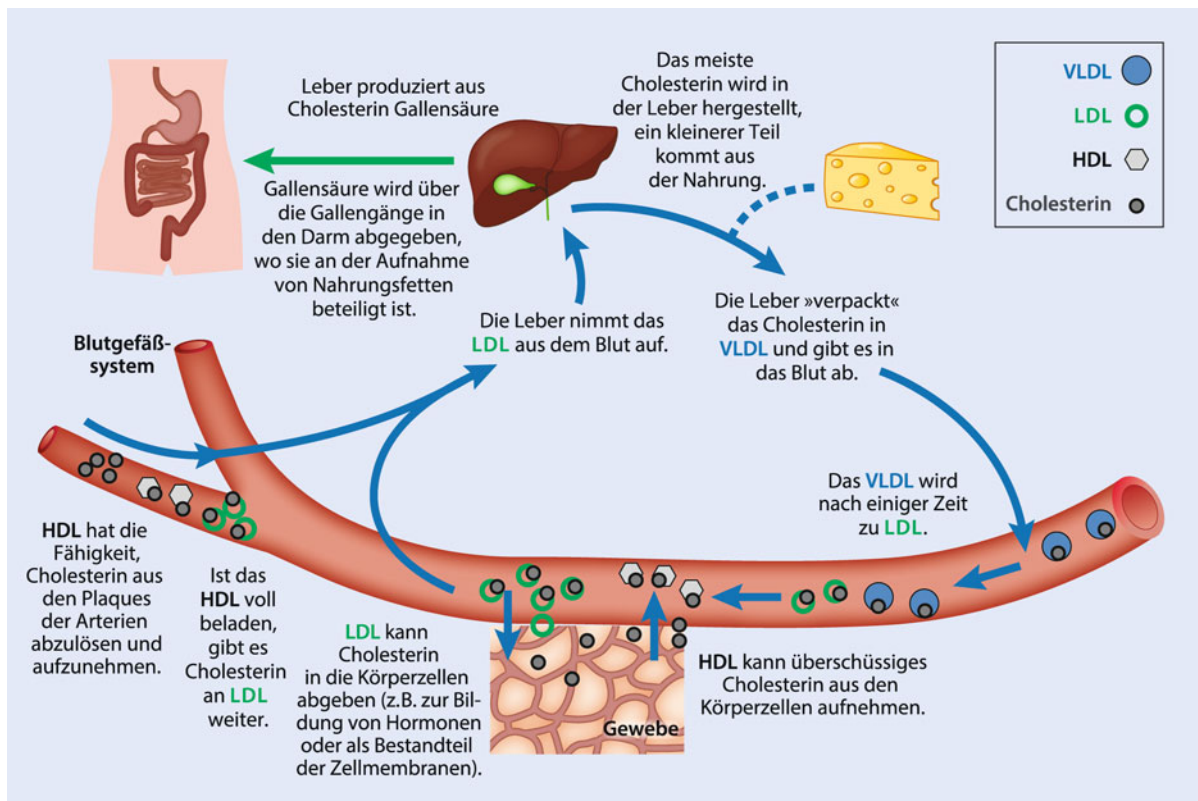
Blutfette – Triglyzeride, Cholesterin, Lipoprotein (a), Omega-Fettsäuren

Blutfette können sowohl eine schützende als auch eine schädigende Funktion im Organismus ausüben. Da Fette wasserunlöslich sind, werden sie zum Transport im Blut an Eiweißkörper (Lipoproteine) gebunden. Cholesterin und die Triglyzeride (Neutralfette) sind die bekanntesten Blutfette.

■ Triglyzeride

Triglyzeride werden mit der Nahrung aufgenommen und im Zwölffingerdarm durch die Gallenflüssigkeit emulgiert, um den Verdauungsenzymen eine bessere Angriffsfläche zu bieten. Diese spalten sie in ihre Bauelemente Glycerin und Fettsäuren, damit sie die Darmwand passieren können. In den Darmzellen werden daraus wieder Triglyzeride hergestellt.

Transporter der Triglyzeride im Blut sind **Chylomikronen**, spezielle Lipoproteinartikel, die über das Lymphge-



■ Abb. 4.4 Cholesterinstoffwechsel

faßsystem ins Blut zur Leber gelangen. Auf dem Weg dorthin wird ein Teil der Triglyzeride in die Zellen abgegeben. Sie enthalten mehr als doppelt so viel Energie wie ein Kohlenhydratmolekül und sind deshalb für die Energieversorgung von großer Bedeutung. Auch die Leber selbst kann Triglyzeride herstellen. Die hierfür benötigten freien Fettsäuren nimmt sie aus dem Blut oder synthetisiert sie aus überflüssiger Glukose.

■ Cholesterin

Cholesterin ist ein wichtiger Bestandteil der Zellmembranen, ein Vorläufer von Steroidhormonen (z. B. Östrogen, Testosteron, Kortisol), der Gallensäuren und des Vitamins D. Das meiste Cholesterin wird von der Leber hergestellt, nur ein geringer Teil kommt aus tierischen Nahrungsmitteln. Es wird – wie die Triglyzeride – mit den Chylomikronen zur Leber transportiert.

■ ■ Cholesterinstoffwechsel (■ Abb. 4.4)

VLDL- und LDL-Cholesterin Die Leber »verpackt« Cholesterin in **VLDL (very low density lipoprotein)** und gibt es ins Blut ab. VLDL ist ein Lipoprotein mit sehr niedriger Dichte. Es transportiert Triglyzeride, Cholesterin und Phospholipide von der Leber zu den Geweben. Auf dem

Weg dorthin verliert es immer mehr Triglyzeride, und zwar so lange, bis sich das VLDL in dichtere **LDL-Moleküle (low density lipoprotein)** umgewandelt hat. LDL kann Cholesterin in die Körperzellen abgeben.

LDL kann aber auch durch das Endothel in die Gefäßwand eindringen und sich dort ablagern. Besonders groß ist die Gefahr, wenn LDL durch die Anwesenheit freier Radikale (► Abschn. 3.4.3) oxidiert und dadurch chemisch verändert wird. In dieser Form wird es von den Fresszellen (Makrophagen) nicht mehr abtransportiert, sondern von der Gefäßwand aufgenommen und in Schaumzellen verwandelt. Diese sind ein wichtiger Bestandteil der Gefäßwandablagerungen. Als »fatty streaks« (Fettstreifen) bilden sie die Vorstufe möglicherweise später auftretender arteriosklerotischer Plaques. Eine Oxidation des LDL lässt sich durch sekundäre Pflanzenstoffe und die antioxidativen Vitamine C und E, aber auch durch eine ballaststoffreiche Ernährung vermindern (► Abschn. 14.2.1; Gröber 2000, S. 174).

HDL-Cholesterin Neben dem LDL existiert das **HDL (high density lipoprotein)**. Es gilt als Schutzfaktor, da es überschüssiges Cholesterin aufnimmt und von den Geweben zur Leber zurücktransportiert. HDL kann sogar Choleste-

rin aus Makrophagen oder Schaumzellen in der Arterienwand entfernen (Cholesterinefflux) und so bereits vorhandene Gefäßablagerungen verringern.

Durch Messungen der Intima-media-Dicke (innere und mittlere Schicht der Gefäßwand) in den Karotiden (Halsschlagadern) bei gesunden und koronarangiografierten Patienten mit Verdacht auf **koronare Herzerkrankung (KHK)** konnte nachgewiesen werden, dass jede Zunahme der Efflux-(Ausstrom-)Kapazität des HDL um eine Standardabweichung mit einer Abnahme des KHK-Risikos um 30% assoziiert ist (Khera et al. 2011).

Epidemiologische Studien belegen eine inverse (umgekehrte) Beziehung zwischen HDL-Konzentration und KHK-Inzidenz (Häufigkeit). Deshalb scheint HDL ein vom Gesamtcholesterin unabhängiger Parameter mit hoher prädiktiver (vorhersehbarer) Wertigkeit zu sein (Thomas 2005, S. 232).

Die Assoziation von hohen HDL-Werten und reduziertem Infarktrisiko hat die Pharmaindustrie animiert, Medikamente zu entwickeln, die den HDL-Wert erhöhen und somit zur Prävention von KHK beitragen sollen. Ob diese Assoziation auch in einem kausalen Zusammenhang steht, wie es für das LDL als Risikofaktor nachgewiesen wurde, war bislang nicht geklärt. Eine internationale Forschergruppe hat deshalb die mögliche protektive (schützende) Wirkung des HDL-Cholesterins nach dem Prinzip der »Mendel'schen Randomisierung« überprüft:

Sie nutzten eine Genvariante, die bei 2,6% der Bevölkerung vorliegt und das HDL-Cholesterin bei ihren Trägern um 5,4 mg/dl (0,14 mmol/l) im Vergleich zu Nichtträgern erhöht. Das Ergebnis lässt im Vergleich zu den epidemiologischen Daten eine Reduktion des Herzinfarktrisikos um 13% erwarten. Tatsächlich aber brachten die Daten aus 20 Studien mit rund 116.000 Personen keine signifikante Beziehung zwischen der Genvariante und dem Infarktrisiko ihrer Träger (Voight et al. 2012, S. 572 ff). Scheinbar übt also nicht die HDL-Konzentration per se, sondern mehr die Maßnahmen, die zu einer Erhöhung des HDL führen (im Besonderen die Bewegung), präventiven Einfluss auf das Infarktrisiko aus.

Dies stellt Therapieansätze mit HDL-erhöhenden Medikamenten grundsätzlich infrage. Letztlich hat sich bislang kein Medikament bis zur Marktreife durchgesetzt. Entweder waren die Nebenwirkungen oder die Verträglichkeit limitierend.

Bei **Gesamtcholesterinwerten** < 160 mg/dl (< 4,1 mmol/l) tritt eine KHK selten auf. Bei 200 mg/dl (5,2 mmol/l) ist ein Schwellenwert erreicht, ab dem das KHK-Risiko zuerst mäßig und ab Werten > 250 mg/dl (> 6,5 mmol/l) stark ansteigt.

➤ Wichtig

Gesamtcholesterin-Referenzwert im Blut:
< 200 mg/dl (5,2 mmol/l)

Prognostisch bedeutsam sind Extremwerte < 160 mg/dl (< 4,1 mmol/l) und > 320 mg/dl (> 8,3 mmol/l) (Thomas 2005, S. 227 ff). Spitzbart (2012) empfiehlt generell für das Gesamtcholesterin einen Wert < 150 mg/dl (< 3,9 mmol/l).

➤ Wichtig

Bei der Beurteilung des LDL-Cholesterins spielt das Vorhandensein weiterer Faktoren zur Beurteilung des Risikos einer Arteriosklerose eine Rolle.

Aus diesem Grund haben Fachgremien die Zielwerte des LDL-Cholesterins in Abhängigkeit vom vorhandenen Risiko festgelegt (Thomas 2005, S. 234). Die von der amerikanischen NCEP (National Cholesterol Education Program) empfohlenen und von den Deutschen Fachgesellschaften (Deutschen Gesellschaft für Kardiologie und Lipid-Liga) übernommenen Werte sind abhängig von der Beurteilung nach **Risikogruppen**:

- Zur Risikogruppe 1 zählen Patienten, die bereits eine KHK entwickelt haben. Für sie ist ein LDL-Cholesterinwert < 100 mg/dl (< 2,6 mmol/l) anzustreben. Bei Werten > 100 mg/dl (> 2,6 mmol/l) wird eine Lebensstiländerung empfohlen, bei Werten > 130 mg/dl (> 3,4 mmol/l) eine medikamentöse Therapie.
- Risikogruppe 2 beinhaltet Personen mit mindestens zwei Risikofaktoren. Bei diesen sollte ein Wert < 130 mg/dl (< 3,4 mmol/l) erzielt werden. Bei Werten > 130 bzw. 160 mg/dl (> 3,4 bzw. 4,2 mmol/l) (je nach spezifischer Risikoberechnung) wird empfohlen, medikamentös zu intervenieren.
- Die Risikogruppe 3 umfasst all diejenigen, die weniger als zwei Risikofaktoren aufweisen. In diesem Fall sind Werte bis 160 mg/dl (4,2 mmol/l) akzeptabel. Bis 190 mg/dl (4,9 mmol/l) sind Lebensstiländerungen und evtl. eine medikamentöse Therapie abzuwägen. Ab 190 mg/dl (4,9 mmol/l) wird eine Medikamenteneinnahme dringend empfohlen.

Für den Herz-Kreislauf-Schutzfaktor HDL gilt:

➤ Wichtig

HDL-Cholesterin-Referenzwert im Blut: > 40 mg/dl (> 1,03 mmol/l) (o. A. 2012).

Bei Frauen gelten HDL-Cholesterinwerte < 50 mg/dl (1,29 mmol/l) als Risikofaktor.

Der Quotient aus gefäßschädigendem LDL und schützendem HDL ist der **Arteriosklerose-Risiko-Index LDL/HDL**. Ist der Wert < 2, dann besteht ein niedriges Risiko, bei Werten > 4 ein hohes Risiko arteriosklerotischer Veränderungen in den Gefäßen (Hofmann J, Ohne Jahr).

Für den Risikofaktor **Triglyzeride** wird der Referenzwert angegeben:

➤ **Wichtig**

**Triglyzerid-Referenzwert im Blut: < 150 mg/dl
(1,7 mmol/l)**

Spitzbart (2012) empfiehlt sogar generell Werte < 100 mg/dl (< 1,1 mmol/l).

Die Fachgesellschaften entfernen sich immer mehr von starren Referenzwerten. In den neuen Cholesterin-Guidelines der American Heart Association (AHA) und American College of Cardiology (ACC) wird empfohlen, eine Therapie nicht mehr nach Maßgabe vorgegebener Zielwerte (»treat to target«), sondern nach dem größten Nutzen bei zugleich niedrigem Risiko der Patienten aus einer Behandlung mit Statinen durchzuführen (Stone 2013; o. A. 2012).

■ **Lipoprotein (a)**

Im Allgemeinen weniger bekannt ist das Lipoprotein (a). Es stellt eine **Modifikation des LDL-Cholesterins** dar, wird in der Leber gebildet und ist streng genetisch determiniert.

Eine große strukturelle Ähnlichkeit weist Lipoprotein (a) mit Plasminogen auf. Dieses hat eine wesentliche Bedeutung beim Abbau von Fibrin, das an der Blutgerinnung beteiligt ist. Im Unterschied zum LDL-Cholesterin besitzt es ein weiteres Eiweiß an der Oberfläche, das Apo (a). Dieses verleiht Lipoprotein (a) die besondere Eigenschaft, an Fibrin zu binden. Lipoprotein (a) stellt offenbar ein wichtiges Bindeglied zwischen Fettstoffwechsel und Gerinnungssystem bei der Entstehung einer Arteriosklerose dar.

Ist die Lipoprotein (a)-Konzentration höher als 30 mg/dl (300 mg/l), steigt das KHK-Risiko auf das 2,5-Fache. Liegt gleichzeitig eine LDL-Konzentration über 150 mg/dl (1,71 mmol/l) vor, erhöht sich das Risiko sogar auf das 6-Fache (Schön J 2006).

Therapeutisch kann Lipoprotein (a) nicht durch Bewegung oder diätetisch gesenkt werden. Lediglich das Vitamin Niacin (Nikotinsäure) gilt als der einzige momentan zugelassene Wirkstoff, der in der Lage ist, das Lipoprotein (a) zu senken. Als Lipidsenker ist er allerdings wegen seiner ungünstigen Wirkungen auf den Blutzucker- und den Harnsäurespiegel gegenüber den Statinen (cholesterinsenkenden Medikamente) in den Hintergrund geraten (Clark et al. 2009, S. 2518 ff).

Als einzige Konsequenz im Rahmen der Primärprävention bleibt Menschen mit erhöhtem Lipoprotein (a) letztendlich nur, weitere Risikofaktoren möglichst niedrig zu halten und Schutzfaktoren zu optimieren. Für Patienten mit sehr hohen Lipoprotein (a)-Spiegeln und frühzeitig eingetretenen kardiovaskulären Ereignissen besteht die

Möglichkeit der Apherese (umgangssprachlich als Blutwäsche bezeichnet), einem Verfahren, das der Dialyse bei Nierenerkrankungen ähnlich ist.

➤ **Wichtig**

**Lipoprotein (a)-Referenzwert im Blut: < 30 mg/dl
(< 300 mg/l)**

■ **Omega-Fettsäuren**

Die Omega-Fettsäuren spielen bei Betrachtung von Schutz- und Risikofaktoren eine besondere Bedeutung (► Abschn. 14.2.1). Unter ihnen sind mehrfach ungesättigte Fettsäuren, die der Körper nicht selbst herstellen kann, die aber für seine Funktion lebensnotwendig (essenziell) sind, und die er demzufolge mit der Nahrung aufnehmen muss. Ihnen wird eine ausgeprägte **kardioprotektive** (herzschützende) **Wirkung** zugesprochen, die durch zahlreiche epidemiologische Studien belegt werden konnte. Bei der klassischen italienischen GISSI-Studie verabreichte man 11.000 Herzinfarktpatienten 2 Jahre lang jeweils 1 g Omega-3-Fettsäuren. Nach dieser Zeit sanken sowohl die Zahl der tödlichen als auch der nicht-tödlichen Reinfarkte, die Anzahl der plötzlichen Herztode sowie die Gesamtsterblichkeit signifikant (Marchioli et al. 1999, S. 447 ff).

Personen (z. B. Japaner), die häufig Omega-3-Fettsäure-haltige Fische verzehren, haben ein bis zu 33% niedrigeres Risiko, eine Herzinsuffizienz zu entwickeln, als Personen, die keinen Fisch zu sich nehmen (Levitan et al. 2010, S. 587 ff).

Die individuelle Versorgungssituation mit Omega-3-Fettsäuren lässt sich sehr gut über den **Omega-3-Index** (bzw. HS-Omega-3-Index) im Labor feststellen. Der Omega-3-Index wird in den Membranen der roten Blutkörperchen bestimmt und gibt an, wie hoch der Anteil der beiden wichtigsten Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA) und Docohexaensäure (DHA) an den gesamten Fettsäuren dort ist. Der Omega-3-Index hat eine hohe Korrelation mit den Gewebespiegeln in Gehirn, Muskulatur und Herz. Als optimal gilt ein Wert von EPA und DHA zwischen 8 und 11%.

➤ **Wichtig**

Omega-3-Index-Referenzwert: 8–11%

Neben den Omega-3-Fettsäuren benötigt unser Organismus auch **Omega-6-Fettsäuren** aus der Nahrung für die Bildung verschiedener Körpersubstanzen, z. B. der Prostaglandine (Schmerz- und Entzündungssubstanzen). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) fordert ein Verhältnis von höchstens 5:1 längererkettiger Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren in der Ernährung (► Abschn. 14.2.1, o. A. 2003).

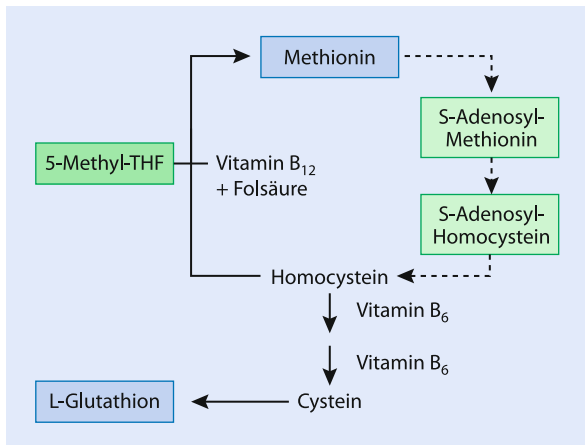


Abb. 4.5 Stoffwechsel des Homocysteins

Fibrinogen und Blutgerinnung

Der Faktor I in der Kette von 13 Blutgerinnungsfaktoren, das Fibrinogen, wird in der Leber gebildet und ist ein wesentlicher Bestandteil bei der Blutgerinnung. Fibrinogen ist die Vorstufe des Fibrins, eines Faserstoffs des Blutes. Bei Gerinnungsvorgängen bildet das Eiweiß einen Blutpfropf (Thrombus), der letztlich für den Stillstand der Blutung sorgt.

Da Mikrothromben auch an beschädigten Blutgefäßwänden, z. B. bei Cholesterineinlagerungen in Arterien, entstehen können, sollte zur Verminderung eines Arterioskleroserisikos auf die Senkung überhöhter Fibrinogenspiegel geachtet werden. Erhöhte Fibrinogenspiegel stellen offensichtlich einen eigenständigen Risikofaktor für die Entstehung eines Herzinfarkts und Schlaganfalls dar, der weitaus aussagekräftiger zu sein scheint als die Höhe des Cholesterinspiegels (Danesh et al. 2005, S. 1799 ff). Mit steigendem Alter nimmt die Fibrinogenkonzentration im Plasma zu (Thomas 2005, S. 853).

Wichtig

Fibrinogen-Referenzwert im Blut: 1,8–3,5 g/l

Homocystein und die umstrittene Vitamin-B-Substitution

Homocystein ist ein wichtiger Baustein im Metabolismus von Methionin, einer essenziellen Aminosäure. Der Abbau des Methionins erfolgt schrittweise über Homocystein, ein giftiges Stoffwechselprodukt. Etwa die Hälfte des Homocysteins wird zu Methionin zurückgebildet. Dabei spielt das Enzym Methionin-Synthase eine wichtige Rolle, das als Kofaktoren Vitamin B12 und Folsäure benötigt. Die andere Hälfte des Homocysteins wird unter Einfluss von Vitamin B6 zur Aminosäure Cystein umgebildet, die eine starke antioxidative Wirkung hat. Um das Homocystein unschädlich zu machen, bedarf es somit der Anwesenheit von B-Vitaminen (Abb. 4.5, Abschn. 14.2.2).

Der Einfluss von hohen Homocysteinwerten als eigenständiger kardiovaskulärer Risikofaktor für das Auftreten von Herz- und Hirninfarkt, aber auch von venösen Thrombosen und peripheren Verschlusskrankheiten im Zusammenhang mit der Einnahme von Vitaminen des B-Komplexes und Folsäure zur Prävention werden seit Jahren sehr kontrovers diskutiert (Schächinger 2003, S. 29).

Für die stark **atherogenen Wirkungen von Homocystein** werden eine gesteigerte oxidative Modifikation von LDL-Cholesterin mit Schaumzellen und eine damit einhergehende Funktionsstörung der innersten Gefäßschicht diskutiert. Außerdem steigert Homocystein angeblich die Bindung von Lipoprotein (a) an Fibrinogen und senkt dadurch die Fibrinolyse (Fähigkeit zur Auflösung eines Blutgerinnsels). Die dadurch verursachten Schäden der Gefäßinnenwand (Endothel) führen zu einer Beeinträchtigung der Stickstoffmonoxidproduktion. Stickstoffmonoxid (NO) ist ein flüchtiges Gas, das vom Endothel produziert wird und die Eigenschaft hat, die Gefäße zu erweitern sowie die Verklumpungstendenz des Blutes zu vermindern. Als weitere Schäden werden eine Steigerung des Wachstums und der Vermehrung glatter Muskelzellen in der Gefäßwand und eine verstärkte Neigung zur Thrombose genannt (Gröber 2000).

Die DACH-Liga Homocystein (German, Austrian and Swiss Homocysteine Society) empfiehlt einen Wert unter 10 µmol/l, da bei höheren Konzentrationen > 15 µmol/l bereits ein deutlich erhöhtes kardiovaskuläres Risiko bestehen soll (Stanger et al. 2003, S. 190 ff).

Wichtig

Homocystein-Referenzwert im Blut: < 10–12 µmol/l

Hyperhomozysteinämie

- Moderat: 12–30 µmol/l
- Intermediär: > 30–100 µmol/l
- Schwer: > 100 µmol/l

Der HTA Bericht (Health Technology Assessment vom 5.12.2007) des Deutschen Instituts für medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) bestätigt die Rolle des Homocysteins als Risikofaktor für KHK jedoch *nicht*, und sogar der »Vater« der Homocysteinhypothese Kilmer McCully hat mittlerweile den Glauben an eine protektive Wirkung der Vitamine verloren. Interventionsstudien wie NORVIT (Norwegian Vitamin Trial) und HOPE-2 (Heart Outcomes Prevention Evaluation Study 2) kommen übereinstimmend zum Ergebnis, dass bei Patienten mit bereits manifesten Gefäßerkrankungen und Hyperhomocysteinämie selbst eine wirksame Senkung des Homocysteinspiegels mit Vitamin-B-Präparaten *keine* Risikominimierung für Herzinfarkt erzielt, wohl aber zur Senkung des Schlag-

anfallrisikos (bis zu 25%) beiträgt (Loscalzo 2006, S. 1567 ff; Overbeck 2006).

Erhöhte Homocysteinspiegel sind kein Risikofaktor für Koronarerkrankungen. Das behauptet auch eine internationale Forschergruppe als Ergebnis einer neuen Metaanalyse. Sie nahmen hierfür die genetische Epidemiologie mit ihrem Konzept der »Mendel'schen Randomisierung« in Anspruch und fanden heraus, dass sog. TT-Genotypen mit höheren Homocysteinspiegeln kein höheres KHK-Risiko hatten als die CC-Genotypen mit niedrigen. Vielleicht ist nun damit das Kapitel Homocysteinämie und Supplementierung von B-Vitaminen im Zusammenhang mit Koronarerkrankungen endgültig abgeschlossen (Clark et al. 2012).

Hohe Homocysteinwerte werden auch mit Demenzerkrankungen in Verbindung gebracht (o. A. 2010), da die aktivierte Form des Methionins, das S-Adenosyl-Methionin, ein wichtiger Methylgruppendonor für die Synthese von Membranlipiden darstellt, die wiederum für die Markscheiden der Nervenfasern im Gehirn von Bedeutung sind (Seshadri et al. 2002, S. 476 ff).

Spitzbart (2012) fordert deshalb in seinem Spezialreport über Alzheimer sogar Werte $< 5 \mu\text{mol/l}$, da bereits bei Werten ab $5 \mu\text{mol/l}$ das Alzheimer-Risiko um das 4,5-Fache ansteigt.

Entzündungsmarker CRP

Das **C-reaktive Protein (CRP)** ist ein wichtiger Laborwert zur Diagnostik, um bakterielle Infektionen im Körper aufzuspüren. Bei viralen Erkrankungen steigt der CRP-Wert dagegen nicht deutlich an.

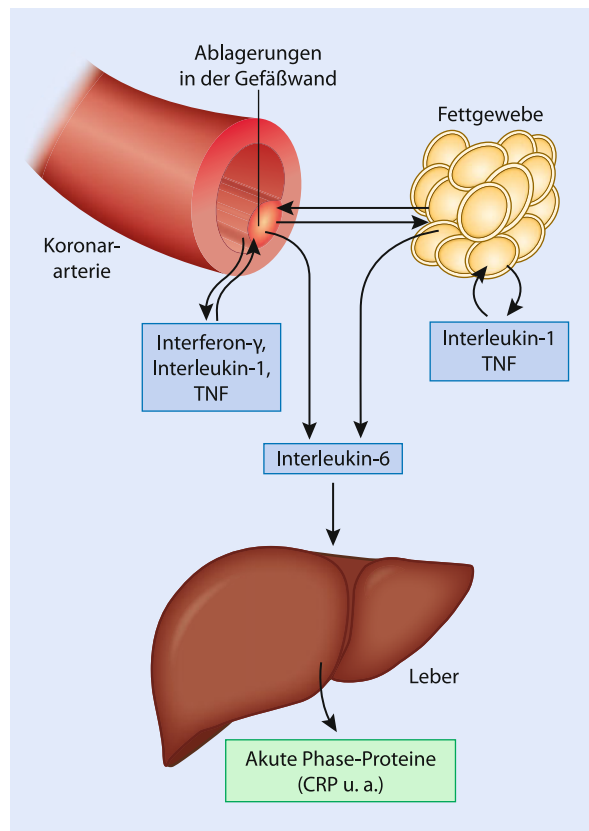
➤ Wichtig

Die Höhe der CRP-Konzentration im Blut erlaubt eine Beurteilung der Masse des entzündeten bzw. abgestorbenen Gewebes sowie der Schwere von Entzündungen.

Auch ohne klinische Symptomatik müssen erhöhte CRP-Konzentrationen immer abgeklärt werden. Der CRP-Wert gibt allerdings keinen Hinweis darauf, wo im Körper sich die Entzündung befindet.

CRP ist Teil des Immunsystems. Das Molekül ist ein kohlenhydratfreies Protein, das in der Leber durch Stimulation des Interleukins IL-6 gebildet wird. Gemeinsam mit Fibrinogen, Ferritin etc. gehört das CRP zu den **Akute-Phase-Proteinen**. Das sind Eiweiße im Blut, deren Konzentrationen im Rahmen entzündlicher (infektiöser und nichtinfektiöser) Erkrankungen ansteigen.

Da bei der Entstehung von Atherosklerose Entzündungsprozesse eine zentrale Rolle spielen, korreliert eine hohe Plasmakonzentration von CRP stark mit dem Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen. Entzündungsherde in den Arterien bilden IL-6, das die Leber veranlasst, Akute-Phase-Proteine wie CRP zu produzieren (Abb. 4.6).



■ Abb. 4.6 Bildung von CRP in der Leber als Akute-Phase-Protein

Außerdem korreliert **CRP** oder **IL-6** stark mit dem **BMI** (► Abschn. 4.1.4), aber auch mit dem Nüchterninsulin. Dies weist auf einen Zusammenhang mit Insulinresistenz hin. So haben Patienten in der höchsten Quartile der CRP-Konzentration ein etwa 4-fach erhöhtes Risiko für Diabetes mellitus Typ 2 im Vergleich zu Personen in der niedrigsten Quartile. Normale CRP-Werte schließen das Vorhandensein (chronischer) Entzündungen im Körper nicht aus. Deshalb lässt sich zum Beispiel bei Risikopatienten zusätzlich der CRP-Wert im Niedrigbereich, das so genannte hochsensitive (hs-) CRP, bestimmen. Er wird als prädiktiver Parameter eingesetzt, um das kardiovaskuläre Erkrankungsrisiko, unabhängig von anderen Risikofaktoren, abzuschätzen (Thomas 2005, S. 1015).

Darüber hinaus korrelieren Faktoren des **metabolischen Syndroms** mit der CRP-Konzentration. Erhöhtes CRP trägt auch wesentlich zur kardiovaskulären Morbidität (Krankheitshäufigkeit) bei (Stulnig 2009).

➤ Wichtig

CRP-Referenzwert im Blut: $< 5 \text{ mg/l}$

Werte zwischen 10 und 50 mg/l deuten auf lokale oder leichtere Entzündungen hin, während Werte über 50 mg/l auf schwere Entzündungen hinweisen. Liegen die Werte

über 100 mg/l, dann sprechen diese für schwere entzündliche Erkrankungen im Körper.

➤ Wichtig

hs-CRP-Referenzwert im Blut: < 2,9 mg/l

Der hs-CRP-Wert wird für ein Screening im Abstand von 2 Wochen gemessen. Nach Ausschluss einer Infektion kann er zur Einschätzung des individuellen relativen Risikos (RR) für ein koronares Ereignis herangezogen werden:

hs-CRP-Wert und KHK-Risiko (o. A. 2014c)

- Normal: < 1,0 mg/l
- Mäßig erhöht: 1,1–3,0 mg/l
- Deutlich erhöht: > 3,0 mg/l

Glykiertes Hämoglobin HbA_{1c}

Der Stoff, der Blut rot färbt und den Sauerstoff in die Körperzellen transportiert, ist das Hämoglobin (Hb). Einige Zuckermoleküle lagern sich im Blutstrom am Blutfarbstoff an. So entsteht glykiertes Hb oder **Glykohämoglobin** (GHb), kurz **HbA_{1c}** genannt. Etwa 5% (Referenzbereich 4,2–6,0% (22–42 mmol/mol)) aller Hb-Moleküle sind normalerweise mit Zuckermolekülen verbunden.

Die Zuckermoleküle lösen sich wieder vom Hämoglobin, wenn der Zuckerpegel im Blut sinkt. Bei Menschen mit Diabetes ist die Zuckerkonzentration jedoch andauernd zu hoch. In diesem Fall wird die Verbindung zwischen der Glukose und dem Hämoglobin fester. Erst nach 4 Monaten verschwindet das glykierte Hämoglobin wieder, weil der Körper den Blutfarbstoff nach dieser Zeit abbaut und ihn durch neue Transporter ersetzt. Die Lebenszeit der Erythrozyten beträgt ca. 100 Tage.

➤ Wichtig

Der HbA_{1c}-Wert dient bei Diabetikern zur Kontrolle des Blutzuckerspiegels über die letzten 3 Monate (Thomas 2005).

HbA_{1c}-Referenzwert im Blut bei Diabetikern

- Gut: < 6,5% (< 48 mmol/mol)
- Grenzwertig: 6,5–7,5% (48–58 mmol/mol)
- Schlecht: > 7,5% (> 58 mmol/mol)

Die starren Werte dienen nur noch zur Orientierung. Anlässlich des EASD-Kongresses 2012 haben die europäischen und US-amerikanischen Diabetes-Gesellschaften EASD und ADA ein neues Positionspapier zum antiglykämischen Management bei Typ-2-Diabetes vorgestellt. »One size fits all« ist in der Diabetologie nicht möglich, stellen sie fest: Es gibt kein gemeinsames Therapieziel von

jungen und alten Patienten, unterschiedlicher Konstitutionen, Zweiterkrankungen und Krankheitshistorien.

Grundlage ist die Erkenntnis, dass bei sehr niedrigen HbA_{1c}-Werten, also bei sehr strenger Blutzuckereinstellung, die Häufigkeit klinischer Ereignisse wieder ansteigt. Es gilt demnach nicht »The lower, the better«. Deshalb vermeiden die gemeinsamen Empfehlungen von EASD und ADA, einen HbA_{1c}-Zielwert zu nennen (Inzucchi 2012, S. 1577 ff). Nach den neuen Richtlinien der ESC sollte der HbA_{1c} generell < 7,0 % (< 53 mmol/l) sein und individuell bei < 6,5 – 6,9% (< 48 – 52 mmol/mol) liegen (Montalescot et al. 2013).

Bei Diabetikern können nach individueller Abwägung ggf. höhere Werte als 6,5–7,5% (48–58 mmol/mol) toleriert werden. In diesem Fall sind entsprechend mehr Prozent des gesamten Blutfarbstoffs »verzuckert«.

➤ Wichtig

Die Bestimmung des HbA_{1c} dient in erster Linie dazu, die Wirksamkeit einer Diabetes therapie zu bestimmen. Wegen der Langzeitwirkung kann ein Therapeut hieran erkennen, wie die Krankheit sich entwickelt bzw. ob und wie gut ein Patient sich an seine Therapie hält.

Je höher der HbA_{1c}-Wert, desto schlechter war der Blutzucker in den vergangenen Wochen eingestellt und desto höher ist das Risiko für Folgeschäden wie Nierenversagen, Herz-Kreislauf-Krankheiten oder Augenschädigungen bis zur Erblindung.

Laut UKPDS-Studie (**UK Prospective Diabetes Study 1998**), bei der in England seit 1977 20 Jahre lang mehr als 5000 Diabetiker beobachtet wurden, bringt die Reduzierung des HbA_{1c} um 1% folgenden Benefit:

- 35% Risikominderung für Folgeerkrankungen an Auge und Niere
- 21% Verminderung des Risikos diabetesbezogener Komplikationen
- 25% Verminderung diabetesbezogener Todesfälle
- 18% Reduzierung des Risikos, einen Herzinfarkt zu erleiden
- 17% Reduzierung der Gesamtmortalität und
- 15% Risikominderung für einen Schlaganfall

Seit Veröffentlichung der DCCT-Studie (Diabetes Control and Complications Trial; David 1993, S. 977ff) hat sich deshalb die Messung des HbA_{1c}-Werts als **Goldstandard im Diabetesmanagement** durchgesetzt. Sie gewinnt aktuell auch im Screening von Risikopersonen mit bislang nicht bekanntem Diabetes gegenüber dem oGTT zunehmende Bedeutung.

Tab. 4.5 Einteilung der Grade einer Herzinsuffizienz nach der New York Heart Association (NYHA) -Klassifikation (Hoppe et al. 2005)

Grad	Beschreibung	Kardiopulmonale Leistungsfähigkeit
I	Herzerkrankung ohne körperliche Limitation	Alltägliche körperliche Belastung verursacht keine inadäquate Erschöpfung, Rhythmusstörungen, Luftnot oder Angina pectoris
II	Herzerkrankung mit leichter Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit	Keine Beschwerden in Ruhe, alltägliche körperliche Belastung verursacht Erschöpfung, Rhythmusstörungen, Luftnot oder Angina pectoris
III	Herzerkrankung mit höhergradiger Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit bei gewohnter Tätigkeit	Keine Beschwerden in Ruhe, geringe körperliche Belastung verursacht Erschöpfung, Rhythmusstörungen, Luftnot oder Angina pectoris
IV	Herzerkrankung mit Beschwerden bei allen körperlichen Aktivitäten und in Ruhe	Bettlägerigkeit

Natriuretische Peptide ANP und BNP

ANP (atriales natriuretisches Peptid) und **BNP (brain natriuretic peptide)** sind Hormone, die bei der Regelung des Wasserhaushalts und des Blutdrucks eine wichtige Rolle spielen (► Abschn. 3.3.2). Wie alle Peptide sind auch diese beiden aus Aminosäuren zusammengesetzt. Beide Hormone liegen im »Vorstartzustand« als langkettiges Molekül vor. Durch Spaltung dieser Vorhormone entstehen die wirksamen, aktiven Hormone und unwirksame Aminosäureketten.

Bei Dehnung der Herzwand (bei starker Füllung und hohem Füllungsdruck) wird ANP und BNP produziert. Es kommt zur Ausscheidung von Natriumionen und Flüssigkeit über die Niere und zur Erweiterung von Blutgefäßen, was den Blutdruck und die Füllung des Herzens senkt.

Im klinischen Alltag hat sich die Bestimmung von BNP durchgesetzt:

► Wichtig

**BNP-Referenzwert im Blut: 35–100 pg/ml
(10,1–28,9 pmol/l)**

Dieser Referenzbereich ist geschlechts- und altersabhängig. Personen mit höheren Werten sollten zur Abklärung einen Kardiologen konsultieren, da BNP auch bei Herzleistungsschwäche (Herzinsuffizienz) in der linken oder rechten Herzkammer gebildet wird. Normalerweise ist das Verhältnis ANP/BNP > 1. Bei Herzinsuffizienz kann das BNP das ANP übertreffen.

Je ausgeprägter die Herzschiädigung, desto höher ist die BNP-Konzentration im Blutplasma. Es ist somit weder ein Risiko- noch ein Schutzfaktor des Herz-Kreislauf-Systems, sondern eher ein sensitiver und spezifischer Parameter zur Beurteilung einer Überlastung des Ventrikels. BNP korreliert mit der Schwere der Schädigung nach der Klassifikation der New York Heart Association (NYHA), aber auch mit der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit. Die NYHA-Skala teilt die Schwere der Herzinsuffizienz in die Grade I–IV ein (► Tab. 4.5). Die BNP-Konzentration

Tab. 4.6 Referenzwerte verschiedener Blutparameter. (Anmerkung: Die Werte dienen zur Orientierung. Nach den aktuellen ESC-Richtlinien von 2012/2013 wird bei der Behandlung mehr auf das individuelle Risiko Rücksicht genommen.)

Blutparameter	Konventionelle Einheit	SI-Einheit
Gesamtcholesterin	< 200 mg/dl	< 5,2 mmol/l
LDL-Cholesterin		
– Risikogruppe 1	< 100 mg/dl	< 2,6 mmol/l
– Risikogruppe 2	< 130 mg/dl	< 3,4 mmol/l
– Risikogruppe 3	bis 160 mg/dl	bis 4,2 mmol/l
HDL-Cholesterin	> 40 mg/dl	> 1,03 mmol/l
Triglyzeride	< 150 mg/dl	< 1,7 mmol/l
Lipoprotein (a)	< 30 mg/dl	(< 300 mg/l)
Fibrinogen		1,8–3,5 g/l
Homocystein		< 10–12 µmol/l
CRP		< 5,0 mg/l
Hs-CRP		< 2,9 mg/l
HbA _{1c} -Wert	< 6,0%	< 42 mmol/mol
BNP	35–100 pg/ml	10,1–28,9 pmol/l

steigt proportional zum NYHA-Stadium an (Thomas 2005, S. 151).

Alternativ und gleichwertig zum BNP wird in manchen Labors die inaktive Vorstufe, das NT-proBNP, bestimmt. Beide Parameter haben Eingang in die Akutdiagnostik von plötzlicher Luftnot zur Differenzierung zwischen einer pulmonalen (Lunge) und kardialen (Herz) Ursache gefunden.

► Tab. 4.6 fasst die Referenzwerte diverser Blutparameter zusammen.

4.4 Körpergewebeanalyse

Die Körpergewebeanalyse ist ein leicht anwendbares und aussagekräftiges Diagnostikverfahren, mit dem Trainer ihre Kunden für den Einstieg in den Körpermanagement-Prozess motivieren können.

➤ Wichtig

Bei der Körpergewebeanalyse werden die großen Körperkompartimente – Körperwasser, Körperfett und Körperzellmasse – gemessen (Tomczak 2003, S. 34 ff).

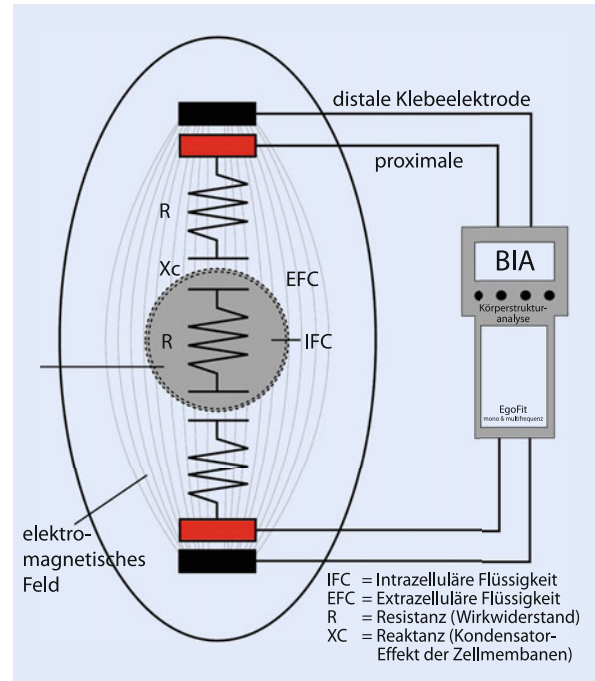
Personen mit dem Ziel, ihr Körpergewicht zu reduzieren, werden häufig demotiviert, wenn ihr Gewicht trotz Umstellung ihrer Ernährungsgewohnheiten und Beginn des Trainings aufgrund eines größeren Muskelanteils plötzlich ansteigt. Die Bestimmung der Körperzusammensetzung ist bedeutend aussagekräftiger als der Gang auf die Waage.

Es gibt verschiedene Verfahren, das Körpergewebe zu analysieren. »Goldstandard« ist die **Densitometrie (hydrostatisches Wiegen)**. Dabei wird aus der Dichte eines Körpers, definiert als Quotient aus Körpermasse (in kg) durch Körpervolumen (in l) die Körperzusammensetzung berechnet.

Da die fettfreie Masse aus Muskulatur und Knochen dichter ist als die Fettmasse, kann bei einer niedrigen Dichte eines Körpers auf einen höheren Anteil an Fettmasse geschlossen werden. Das Körpervolumen lässt sich über die Verdrängung von Wasser in einem Tauchtank bestimmen (Hydrodensitometrie). Da diese direkte Methode zwar zu zuverlässigen Ergebnissen führt, aber einen hohen apparativen Aufwand erfordert, ist sie für Trainer in der Praxis kaum anwendbar. Deshalb haben sich im Traineralltag andere Methoden durchgesetzt:

Die vermutlich bekannteste Körperfettbestimmung ist die **Kalipermethode**, bei der die Schichtdicke des Unterhautfettgewebes an definierten Hautfalten gemessen wird. Wer Erfahrungen damit hat, weiß, dass es schwer ist, standardisierte Bedingungen einzuhalten und so zu aussagekräftigen Ergebnissen zu kommen. Hinzu kommt, dass das Unterhautfettgewebe nicht mit dem Ganzkörperfettanteil korreliert.

Eine weitere Methode ist die **Infrarotmessung** (»Futrex«). Dabei wird ebenfalls die Schichtdicke des Fettgewebes gemessen, allerdings mittels eines Infrarotlichtimpulses am Bizeps. Fehlerquellen ergeben sich dadurch, dass verschiedene Gewebetypen diesen Lichtimpuls unterschiedlich stark reflektieren bzw. resorbieren. Auch birgt die Hochrechnung von einer Körperstelle auf den gesamten Organismus ein hohes Fehlerpotenzial, was zu einer mangelnden Validität dieser Methode führt. Im Unterschied zur Kalipermethode ist dieses Verfahren allerdings weitaus anwenderfreundlicher.



■ Abb. 4.7 Biologisches Modell der bioelektrischen Impedanzanalyse (© AG Wissenschaft mit freundl. Genehmigung)

Von den technischen Verfahren zur Bestimmung der verschiedenen Gewebeanteile des Körpers hat sich die bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) durchgesetzt. Sie basiert auf der Messung elektrischer Widerstände und der unterschiedlichen elektrischen Leitfähigkeit von Gewebetypen (■ Abb. 4.7):

- Muskulatur hat durch ihren Gehalt an Glukose und Flüssigkeit eine gute Leitfähigkeit bei geringem Leitungswiderstand.
- Beim wasserabstoßenden Fettgewebe sind die Verhältnisse umgekehrt: Eine schlechte Leitfähigkeit bedingt einen hohen elektrischen Widerstand.

Gemessen wird mit einem 50-kHz-Wechselstromsignal. Bei dieser Frequenz kommt es zu einer hohen Phasenverschiebung zwischen **Ohm-Widerstand (Resistenz R)** und **kapazitärem Scheinwiderstand (Reaktanz Xc)**. Die Resistenz zeigt hohe Korrelationen mit den Referenzmethoden der Körperwasserbestimmungen (>0.95) (Tomczak 2003, S. 37). Die Reaktanz sorgt für den beim Wechselstrom typischen Kondensatoreffekt. Da die doppelwandigen Zellwände aus leitenden Eiweiß- und isolierenden Fettschichten bestehen, wirken sie als typischer biologischer Kondensator. Insofern ist die Feststellung der Reaktanz von besonderem Interesse, wenn es um den Zustand der Körperzellmasse (body cell mass, BCM) geht. Eine junge, gesunde Zelle in voller Funktionsfähigkeit (stoff-

Tab. 4.7 Phasenwinkelwerte (gelten nur für Messungen mit Bianostic-Spezialelektroden für Impedanzmessungen; Quelle: Data Input 2005, S. 18)

Frauen	Männer	Ernährungs- und Trainingszustand
> 7,5	> 7,9	(Meist nur im Leistungssport und bei Bodybuilding)
6,5–7,5	7,0–7,9	Sehr gut
6,0–6,4	6,5–6,9	Gut
5,5–5,9	6,0–6,4	Befriedigend
5,0–5,4	5,5–5,9	Ausreichend
4,0–4,9	4,5–5,4	Mangelhaft
< 4,0	< 4,5	Ungenügend
< 2,0	< 2,5	(Nur bei Inaktivitätsatrophie mit Muskelschwund)

wechselaktiv, sauerstoffverbrauchend, energieumsetzend) hat eine hohe Reaktanz. Bei älteren Zellen mit Schädigungen der Zellmembran kommt es zu Störungen der biologischen Kapazität, was bei Messungen zu geringeren Reaktanzwerten führt. Nach dem Zelltod sinkt der Wert auf Null.

Normalwerte Resistanz (R) und Reaktanz (Xc) (Deutsche Gesellschaft für Ernährung und Sport 2014)

Resistenz:

- Frauen: 480–580 Ohm
- Männer: 380–480 Ohm

Reaktanz: 10–12% des Resistanzwertes

Wichtig

Das Verhältnis zwischen Resistanz und Reaktanz definiert den Phasenwinkel.

Der **Phasenwinkel** steigt mit zunehmendem Anteil der Körperzellmasse. Insofern gibt er eine Auskunft darüber, in welchem Zustand sich die Körperzellen befinden. Für die Gesundheit und Leistungsfähigkeit von Menschen stellt dies einen wichtigen Beurteilungsparameter dar (Tab. 4.7).

Zur validen Messung des Phasenwinkels gehört die exakte Beachtung der Messbedingungen: Der Proband

- muss nüchtern sein (letzte Nahrungs- und Flüssigkeitsaufnahme vor mindestens 2 h),
- hat die Blase entleert,
- hat seine letzte sportliche Betätigung vor mindestens 2 h beendet,

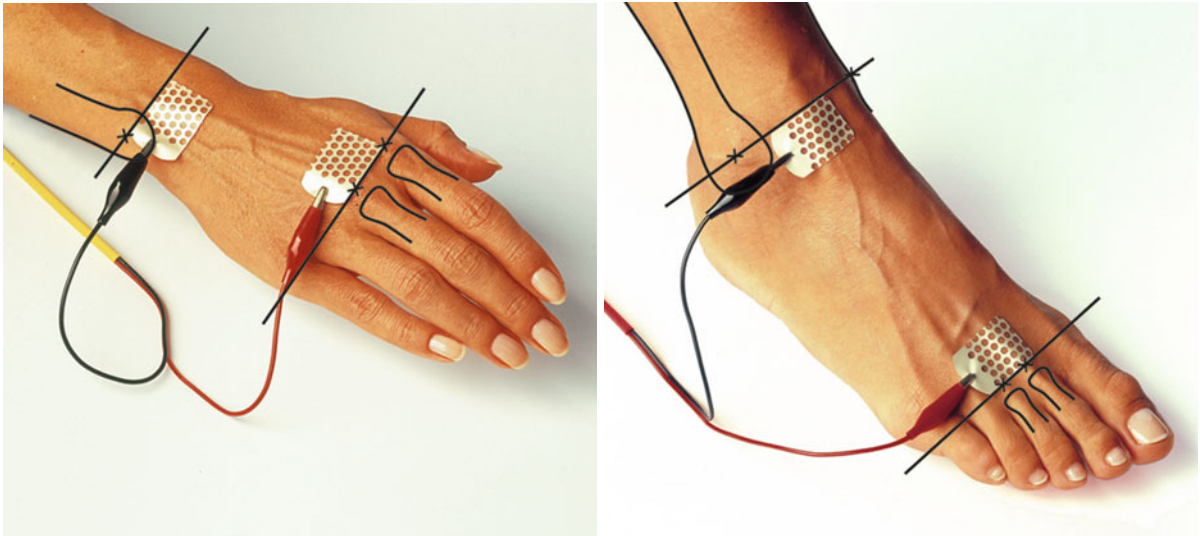
- liegt ca. 5 min flach, ist dabei ruhig und entspannt,
- hat seine Extremitäten abgespreizt, ohne dass sie sich berühren,
- hat sich Hände und Füße nicht eingecremt und
- bekommt seine Kontaktflächen zu den Elektroden vom Testleiter zuvor mit einem Hautdesinfektionsmittel gesäubert.

Besonders zu beachten ist die **Platzierung der Klebeelektroden** (Abb. 4.8): Je zwei gehören an die Hände und zwei an die Füße, wobei die roten jeweils distal (körperfern) und die schwarzen proximal (körpernah) anzubringen sind. Unter Beachtung dieser Bedingungen wird eine hohe Validität ($>0,95$) erzielt, wie eine Vielzahl von Studien in Korrelation mit Referenzmethoden zeigt (Tomczak 2003, S. 37).

Der Anteil an Muskelmasse sinkt ab dem 21.–25. Lebensjahr mit zunehmendem Alter und ist in allen Altersstufen bei Männern höher als bei Frauen. Die Körperfettmasse steigt mit dem Lebensalter und ist generell bei Frauen höher als bei Männern. Die Werte werden neben Umwelteinflüssen wie Bewegungsaktivitäten und Ernährungsbedingungen auch von genetischen und geschlechtsbedingten hormonellen Faktoren beeinflusst.

Die meisten Angaben über den Körperfettgehalt von Menschen basieren auf Untersuchungen von Gallagher et al. (2000), der auf der Basis des BMI Richtlinien eines gesunden Fettanteils für Menschen unterschiedlichen Alters und ethnischer Zugehörigkeit entwickelt hat (Tab. 4.8).

Aus diesen Untersuchungen und aus späteren internationalen (Jackson et al. 2002) und nationalen Studien ist ein Pool mit mehr als 200.000 Daten (o. A. 2014f) entstanden, der Normwerte für den Körperfett- und den Muskelanteil für die kaukasische Bevölkerung (Menschen mit weißer Hautfarbe) nach Alter und Geschlecht zulässt (Tab. 4.9).



■ Abb. 4.8 Korrekte Platzierung der Klebeelektroden bei der BIA-Messung. (© Data-Input GmbH, mit freundl. Genehmigung)

■ Tab. 4.8 Prozentualer Körperfettgehalt von Menschen mit weißer Hautfarbe nach Altersgruppen und BMI (Quelle: Gallagher et al. 2000)

BMI	Körperfettgehalt (%)	
	Frauen	Männer
20–39 Jahre		
< 18,5	21	8
≥ 25	33	21
≥ 30	39	26
40–59 Jahre		
< 18,5	23	11
≥ 25	35	23
≥ 30	41	29
60–79 Jahre		
< 18,5	25	13
≥ 25	38	25
≥ 30	43	31

Zusammenfassung

Wer gezielt Menschen zu einem qualifizierten Manager ihres Körpers motivieren will, benötigt wichtige Informationen über Ihren Lebensstil, ihre Leistungsfähigkeit und Ziele. Ein standardisierter Anamnesebogen informiert über alle relevanten Daten. Die Ergebnisse aus diagnostischen Selbsttests helfen, einen ersten Überblick über ihren Leistungs- und Gesundheitszustand zu bekommen: Ein Fragebogen bestimmt das biologische Alter. Die Ergebnisse aus verschiedenen Messungen (Körpergewicht, Bauchumfang, Puls, Blutdruck, Blutwerte etc.) dokumentieren den Istzustand. Nach dem Einstieg über die Selbstdiagnose stellt sich die Frage, welche Unterstützung medizinisch sinnvoll ist und welche Risiko- und Schutzfaktoren im Labor bestimmt werden sollen? Eine Körpergewebeanalyse liefert aussagekräftigere Informationen als die Waage und dokumentiert die Muskelmasse und den Fettanteil beim Einstieg in ein individuelles Gesundheits- und Präventionsprogramm.

■ Tab. 4.9 Fett- und Muskelmassenanteile in Abhängigkeit von Geschlecht und Lebensalter für hellhäutige Europäer (Arbeitsgemeinschaft AG Wissenschaft 2014)

	Alter	5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90	91-95	96-100
Frauen	Fett-masse	18	20	23	26	26	27	27	28	28	29	31	33	34	35	36	37	37	37	38	38
	Muskel-masse	37	38	36	36	37	36	34	33	32	31	29	28	27	24	23	22	21	20	20	20
Männer	Fett-masse	14	16	15	16	16	17	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	29	30	30
	Muskel-masse	39	39	41	43	44	42	41	39	38	37	36	35	34	33	33	32	30	29	28	27

Literatur

- Altenhofen L (2005) Hochrechnung zur Akzeptanz von Gesundheitsuntersuchungen und Krebsfrüherkennungsuntersuchungen bei gesetzlich Versicherten. Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in der Bundesrepublik Deutschland, Berlin
- Arad Y et al. (2000) Prediction of coronary events with electron beam computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 36(4): 1253–1260
- Bamberger CM (2006) Besser leben – länger leben. 10 gesunde Jahre mehr sind machbar – das individuelle Präventionsprogramm. Droemer Knauer, München
- Barthel H et al. (2011) *Lancet Neurol* 10(5): 424–435
- Berbalk A et al. (2007) S1-Leitlinie Vorsorgeuntersuchung im Sport. Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP)
- Bös K, Feldmeier C (1992) Lexikon: Bewegung & Sport zur Prävention Rehabilitation. Sportinform, Oberhaching
- Clark CE et al. (2012) Association of a difference in systolic blood pressure between arms with vascular disease and mortality: a systematic review and meta-analysis. *Lancet* 905–914; doi:10.1016/S0140-6736(11)61710-8
- Clark R et al. (2009) Genetic variants associated with Lp(a) lipoprotein level and coronary disease. *N Engl J Med*; 361:2518–2528
- Danesh J et al. (2005) Plasma fibrinogen level and the risk of major cardiovascular diseases and nonvascular mortality: an individual participant meta-analysis. *JAMA* 294(14): 1799–1809
- Data Input (2005) Das BIA Kompendium. Digital Druck, Darmstadt
- David MN et al. (1993) Intensive diabetes treatment and cardiovascular disease in patients with type 1 diabetes. diabetes control and complication trial. *NEJM* 329: 977–986
- Einecke D (2012) Fachübergreifender Konsensus regelt Einsatz von CT und MRT. In: <http://springermedizin.de> (Zugriff 12.4.14) basierend auf: 78. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie vom 11.–14.04. Mannheim
- Gallagher D et al. (2000) Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr* 72: 694–701
- Gröber U (2000) Orthomolekulare Medizin. Ein Leitfaden für Apotheker und Ärzte. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Hofmann J (o.J.) http://www.navigator-mezizin.de/herz_gefaesse/die-wichtigsten-fragen-und-antworten-zu-cholesterin-und-fettstoffwechselstoerungen/grundlagen/523-was-ist-der-arteriosklerose-risiko-index.html. (Zugriff 14. Februar 2014)
- Hoppe UC et al. (2005) Leitlinien zur Therapie der chronischen Herzinsuffizienz. *Z Kardiologie* 94: 488–509
- Inzucchi SE et al. (2012) Management of hyperglycaemia in type 2 diabetes: a patient-centered approach. Position statement of the ADA and the EASD. *Diabetes Care* 35: 1364–1379; *Diabetologia* 55: 1577–1596
- Jackson AS et al. (2002) The effect of sex, age and race on estimating percentage body fat from body mass index: The Heritage Family Study. *Int J Obesity* 26: 789–796
- Keil U et al. (2005) Risikoabschätzung tödlicher Herz-Kreislauf-Erkrankungen – Abschätzung, Methoden SCORE-Deutschland. *Dtsch Arztebl* 102(25): 1808–1812
- Khera et al. (2011) Cholesterol efflux capacity, high-density lipoprotein function, and atherosclerosis. *N Engl J Med* 364: 127–135
- Kostis JB et al. (2011): Association Between Chlorthalidone Treatment of Systolic Hypertension and Long-term Survival: *JAMA*. 2011; 306(23):2588-2593. doi:10.1001/jama.2011.182, in: <http://springer.com> (publiziert am: 12.1.2012)
- Leviton EB et al. (2010) Fatty fish, marine ω -3 fatty acids and incidence of heart failure. *Eur J Clin Nutr* 64: 587–594

- Loscalzo J (2006) Homocysteine trials – clear outcomes for complex reasons. *N Engl J Med* 354: 1567–1577
- Marchioli R et al. (1999) GISSI-Prevenzione Investigators: Dietary supplementation with n-3polyunsaturated fatty acids and vitamin E after myocardial infarction: results of the GISSI-Prevenzione trial. *Lancet* 354: 447–455
- McMurray JJV et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012. *Eur Heart J* 33: 1787–1847. doi:10.1093/eurheartj/ehs104
- Overbeck P (2006) <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/herzkreislauf/article/403915/homocystein-senkung-nutzen-sekundaerpraevention.html>. (Zugriff 14. Februar 2014)
- Perk J et al. (2012) European Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice (version 2012). European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 33: 1635–1701
- Raschka C (2006) Sportanthropologie. Sportverlag Strauß, Köln
- Relkin N et al. (2012) Three-year follow-up on the IVIG for Alzheimer's phase II study. AAI; Abstract P3-381 in: <http://springermedizin.de> (Zugriff 19.07.2012)
- Rumberger JA (2001): Electron beam tomography quantitation of coronary calcium and assessment for ischemic coronary disease: A complement to stress testing. In ACC: Current Journal Review 10, Nr. 6, S. 34–38
- Sarkar FH et al. (2009) Harnessing the fruits of nature for the development of multi-targeted cancer therapeutics. *Cancer Treat Rev* 35(7) 597–607
- Schächinger V (2003) Homocystein: kardiovaskulärer Risikofaktor? *Kassenarzt* 19
- Schneider JH et al. (2010) The predictive value of different measures of obesity for incident cardiovascular events and mortality. *Clin Endocrinol Metabol*, 95: 1777–1785; doi:10.1210/jc.2009–1584
- Schnell-Inderst P et al. (2009) Stellenwert des hochsensitiven C-reaktiven Proteins (hs-CRP) als Marker für Herzinfarktgefährdung. HTA Bericht 81 des Deutschen Instituts für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI), Köln
- Schön J (2006) <http://www.labmed.at/medinfo/medinfo%20schwerpunkte/06%20Lpa.pdf>. (Zugriff 14. Februar 2014)
- Seshadri S et al. (2002) Plasmahomocysteine as a risk factor for dementia and Alzheimer disease, *N Engl J Med* 346(7) 476–483
- Spitzbart M (2012) Dr. Spitzbarts Gesundheitspraxis, Ausgabe April, FID, Bonn
- Spitzbart M (2011) Dr. Spitzbarts Gesundheitspraxis, FS-Best-of-18, 5, FID, Bonn
- Spitzbart M, Hahn-Huber M (2012) 40 Jahre fit wie mit 40. Dr. Spitzbarts Gesundheits-Praxis. FID, Bonn
- Stanger O et al. (2003) Konsensuspapier der DACH-Liga Homocystein e.V. *J Kardiol* 10: 190–199
- Stone NJ et al. (2013): ACC/AHA guideline on the treatment of blood cholesterol to reduce atherosclerotic cardiovascular risk in adults: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association. In: <http://springermedizin.de> (publiziert am: 14.11.2013)
- Stulnig T (2009) Stoffwechsel und Entzündung – zwei Gegenspieler. Vortrag beim Kongress der Zentraleuropäischen Diabetes-Gesellschaft, Internationales Donau-Symposium über Diabetes mellitus, Salzburg
- Thomas L (2005) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik. TH-Books, Frankfurt
- Tomczak J (2003) Körperanalysen: Die bioelektrische Impedanzanalyse BIA. Wissenschaftsmagazin f.i.t. der DSHS, 1/2003 Köln, S. 34–40
- Vickers A et al. (2011) <http://jnci.oxfordjournals.org/content/early/2011/02/24/jnci.djr028.abstract>. (Zugriff 12. Februar 2014)
- Voight BF et al. (2012) Plasma HDL cholesterol and risk of myocardial infarction: a mendelian randomisation study. *Lancet* 380(9841) 572–580
- Zänker K S, Becker N (2006) http://www.krebsgesellschaft.de/rauchen_rauchengesundheit,1051.html. (Zugriff 12. Februar 2014)
- O. A. (2003) <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=211>. (Zugriff 14. Februar 2014)
- O. A. (2010a) <http://www.measureup.gov.au/internet/abhi/publishing.nsf/content/home>. (Zugriff 12. Februar 2014)
- O. A. (2010b) <http://www.aerztezeitung.de/medizin/krankheiten/demenz/article/633343/hohe-homocystein-werte-kuendigen-schnelle-alzheimer-progression.html>. (Zugriff 14. Februar 2014)
- O. A. (2012) http://www.lipid-liga.de/cms/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=51. (Zugriff 14. Februar 2014)
- O. A. (2014a) http://zv.uni-leipzig.de/service/presse/pressemeldungen.html?ifab_modus=detail&ifab_id=4159. (Zugriff 12. Februar 2014)
- O. A. (2014b) http://zv.uni-leipzig.de/service/presse/pressemeldungen.html?ifab_modus=detail&ifab_id=4159. (Zugriff 12. Februar 2014)
- O. A. (2014c) http://www.labor-limbach.de/Leistungsverzeichnis.leistungsverzeichnis.0.html?&no_cache=1&tx_laboratoryeditor_pi1%5Bs_uid%5D=1278 (Zugriff am 14.02.2014)
- O. A. (2014f) http://www.egofit.de/biadata_org/biadata_members.html (Zugriff am 16.02.2014)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung und Sport (2014) <http://www.fettmessung.de/index.php?id=218> (Zugriff am 16.02.2014)
- Arbeitsgemeinschaft AG Wissenschaft (2014) www.wissenschaft.de (Zugriff am 16.02.2014)

Trainingsprogramme aus medizinischer Sicht

Bernd Gimbel

5.1 Die richtige Dosis – 76

**5.2 Evidenzbasierte Medizin: Gesicherte medizinische
Empfehlungen – 78**

Literatur – 80

Die Bedeutung von Bewegung für die Gesundheit und zur Prävention von Krankheiten in allen Altersstufen ist international seit langem in allen medizinischen Fachdisziplinen unumstritten (US Department of Health and Human Services 1996) und hat sich mittlerweile auch in weiten Teilen der Bevölkerung durchgesetzt.

➤ Wichtig

Sport ist die beste Medizin und – richtig betrieben und dosiert – ohne Nebenwirkungen.

Wenn Trainer ihre Kunden nach deren Aktivitätsprofil fragen, ist zu überlegen, ob sie dabei den Begriff »Sport« oder »Bewegung« für gesundheitlich orientierte körperliche Aktivitäten verwenden. Im Falle von sportlichen Aktivitäten verfolgen die Kunden nicht mit oberster Priorität eine Gesundheitsförderung, sondern eher eine Leistungsoptimierung oder einen Wettkampf mit Gleichgesinnten – es sei denn, im Rahmen des Gesundheitssports. Außerdem besteht bei Verwendung des Begriffs »Sport« die Gefahr, gerade jene Personengruppe auszugrenzen, der Bewegung den meisten Benefit brächte: die Unfiten, Adipösen und Kranken.

5.1 Die richtige Dosis

Aus medizinischer Sicht stellt sich unabhängig vom verwendeten Begriff für die physischen Aktivitäten zur Gesundheitsförderung die Frage nach der richtigen Dosis: Was ist wie häufig und wie lange, mit welcher Intensität zu tun, um die Gesundheit optimal zu fördern? Und: Wie können jene Personen »abgeholt« werden, die bislang wenige oder keine Bewegungserfahrungen haben, für die jedoch körperliche Belastungen die beste Medizin wären?

Bezüglich der Frage nach der richtigen Dosis physischer Aktivität sind die Empfehlungen sehr unterschiedlich: Sie gehen seitens der Sportmedizin von einem täglichen Verbrauch von 300–400 kcal zusätzlich zum Grundumsatz aus (Rost 1994) bis hin zum HEPA-Konzept (Health Enhancing Physical Activity der WHO), das mit 1200 kcal pro Woche im Vergleich dazu recht bescheiden klingt.

Die von der Sportmedizin propagierten 2100–2800 kcal pro Woche entsprechen dem Kalorienverbrauch, den Menschen in der Zeit zwischen 1950–1990 in der Bundesrepublik Deutschland weniger an körperlicher Aktivität verbrauchten als heute (Hollmann 2002). Eine 70 kg schwere Person muss dafür ca. 30 min Treppen steigen, 40 min mit 10 km/h joggen, 60 min mit 21 km/h Rad fahren und 60 min mit 6 km/h spazieren gehen.

➤ Wichtig

Unabhängig vom Kalorienverbrauch sehen Sportmediziner eine tägliche Bewegungsaktivität von mindestens 30–40 min als optimal an.

Eine Zusammenfassung von verschiedenen medizinischen Untersuchungen (Metaanalyse) berechnet den Nutzen zur Prävention von koronaren Herzerkrankungen. Danach sinkt das Risiko einer Erkrankung für denjenigen, der sich 150 min pro Woche körperlich belastet, um 14% und um weitere 6% bei der doppelten Zeitinvestition. Mit 750 min Training pro Woche erhöht sich der kardioprotektive Effekt auf 25% (Sattelmair et al. 2011).

Kunden, die dies aus Zeit- oder Motivationsgründen nicht gewährleisten können oder wollen, werden neuere Untersuchungen gefallen (Little et al. 2010; Wahl et al. 2010; Gibala 2012). Durch hochintensives, kurzes Training (3-mal 20–30 s) 3-mal die Woche (HIT-Methode) lassen sich Verbesserungen der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit nachweisen.

Bei dieser Diskussion ist zu bedenken, dass Bewegungsmangel das relevante gesellschaftspolitische Thema mit höchster Priorität darstellt. Deshalb ist es fraglich, ob die Suche nach möglichst kurzen, wenn auch effizienten Trainingsumfängen zielführend ist. Wer versucht, seine verfügbare Zeit zumindest auf zweimal je 1 h oder dreimal 30–60 min pro Woche zu verteilen, um präventiv aktiv zu sein, hat immerhin noch 164–165 Wochenstunden, um sich anderen Tätigkeiten zu widmen.

Schlicht u. Brand (2007) fordern als gesundheitlich optimales Quantum:

- Aktivität im Alltag, wann und wo immer es möglich ist
- Ausdauertraining 2- bis 4-mal pro Woche 30–40 min
- Mit gymnastischen Dehnübungen die Beweglichkeit jeden 2. Tag erhalten oder verbessern
- Muskulatur 2-mal pro Woche kräftigen

Diese auf den Umfang und die Häufigkeit bezogenen Richtlinien gilt es zu konkretisieren, denn gezielte Anpassungsprozesse zu provozieren erfordert, die richtige Intensität für die Belastungen zu finden, sowohl beim Ausdauer- als auch beim Krafttraining.

Ausdauertraining

Im Ausdauerbereich sollte die Intensität im Rahmen von 50–80% der individuellen maximalen Leistungsfähigkeit liegen. Diese lässt sich beispielsweise subjektiv über die Borg-Skala bestimmen. Der schwedische Sportmediziner Gunnar Borg (1998) entwickelte eine Skala der subjektiv wahrgenommenen Anstrengung (received perception of exertion, RPE) von 6 bis 20. Das ACS (American College of Sports Medicine) empfiehlt, für gesundheitsorientiertes

Training einen RPE-Wert von 12 bis 16 einzuhalten (Borg 2004).

Zur Berechnung von **Belastungsintensitäten** für gesundheitsorientiertes Training stehen verschiedene Formeln als Richtwerte zur Verfügung. Die einfachste lautet:

➤ Wichtig

Trainingsherzfrequenz (THF) = 180 Herzschläge pro Minute minus Lebensalter

Eine andere Formel berechnet eine Trainingszone prozentual zur **maximalen Herzfrequenz** HF_{\max} (Männer 220/min, Frauen 226/min) oder bezieht – wie bei der Karvonen-Formel – die **Ruhe-Herzfrequenz** (Ruhe-HF) mit ein (Hollmann u. Hettinger 2000; Schlicht u. Brand 2007):

$$THF = 50\text{--}70\% \text{ (} 60\text{--}80\% \text{) von } HF_{\max}$$

$$THF = \text{Ruhe-HF} + (HF_{\max} - \text{Ruhe-HF}) \times 0,5 \text{ (} 0,6 \text{ bis } 0,7 \text{ (} 0,8 \text{))}$$

Einen Algorithmus zur Bestimmung von Herzfrequenzen zur Trainingssteuerung hat Hottenrott (2007, S. 14 ff) entwickelt. Da Frauen eine geringere Muskelmasse, andere anthropometrische Maße, eine verminderte Sauerstofftransportkapazität, ein kleineres Blutvolumen und eine niedrigere Testosteronproduktion besitzen als Männer, bezieht er in seiner Formel für die Trainings-Herzfrequenz (THF) auch Geschlechtstfaktoren (GF_i), Leistungsfaktoren (LF_i) und Trainingszielfaktoren (TZ_i) mit ein:

$$THF = HF_{\max} \times 0,70 \times LF_i \times TZ_i \times GF_i \times SP_i$$

$HF_{\max} = 208 - (0,7 \times \text{Lebensalter})$ (beim Erwachsenen)

$HF_{\max} = 220 - \text{Lebensalter}$ (beim Kind, Jugendlichen)

LF_i : i1 = 1,0 Einsteiger; i2 = 1,03 Fitnesssportler; i3 = 1,06 Leistungssportler

TZ_i : i1 = 1,0 GA1; i2 = 1,1 GA1-2; i3 = 1,2 GA2 (GA = Grundlagenausdauer)

GF_i Frauen: i1 = 1,10 niedrige; i2 = 1,06 mittlere; i3 = 1,03 hohe Intensität; Männer: i4 = 1,0

SP_i = Sportartfaktoren (i1 = 1 Laufen)

All diese Formeln und Richtwerte beziehen sich neben der Einschätzung des subjektiven Belastungsempfindens auf die Messung der Herzfrequenz. Da aber die Ausdauerleistungsfähigkeit nicht nur vom Herz-Kreislaufsystem, sondern auch von der Sauerstoffversorgung über die Atmungsorgane und von stoffwechselphysiologischen Parametern bestimmt wird, hat die Herzfrequenz alleine nur eine begrenzte Aussagekraft. Trainer mit dem Anspruch, ihren Kunden korrekte und persönliche Trainingsempfehlungen – auch in unterschiedlichen Disziplinen – zum Erreichen ihrer Ziele zu geben, werden

sich deshalb damit nicht zufrieden geben, sondern ihren Kunden eine Leistungsdiagnostik mit Laktatmessungen und/oder Spiroergometrie anbieten. Sie liefert die notwendigen Informationen, das Training so zu dosieren, dass dabei weder eine Unter- noch Überforderung stattfindet.

➤ Wichtig

Kein fundiertes Training ohne qualitätssichernde Diagnostik!

Krafttraining

Dasselbe gilt für das Kraft-, Beweglichkeits- und Koordinationstraining. Zwischen dem 20. und 70. Lebensjahr gehen ca. 20–40% der Skelettmuskelkraft all jenen verloren, die sich nicht darum kümmern (Hollmann u. Hettinger 2000). Mit dem Aufbau von Muskulatur entsteht stoffwechselaktives Gewebe, das sogar bei körperlicher Ruhe Kalorien »verbrennt«, indem der Grundumsatz des Körpers steigt. Eine Balance des Bewegungsapparates sorgt außerdem für eine gute Körperhaltung und reduziert die Wahrscheinlichkeit von (Rücken-)Beschwerden (Harter et al. 2005).

Für das Krafttraining gelten dieselben Prinzipien wie beim Ausdauertraining: Überschwellige Reize müssen es sein, die individuell gestaltet, spezifisch und dauerhaft gesetzt werden. An mindestens 2 (nicht aufeinanderfolgenden) Tagen pro Woche sollten 8–10 Übungen mit 8–12 Wiederholungen durchgeführt werden (Haskell et al. 2007, S. 1423 ff). Für den Aufbau von Muskelmasse muss die Intensität auch bei älteren Menschen bei 60–85% der Maximalkraft liegen (Mayer et al. 2011).

Wie beim Ausdauertraining ist auch für das Krafttraining wichtig: Nur eine Diagnostik kann die exakte Belastungsintensität feststellen. Noch stärker als beim Ausdauertraining ist darüber hinaus auf das **Erlernen der korrekten Bewegungsabläufe** zu achten, um Verletzungen am Muskel-Skelett-System vorzubeugen.

Praxistipp

Techniktraining hat bei Trainingsbeginn Vorrang vor dem Einhalten definierter Intensitäten!

Bei diesen Empfehlungen handelt es sich nicht um durch empirische Forschung eindeutig belegte Werte, sondern um eine Abwägung aus der vorhandenen Literatur und eigenen Erfahrungen. Weniger Einsatz bringt einen geringeren gesundheitlichen Nutzen. Jede weitere Bewegungsinvestition dient der Leistungssteigerung.

➤ Wichtig

Je umfangreicher, intensiver und häufiger das Training stattfindet, desto größer wird ab einer bestimmten Dosis die Gefahr, dass sich der gesundheitliche Nutzen reduziert.

Beim Kongress EuroPrevent 2012 der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) in Dublin wurde eine Studie vorgestellt, die belegt, dass männliche Jogger im Schnitt 6,2 Jahre und weibliche Jogger 5,6 Jahre länger lebten als ihre nichtjoggenden Zeitgenossen. Dabei hat die »Dosis-Wirkungs-Beziehung« einen U-förmigen Verlauf und ähnelt der des Alkoholkonsums. Mittlere Dosen sind besser als hohe oder (Bewegungs-)Abstinenz. Bei Joggern, die 2- bis 3-mal pro Woche für insgesamt 1–2,5 h trainierten, war die Mortalität relativ am niedrigsten (Schnohr 2012).

Detaillierte Informationen zur Trainingssteuerung sind in ► Teil III und ► Teil IV zu finden.

Bewegung ist nicht allein in der Primärprävention von Bedeutung, um eine Krankheit zu verhindern oder ihre Entstehung zu verlangsamen. Die »Leitlinie körperliche Aktivität zur Sekundärprävention und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen« der Deutschen Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation von Herz-Kreislauf-Erkrankungen e. V. (DGPR) »fasst die aktuelle internationale und nationale Evidenz zusammen und leitet daraus Empfehlungen ab, die zum bestmöglichen Einsatz von körperlicher Aktivität und Training im Rahmen der Sekundärprävention und Therapie von Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen führen sollen« (Bjarnason-Wehrens et al. 2009, S. 2).

5.2 Evidenzbasierte Medizin: Gesicherte medizinische Empfehlungen

Evidenzbasierte Medizin (EBM) hat den Ursprung im veröffentlichten Buch »Effectiveness and efficiency: random reflections on health services« (Cochrane 1989). Demnach werden klinische Studien nach ihrer Aussagefähigkeit in die **Evidenzklassen Ia–IV** eingeteilt:

- **Klasse Ia:** Evidenz durch wenigstens eine Metaanalyse auf der Basis methodisch hochwertiger, randomisierter, kontrollierter Studien
- **Klasse Ib:** Evidenz aufgrund von mindestens einer ausreichend großen, methodisch hochwertigen randomisierten, kontrollierten Studie
- **Klasse IIa:** Evidenz aufgrund von mindestens einer gut angelegten (hochwertigen), jedoch nicht randomisierten und kontrollierten Studie
- **Klasse IIb:** Evidenz aufgrund von mindestens einer gut angelegten quasi-experimentellen Studie

- **Klasse III:** Evidenz aufgrund gut angelegter (methodisch hochwertiger), nicht experimenteller, deskriptiver Studien wie Vergleichs-, Korrelations- oder Fall-Kontroll-Studien
- **Klasse IV:** Evidenz aufgrund von Berichten der Expertenausschüsse oder Expertenmeinungen bzw. klinischer Erfahrung (Meinungen und Überzeugungen) anerkannter Autoritäten; beschreibende Studien

➤ Wichtig

Je höher die Evidenzklasse, desto besser ist die wissenschaftliche Begründbarkeit für eine Therapieempfehlung.

Die Bewertung der Evidenz (vollständige und unbezweifelbare Einsicht) und der Empfehlungsgrade erfolgt nach der internationalen Klassifizierung der European Society of Cardiology (ESC) mit dem Ziel, »wissenschaftlich gesicherte Daten zu körperlicher Aktivität bzw. körperlichem Training in der Sekundärprävention kardiovaskulärer Erkrankungen zusammenzufassen und daraus evidenzbasierte Empfehlungen für die praktische Durchführung trainingsbasierter Interventionen in der langfristigen Betreuung kardiovaskulärer Patienten abzuleiten.« (ESC 2009, S. 4)

Diese Empfehlungen sind von besonderer Bedeutung, weil sie die Möglichkeiten zur Prävention der modernen Zivilisationskrankheiten (metabolisches Syndrom) auf der Basis epidemiologischer Studien belegen. Die nachfolgende Auflistung ist ausschließlich auf einige **Ergebnisse der Klasse Ia** bezogen, d. h., es besteht Evidenz und/oder eine allgemeine Übereinkunft darüber, dass die unten aufgeführten Therapieformen oder diagnostischen Maßnahmen effektiv, nützlich oder heilsam sind. Die Daten resultieren aus mehreren ausreichend großen, randomisierten Studien (mit zufälliger Verteilung der Probanden in Versuchsgruppen) oder Metaanalysen.

Gesicherte Aussagen zur Trainingsplanung

- Patienten mit bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren wie Hypertonie, gestörte Glukosetoleranz, metabolischem Syndrom, Typ-2-Diabetes, Fettstoffwechselstörungen und/oder Übergewicht bzw. Adipositas sollten ein individuelles körperliches Training zur Steigerung der körperlichen Belastbarkeit und Verbesserung von Risikofaktoren zur Prävention ischämischer Herzerkrankungen durchführen.
- Bevorzugt sollten mindestens 3-mal pro Woche aerobe Ausdauerbelastungen (z. B. in Form von Walking, Nordic-Walking, Radfahren und/oder Schwimmen) mit niedriger bis moderater Intensität durchgeführt werden.

- Das Training sollte durch eine aktive Lebensweise unterstützt werden.
- Durch regelmäßiges aerobes Ausdauertraining können folgende Effekte erzielt werden:
 - Senkung des systolischen und diastolischen Blutdrucks
 - Verbesserung der Insulinsensitivität und Senkung der HbA_{1c}-Konzentration
 - Senkung der Triglyzeride und/oder Erhöhung der HDL-Cholesterinwerte
- Durch regelmäßiges Krafttraining kann eine Verbesserung der Insulinsensitivität erzielt werden.
- Regelmäßiges körperliches Training ist ein wirksames Mittel zur Verhinderung und Behandlung von Übergewicht und Adipositas.
- Bei Patienten mit chronischer ischämischer Herzkrankung ist die Teilnahme an Trainingsinterventionen, insbesondere aerobem Ausdauertraining, mit einer Senkung der Gesamt- und kardialen Mortalität assoziiert.
- Bei Patienten mit chronischer ischämischer Herzkrankung und chronischer Herzinsuffizienz ist die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2peak}) unter Belastung ein eindeutiger prognostischer Prädiktor.
- Durch regelmäßiges aerobes Ausdauertraining können die körperliche Leistungsfähigkeit, die maximale Sauerstoffaufnahme und die symptomfreie Belastbarkeit erhöht werden.
- Regelmäßig durchgeführt, verbessert aerobes Ausdauertraining die körperliche Leistungsfähigkeit und kann einen positiven Einfluss auf kardiovaskuläre Risikofaktoren (Hypertonie, Fettstoffwechselstörungen, Diabetes mellitus, Übergewicht/Adipositas) und die Prognose erzielen.
- Für den Bereich der Sekundärprävention sollte ein Training nach der Dauermethode (z. B. mit mindestens 30 min konstanter Belastung) angestrebt werden.
- Die Festlegung und Kontrolle der Trainingsintensität sollte auf der Basis eines Ergometertests mit EKG- und Blutdrucküberwachung erfolgen (Ermittlung der maximalen Herzfrequenz, der maximalen Leistung in Watt [W], einer evtl. vorhandenen Ischämieschwelle, des Blutdruckverhaltens unter Belastung – und dadurch mögliche Bestimmung der individuellen Trainingsbelastung und des Trainingspulses).
- Ein aerobes Ausdauertraining sollte an mindestens 3 Tagen pro Woche, am besten jedoch täglich für mindestens 30 min erfolgen.
- Körperliche Aktivitäten mit niedriger Intensität – wie z. B. spazieren gehen in der Ebene – können

und sollten täglich (auch mehrmals täglich) absolviert werden.

- Durch ein individuell angepasstes Krafttraining können eine Zunahme der Muskelmasse und der Muskelkraft und eine Verbesserung des Muskelmetabolismus erzielt werden.
- Ein individuell angepasstes Krafttraining kann dem altersbedingten Verlust an Knochenmasse nach der Menopause der Frauen entgegenwirken.
- Durch individuell angepasste Trainingsinterventionen kann bei Patienten im stabilen Stadium einer KHK eine Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit, der symptomfreien Belastbarkeit, der Lebensqualität und der Prognose erzielt werden.

Bei all den positiven Faktoren, die Bewegung bekanntlich auf die Gesundheit und die Prävention von Krankheiten ausübt, können dennoch auch **gegenteilige Effekte** auftreten. Aus einer Metaanalyse von sechs Interventionsstudien mit insgesamt 1687 Probanden geht hervor, dass sich bei ca. 10% der Probanden trotz regelmäßigem Bewegungstraining über 20–24 Wochen gesundheitlich ungünstige Effekte einstellten (Bouchard et al. 2012): Der systolische Blutdruck stieg um mehr als 10 mmHg (12,2%), die Triglyzeride erhöhten sich um 36,7 mg/dl (10,3%), der Nüchterninsulinspiegel stieg um 3,4 mU/l (8,3%) und das HDL-Cholesterin sank um mindestens 4,6 mg/dl (13,3%).

Diese Studie sollte allerdings nicht als Argument für Couch Potatoes dienen, ihr inaktives Leben fortzusetzen. Immerhin profitieren laut Statistik 90% der Bevölkerung von Bewegungsaktivitäten. Die Zusammenhänge beweisen nachdrücklich die Bedeutung eines von Experten betreuten Körpermanagement-Prozesses, um die positiven Effekte von Trainingsmaßnahmen zu nutzen und negative im Einzelfall auszuschließen.

Zusammenfassung

Die Bedeutung von Bewegung für die Gesundheit und zur Prävention von Krankheiten ist unabhängig von Altersstufen international seit langem in allen medizinischen Fachdisziplinen unumstritten. Sport ist die beste Medizin. Wenn die Dosis stimmt, sogar ohne Nebenwirkungen. Doch welches ist die richtige Dosis? Wie häufig soll wie lange was trainiert werden, um den optimalen gesundheitlichen Nutzen zu erzielen? Die »Dosis-Wirkungs-Beziehung« verläuft U-förmig: Je umfangreicher, intensiver und häufiger das Training, desto größer wird ab einer bestimmten Dosis die Gefahr, dass sich der gesundheitliche Nutzen reduziert. Die Leitlinie körperliche Aktivität zur Sekundärprävention und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen der Deutschen Gesellschaft für Prävention und Rehabilitation von Herz-Kreislauf-Erkrankungen gibt Auskunft über die Evidenz von Therapieformen und diagnostischen Maßnahmen, die nützlich oder heilsam sind.

- Sattelmair J et al. (2011) Dose response between physical activity and risk of coronary heart disease: a meta-analysis. *Circulation* 124: 789–795. DOI: 10.1161/CIRCULATIONAHA.110.010710
- Schlicht W, Brand R (2007) Körperliche Aktivität, Sport und Gesundheit. Eine interdisziplinäre Einführung. Juventa, Weinheim
- Schnohr P (2012) Regular jogging shows dramatic increases in life expectancy. *EuroPrevent*, Dublin, 03.–05.05.
- US Department of Health and Human Services (1996). Physical activity and health: A report of the Surgeon General Centers for Diseases Control and Prevention. Atlanta, USA
- Wahl P et al. (2010a) High intensity training (HIT) für die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit im Leistungssport. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumatol* 58 (4) 125–133
- Wahl P et al. (2010b) High Intensity Training (HIT) für die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Normalpersonen und im Präventions- & Rehabilitationsbereich. *Wiener Med Wochenschr* 160(23–24) 627–636

Literatur

- Bjarnason-Wehrens B et al. (2009) Leitlinie körperliche Aktivität zur Sekundärprävention und Therapie kardiovaskulärer Erkrankungen. *Clin Res Cardiol Suppl* 4: 1–44
- Borg G (2004) Anstrengungsempfinden und körperliche Aktivität. *Dtsch Arztebl* 101: 1016–1021
- Bouchard C et al. (2012) Adverse metabolic response to regular exercise: is it a rare or common occurrence? *PLoS ONE* 7(5) e37887. DOI: 10.1371/journal
- Cochrane A L (1989) Effectiveness and efficiency: random reflections on health services. Nuffield Provincial Hospitals Trust, London
- Gibala M et al. (2012) Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol* 590.5: 1077–1084
- Harter W et al. (2005) Menschen in Bewegung. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln
- Haskell WL et al. (2007) Physical activity and public health: updated recommendation for adults from the American College of Sports Medicine and the American Heart Association. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1423–1434
- Hollmann W (2002) Körperliche Aktivität und Gesundheit. Vortrag anlässlich des 80-jährigen Jubiläums der Präha Anna Herrmann Schule, Kerpen
- Hollmann W, Hettinger T (2000) Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer, Stuttgart
- Hottenrott K (2007) Neue Herzfrequenzformel. *Medicalsports network* 04: 14–16
- Little JP et al. (2010) A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol* 588(6) 1011–1022
- Mayer F et al. (2011) Intensität und Effekte von Krafttraining bei Älteren. *Dtsch Arztebl Int* 108(21) 359–364
- Rost R (1994) Sport und Gesundheit. Springer, Berlin

In Balance – Muskeln, Faszien, Gelenke

- Kapitel 6** **Anatomie und Physiologie
des Bewegungsapparats** – 83
Bernd Gimbel
- Kapitel 7** **Verfahren zur Diagnostik von Kraft, Beweglichkeit
und Koordination** – 103
Bernd Gimbel
- Kapitel 8** **Training des Bewegungsapparats** – 115
Bernd Gimbel
- Kapitel 9** **Körpermanagement am Beispiel eines
chronischen Rückenschmerzpatienten** – 137
Bernd Gimbel

Anatomie und Physiologie des Bewegungsapparats

Bernd Gimbel

6.1 Aktive und passive Anteile des Bewegungsapparats – 84

6.1.1 Skelettsystem – 84

6.1.2 Muskulatur – 85

6.1.3 Faszien – 89

6.1.4 Messung der Muskellänge und -spannung – 91

6.2 Bewegungsebenen und muskuläre Dysbalance – 93

6.3 Anatomie des Bewegungsapparats – 94

6.3.1 Rumpf und Wirbelsäule – 94

6.3.2 Kopf (Schädel) und Halswirbelsäule – 98

6.3.3 Schulter und Arme – 99

6.3.4 Hüfte und Beine – 100

Literatur – 101

■ Einseitigkeit zerstört die Balance im Organismus

Bei Betrachtung der (all)täglichen Belastungen wird deutlich, dass die Menschen heutzutage unter erheblicher motorischer Einseitigkeit leben und leiden. Aus Unter-, Über- und Fehlbelastungen entwickeln sich Dysbalancen, die mit der Zeit zu Beschwerden führen können.

Bereits nach dem Aufstehen beim Zähneputzen begeben sich die Arme in Körpervorhalte und verbleiben dort mit wenigen Ausnahmen bis zum Schlafengehen. Die meisten Arbeiten, ob am PC, am Steuer oder bei den Mahlzeiten am Tisch, werden im Sitzen mit den Armen vor dem Körper erledigt. Dies hat zur Folge, dass sich die Brustmuskulatur in »Dauerkontraktion« befindet, die obere Rückenmuskulatur dagegen in »Dauerdehnung«. Durch andauerndes Sitzen sind auch die Hüftbeuger und die Muskelgruppen auf der hinteren, oberen Beinseite (ischio-krurale Muskeln) dauerhaft angespannt (■ Abb. 6.1).

Die Wirbelsäule dient beim Sitzen, Stehen und bei allen Bewegungen als Stütze. Wenn die sie stabilisierende Muskulatur ermüdet, kann sie diese Funktion nicht mehr erfüllen. Der Rumpf sackt zusammen. Dabei kommt es zu Fehlbelastungen des schwächsten Glieds innerhalb der Kette, der Bandscheiben. Die Hals- und Nackenmuskeln sind ebenfalls im Dauereinsatz, denn auch sie müssen über viele Stunden den Kopf »hochhalten«. Verspannungen der Schulter-Nacken-Muskulatur, Kopfschmerzen oder gar Bandscheibenvorfälle der Halswirbelsäule sind die Folge.

Die zahlreichen AU-Tage durch Beschwerden und Krankheiten am Bewegungsapparat von Arbeitnehmern in Unternehmen, das Thema Rückenschmerz auch schon bei jungen Menschen sowie die demografische Entwicklung mit zunehmend älteren Menschen innerhalb der Bevölke-

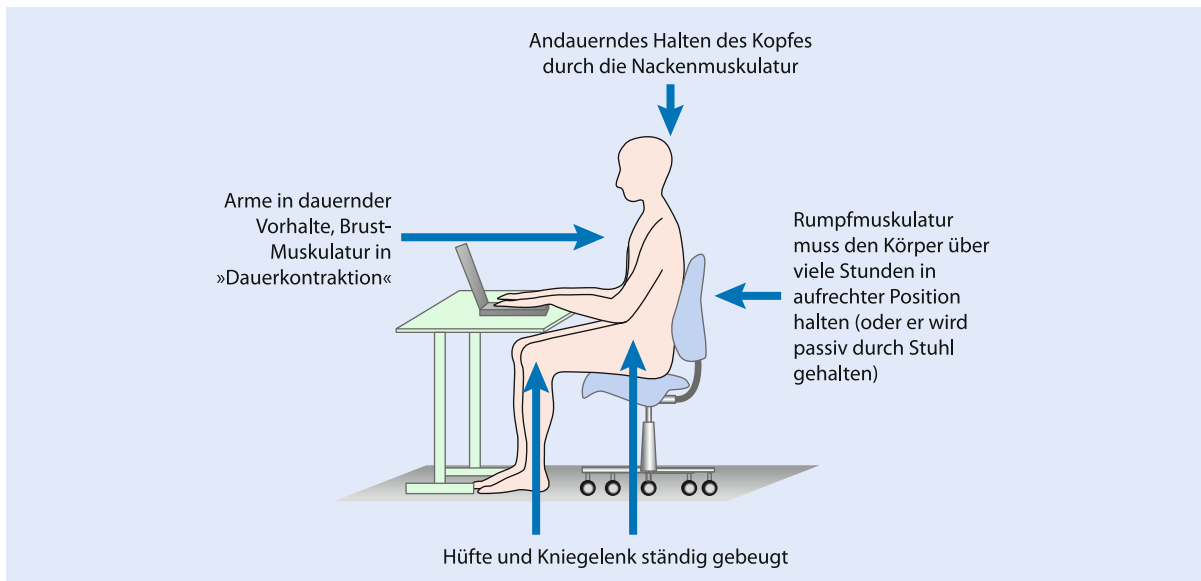
rung sind überzeugende Argumente dafür, dieses Thema mit höchster Priorität zu behandeln (► Kap. 1). Wenn es gelingt, Menschen zu motivieren, ihren Bewegungsapparat »in Balance« zu halten oder zu bringen, wird das Gesundheitssystem finanziell entlastet und vor allem die Lebensqualität der Menschen enorm verbessert. Deshalb sind alle Experten, ob Trainer, Lehrer, Physiotherapeuten, Ärzte etc. in Kindergärten, Schulen, Unternehmen, Vereinen, Therapieeinrichtungen, Praxen, Altenheimen etc. gefordert, einen qualifizierten Beitrag aus ihrem Fachbereich zu leisten.

6.1 Aktive und passive Anteile des Bewegungsapparats

Der **passive Teil** des Bewegungsapparats besteht aus dem Skelett mit seinen rund 200 Knochen und Knorpeln. Einige Knochen sorgen für Stabilität und Schutz (z. B. Ober-schenkel-, Becken-, Schädelknochen), die anderen dienen mehr der Beweglichkeit (z. B. Finger- und Fußknochen). Den **aktiven Teil** bilden ca. 650 Skelettmuskeln und das Bindegewebe, das den gesamten Körper wie ein Netz durchzieht. Gemeinsam stellen sie das Gerüst menschlicher Bewegung dar.

6.1.1 Skelettsystem

Die chemischen Eigenschaften der **Knochen** und ihre Anordnung zu einem Gliedersystem (**Skelett**) erfüllen die besten Voraussetzungen zur Bildung eines stabilen, wider-



■ Abb. 6.1 Einseitige Belastung des Bewegungsapparats am Arbeitsplatz

standsfähigen Gerüsts, das – im Unterschied zum Baugeüst – zugleich auch dynamische Funktionen ausüben kann. Je nach Beanspruchung wirken unterschiedliche Kräfte, denen es widerstehen muss. Die **chemische Zusammensetzung** der Knochensubstanz aus organischen und anorganischen Anteilen trägt zu dieser Aufgabe bei. Die Kombination der beiden Bestandteile entspricht dem Verbundprinzip des Stahlbetons und verleiht dem Knochengerrüst eine optimale Widerstandsfähigkeit gegenüber Belastungen.

Die chemische Zusammensetzung ist weder bei allen Knochen eines Menschen noch bei den entsprechenden Knochen verschiedener Menschen gleich. Sie ist abhängig vom Entwicklungsstand, von der Ernährung bereits im Kindesalter und von den Bewegungsaktivitäten. Pflanzliche Ernährung steigert die organischen Bestandteile und hochbelastete Knochen (wie z. B. Wirbel, Oberschenkelknochen etc.) besitzen einen höheren Kalkanteil, ohne dabei ihre Elastizität einzubüßen. Rauchen, der Konsum von Alkohol oder die Einnahme von Medikamenten können in späterem Alter zur Knochendemineralisierung (Dekalzifizierung) führen. Mit einer erhöhten Kalziumausscheidung steigt die Gefahr, an Osteoporose zu erkranken.

➤ Wichtig

Die Beanspruchung des Skeletts wirkt sich auf Form und Aufbau eines Knochens aus.

Bei minder beanspruchten Körperteilen setzt rasch eine Knochenmaterialresorption ein. Dieses Phänomen führte bei den ersten Raumfahrten zu medizinischen Problemen, denn in schwerelosem Zustand war der Abbau von Kalziumsalzen so groß, dass er die Nierenfunktionen beeinträchtigte. Mittlerweile gehört deshalb ein gezieltes Gymnastikprogramm zum täglichen Ablauf der Astronauten.

6.1.2 Muskulatur

Die Muskeln stellen einen Teil des aktiven Bewegungsapparats dar. Über das motorische Nervensystem laufen elektrische Impulse vom Gehirn durch das Rückenmark zur Skelettmuskulatur. Sie versetzen die innervierten Muskelgruppen in einen Spannungszustand (Muskeltonus; ► s. u.) und lösen Kontraktionen aus. Auf diese Weise kontrahieren die Skelettmuskeln im Unterschied zu den Muskeln der inneren Organe (glatte Muskulatur) und des Herzmuskels »auf Befehl«. Zusätzlich stabilisieren kleine autochthone Muskeln (z. B. Mm. multifidi) die Wirbelsäule und richten sie auf. Sie korrigieren ständig automatisch die »neutrale Zone« der übereinanderliegenden Segmente zueinander (Panjabi 1992).

Unabhängig von der vielfältigen Form haben alle Skelettmuskeln denselben Aufbau. Wegen ihrer mikroskopi-

schen Struktur werden sie als **quergestreifte Muskeln** bezeichnet. Sie sind in Einheiten nach Größe organisiert (■ Abb. 6.2 und ■ Abb. 6.3):

- Muskelfaserbündel
- Muskelfasern (= Muskelzellen)
- Myofibrillen und
- Myofilamente

Die funktionellen Einheiten der Myofibrillen sind die Sarkomere, welche die typische Querstreifung aufweisen, die durch die spezifische Anordnung der kontraktile und stabilisierenden Proteine Aktin, Troponin, Myosin und Titin zwischen den Z-Scheiben zustande kommt (■ Abb. 6.2).

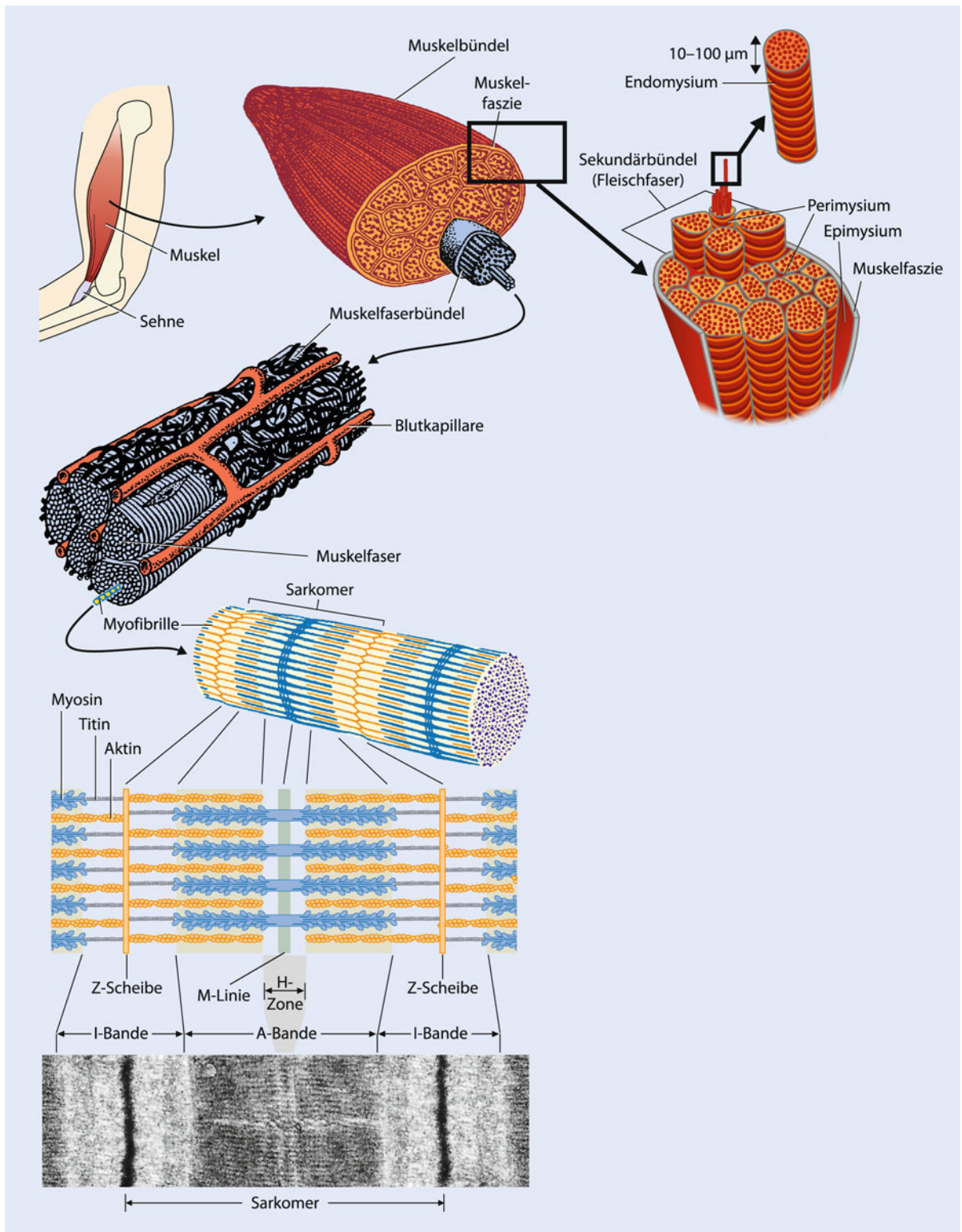
Titin bindet wie Aktin an der Z-Scheibe des Sarkomers. Dieses größte bekannte menschliche Protein hat die Aufgabe, die Myosinköpfe zwischen den Aktinfilamenten zu zentrieren und den Muskel nach Beanspruchung in seine Ruhespannung zurück zu führen. Im Bereich der I-Bande liegt dafür ein elastischer Abschnitt des Titinmoleküls, der als molekulare Feder wirkt.

Das globuläre Eiweiß **Troponin** mit seinen Untereinheiten Troponin T (TnT= Tropomyosin-bindend), Troponin I (TnI= inhibitorisch) und Troponin C (TnC= Calcium-bindend) ist ein Bestandteil des Aktinfilaments und regelt gemeinsam mit dem Tropomyosin die Muskelkontraktion (■ Abb. 6.3). Ein kleiner Teil ist gelöst in den Muskelzellen vorhanden.

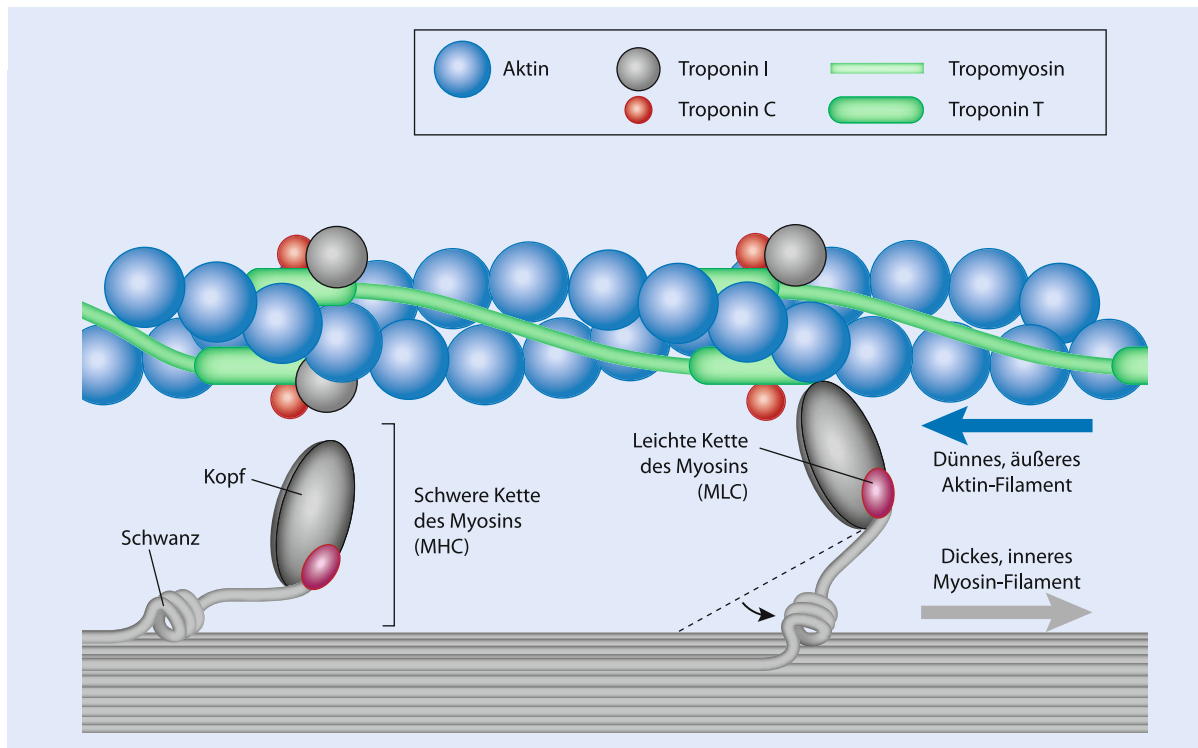
Auch im Herzmuskel kommt Troponin vor. Werden bei einem Herzinfarkt Muskelfasern zerstört, gelangen die kardialen Troponine cTnT und cTnI ins Blut und sind dort nachweisbar. Sie sind die am frühesten ansteigenden (nach 3–4 h), damit empfindlichsten und in der klinischen Routine diagnostisch wertvollsten Biomarker. Ihr Maximum erreichen sie ca. 20 Stunden nach dem Infarkt. Nach einer bis zwei Wochen haben sie wieder ihre Normalwerte erreicht. Erhöhte Troponinwerte lassen somit mit hoher Wahrscheinlichkeit auf einen Herzmuskelschaden (Entzündung, Infarkt, Trauma) schließen. Je höher ihre Konzentration desto mehr Muskelfasern sind zerstört.

Der Muskel ist in seiner Gesamtheit von **Bindegewebe** (Muskelfaszie) umgeben (Epimysium). Außerdem überzieht jede Muskelfaser (Endomysium) und jedes Muskelfaserbündel (Perimysium) eine elastische **Bindegewebshülle**.

Die Muskelfaser (Muskelzellen) ist keine einzelne Zelle, sondern ein durch Vereinigung und Teilung entstandenes Mehrzellengebilde (Syncytium) mit oft hunderten von Zellkernen. In die Muskeln führende Blutgefäße sorgen für ihre Ernährung.



■ Abb. 6.2 Aufbau der Muskulatur. (Mod. nach Fritsche 2010)



■ Abb. 6.3 Feinstruktur der Muskelfilamente

■ Fasertypen

➤ Wichtig

Ein Muskel ist aus verschiedenen Fasern zusammengesetzt, die sich funktionell entsprechend ihrer Innervation, Kontraktionsgeschwindigkeit und Kraftentfaltung, aber auch molekular, metabolisch und in ihrer enzymatischen Ausstattung voneinander unterscheiden.

- Die **ST-Fasern (Typ I, Slow-Twitch-Fasern)** werden wegen ihrer Farbe auch als rote Muskelfasern bezeichnet. Sie haben einen geringen Faserquerschnitt, sind langsam kontrahierend, besitzen eine hohe Ermüdungsresistenz und eine große Zahl an Mitochondrien. Wegen ihres hohen Enzymgehalts für den oxidativen Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsels sind sie vorwiegend bei Ausdauerbelastungen aktiv. Marathonläufer besitzen ca. 80% ST-Fasern.
- Die **FT-Fasern (Typ II, Fast-Twitch-Fasern)** fallen durch ihre weiße Farbe auf und kontrahieren schnell. Entsprechend ihrer energetischen Ausstattung wird nochmals in IIA- und IID-Fasern (im Amerikanischen: IIX; veraltet: IIB) unterschieden:
 - **IIA-Fasern** haben einen mittleren Faserquerschnitt, besitzen eine niedrige Ermüdungsresistenz sowie eine hohe Mitochondrienzahl und demzufolge

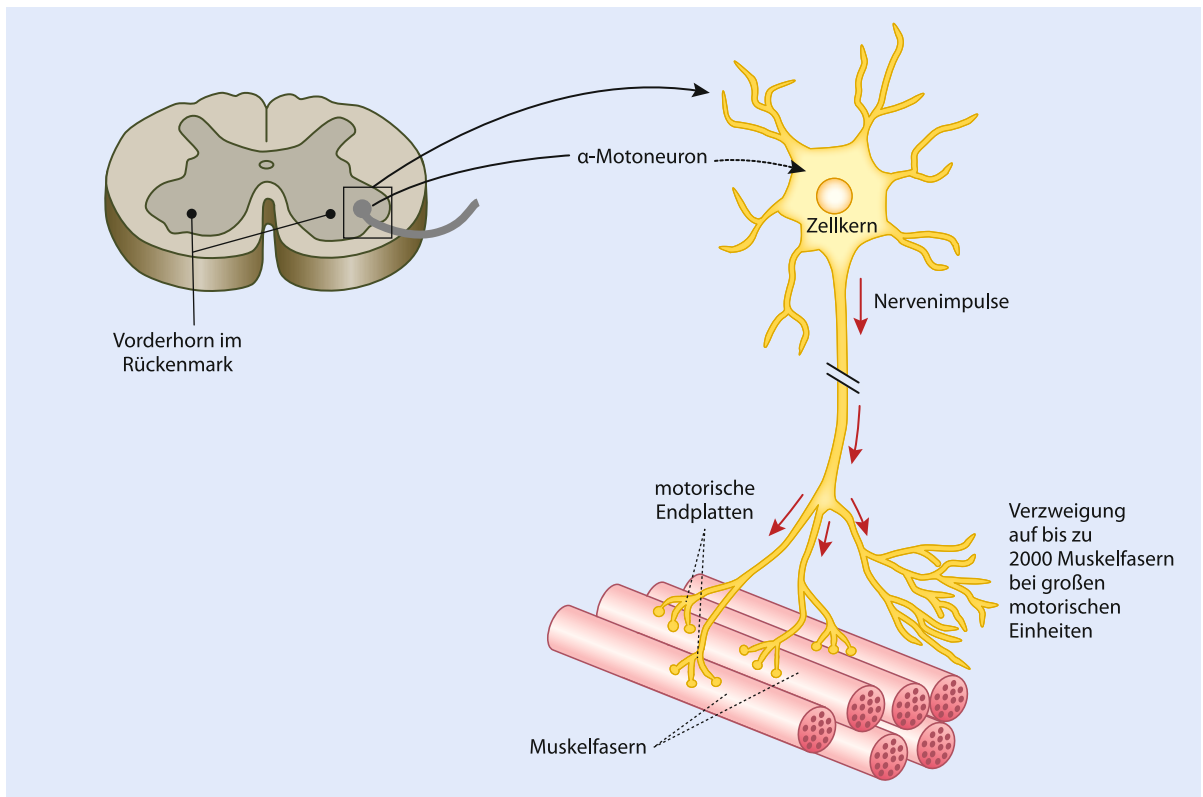
einen hohen Enzymgehalt des oxidativen und glykolytischen Kohlenhydratstoffwechsels. Deshalb sind sie mehr bei intensiveren (Kraft-) Ausdauerbelastungen aktiv.

- **IID-Fasern** haben dagegen einen großen Faserquerschnitt, kontrahieren sehr schnell und besitzen eine sehr niedrige Ermüdungsresistenz. Wegen ihrer geringen Mitochondrienzahl und ihres hohen Gehalts an Phosphagenen sowie Enzymen des glykolytischen Stoffwechsels kommen sie beim Schnelligkeits- und Maximalkrafttraining, also bei hoch intensiver Beanspruchung der Muskulatur, zum Einsatz.

■ ■ Myosin und seine schweren (MHC-) und leichten (MLC-) Polypeptidketten

Die Eigenschaften der Muskelfasern werden entscheidend geprägt von der Zusammensetzung des Muskeleiweißes Myosin. Das Myosinmolekül ist aus schweren und leichten Aminosäureketten aufgebaut. Dementsprechend wird zwischen **MHC- (Myosin Heavy Chain)** und **MLC- (Myosin Light Chain)** Isoformen unterschieden.

Die Fasern vom Typ I enthalten hauptsächlich MHC I-Moleküle, Typ-IIA-Fasern entsprechend MHC IIa- und Typ-IID-Fasern vor allem MHC II d-Moleküle (■ Abb. 6.3). Die MLC sind nicht unmittelbar an der Kraftentfaltung beteiligt.



■ Abb. 6.4 Motorische Einheit

Der normal aktive Mensch besitzt »reine Fasern«, d. h., die Muskelfasern enthalten entweder MHCI-, MHCIIa- oder MHCIIId-Isoformen. Bei Veränderung des Belastungsniveaus kann sich das MHC-Spektrum verschieben und letztendlich den gesamten Muskelfasertyp ändern. In der Übergangsphase enthält die Muskelfaser verschiedene MHC-Isoformen (Hybridfaser) (Heinichen 2005; Steinacker et al. 2002, S. 4ff).

■ Motorische Einheit

Jede Nervenfasern teilt sich im Muskel auf. Ihre Endungen erregen gleichzeitig mehrere Fasern und bilden gemeinsam eine motorische Einheit (■ Abb. 6.4).

➤ Wichtig

Die einzelne Muskelfaser kontrahiert bei Erregung durch das Nervensystem bei **überschwelligen Reizen stets nach dem Alles-oder-nichts-Gesetz vollständig oder gar nicht. Wenn sich alle Muskelfasern eines Muskels gleichzeitig vollkommen zusammenziehen, entfaltet er seine größte Kraft. Durch Innervation einiger oder vieler, großer oder kleiner Fasern ist die Kraftwirkung dosierbar.**

Auf dieser anatomischen Grundlage lassen sich die feingliedrigen Bewegungen eines Klavierspielers und die grob-

gliedrigen Aktionen eines Holzfällers mit kleinen neuromuskulären Einheiten in den Fingern und großen in den Armen erklären. In kleinen motorischen Einheiten werden ca. 5–10, in großen bis zu 2000 Muskelzellen von einer motorischen Nervenzelle innerviert.

■ Muskeltonus

Jeder Muskel steht unter einer bestimmten Grundspannung (Muskeltonus), die durch reflektorische Dauererregung über die Muskelspindeln (► Abschn. 6.1.3) erzeugt wird. Sie ist ständigen Schwankungen ausgesetzt.

➤ Wichtig

Tonuserhöhend wirken Kräftigungsübungen, psychische Belastungen (z. B. Stress) etc., Dehn- und Entspannungsmaßnahmen senken den Tonus.

■ Kontraktionsformen

Die physiologischen Kontraktionsleistungen der Muskeln stehen in Abhängigkeit zu den äußeren Bedingungen:

Ist der Widerstand gleich der Kontraktionskraft, behält der Muskel seine Ausgangslänge bei. Bewegung findet nicht statt (**statische Arbeit**). Dadurch dass sich die kontraktile Elemente dennoch zusammenziehen, werden die elastischen Sehnen gedehnt sowie die Spannung im Muskel erhöht (**isometrische Kontraktion**).

Eine **isotonische Kontraktion** ist mit Verkürzung des Muskels bei gleich bleibender Spannung verbunden, d. h., die kontraktile Elemente werden verkürzt, die elastischen Elemente verändern ihre Länge nicht. Diese Art der Muskelkontraktion hat nur **modellhaften Charakter** und dient zur Veranschaulichung der im Alltag und Sport eigentlich vorkommenden **auxotonischen Kontraktionen**. Durch die andauernd wechselnden Kraft-, Last- und Geschwindigkeitsveränderungen schaltet das Nerv-Muskel-System ständig neuromuskuläre Einheiten zu bzw. ab. So passt sich der Muskel durch Änderung der Länge und Spannung den sich wechselnden Belastungsbedingungen an.

Die dynamische Muskelarbeit kann überwindend (konzentrisch) sein, wenn das eigene Körpergewicht, Fremdgewichte bzw. Widerstände zu bewältigen sind, oder aber **nachgebend (exzentrisch)**, wenn beispielsweise das Körpergewicht bei der Landung nach einem Sprung oder beim Laufen abgefangen werden muss. Beim Radfahren beispielsweise ist das Drücken der Pedale der konzentrische, das Ziehen der exzentrische Anteil des Gesamtbewegungsablaufs.

Kontraktionsformen

- Isometrische Kontraktion = statische Arbeit
- (Isotonische Kontraktion = dynamische Arbeit)
- Auxotonische Kontraktion = dynamische Arbeit
 - Konzentrisch (überwindend)
 - Exzentrisch (nachgebend)

■ Muskelmasse

➤ Wichtig

Die Muskelmasse eines Organismus ist abhängig vom Geschlecht, dem Alter, von seiner Belastung und Ernährung.

Bedingt durch das anabol wirkende Sexualhormon Testosteron beträgt der Muskelanteil beim erwachsenen Mann zwischen 20 und 30 Jahren 40–50%, bei der Frau im gleichen Lebensalter nur 30–40% der Körpermasse. Ab dem 30. Lebensjahr verringert sich die Muskelmasse beim Untrainierten pro Lebensdekade um 3–5% beim Mann und um 3–4% bei der Frau. Dieser Abbau beschleunigt sich ab dem 60. Lebensjahr auf 8–10% bei Männern und 7–8% bei Frauen in jeweils 10 Jahren, sofern keine Maßnahmen dagegen (vor allem mehr Training, aber auch bessere Ernährung) ergriffen werden.

■ Muskelansatz und -ursprung

Die Muskeln ziehen über ein oder mehrere Gelenke hinweg. Der Teil des Muskels, der sich als Ausgangspunkt von Bewegungen am fixierten Skelettteil befindet, wird als

Muskelsprung (Punctum fixum), der bewegte Teil als Muskelansatz (Punctum mobile) bezeichnet.

■ Muskelantagonismus

Jede Bewegung ist ein Zusammenspiel mehrerer Muskeln und ihrer Hilfsorgane. Zieht sich ein Muskel (eine Muskelgruppe) zusammen, muss sich sein »Gegenspieler« entspannen und wird gedehnt. Bei einer Bewegung werden gleichsinnig arbeitende Muskeln als **Synergisten** oder **Agonisten**, gegensinnig arbeitende als **Antagonisten** bezeichnen. Bei unterschiedlichen Bewegungen können ehemalige Antagonisten zu Agonisten werden und umgekehrt.

➤ Wichtig

Das Prinzip des Zusammenspiels von gegensätzlich arbeitenden Muskeln bei der Ausführung kontrollierter Bewegungen wird als Muskelantagonismus bezeichnet.

6.1.3 Faszien

Neben der Muskulatur übernehmen die bindegewebigen Faszien (lat. *fascia*, Binde, Band) bei der Bewegung eine wichtige Aufgabe. In der Schulmedizin spielen sie kaum eine Rolle. Die Osteopathie (Gründer: AT Still 1874) dagegen widmet ihnen besondere Aufmerksamkeit. Seit dem ersten Fascia Research Congress 2007 in Boston rücken die Faszien immer mehr ins Interesse der Forschung.

Früher wurden Bänder, Sehnen, Kapseln separat betrachtet.

➤ Wichtig

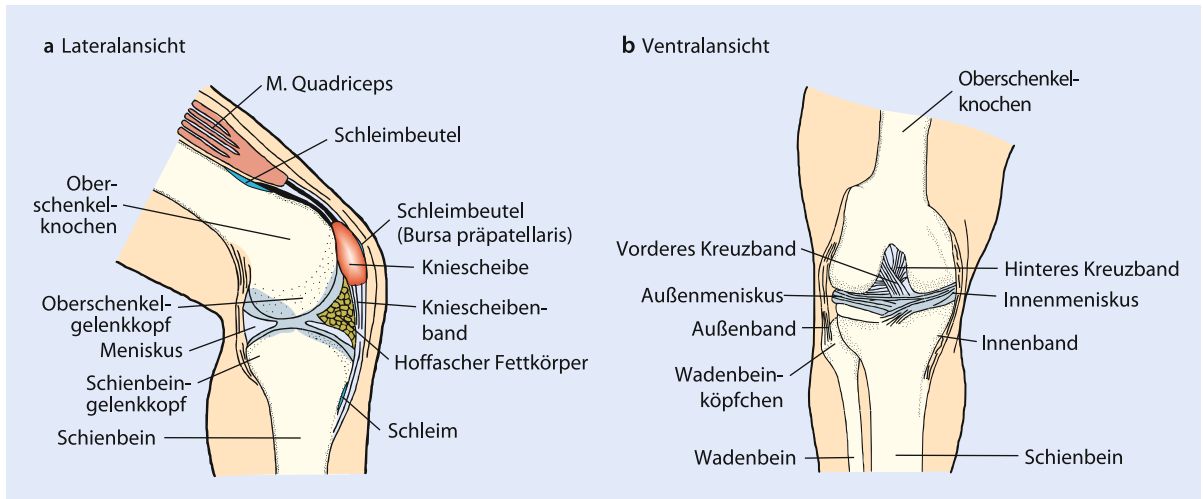
Neuerdings fasst man alle faserigen, kollagenhaltigen Bindegewebestrukturen unter dem Begriff Faszien zusammen.

Faszien bestehen aus Kollagenfasern und Elastin. Diese Strukturproteine verleihen ihnen die Eigenschaften eines elastischen Gummibandes.

Nicht nur jeder Muskel, sondern auch jedes andere Organ wird von den Faszien umhüllt. Dadurch entsteht eine komplexe Vernetzungsstruktur unterschiedlicher Dichte, die den gesamten Organismus durchzieht. Das Faszienetz ist von einer zähflüssigen Substanz, bestehend aus pH-neutralen Zuckereiweißverbindungen und Wasser, durchtränkt und unterliegt in Abhängigkeit der darauf einwirkenden Belastungen andauernden Auf- und Abbauprozessen.

➤ Wichtig

Bei jungen, trainierten Menschen zeigen die Kollagenfasern der Faszien eine ausgeprägte, wellige Scherengitterstruktur. Bei untrainierten und älteren Menschen dagegen nimmt die Wellung ab und die Fasern können »verfilzen«.



■ Abb. 6.5 Kniegelenk. (Mod. nach Clauss u. Clauss 2009)

Die sich verändernde Körperform und -spannung im äußeren Erscheinungsbild des Menschen mit zunehmendem Alter wird u. a. mit nachlassender Elastizität der Faszien begründet.

Die Zwischenräume der Faszien enthalten Lymphflüssigkeit, die Nähr- und Abfallstoffe transportiert. Muskelbewegungen unterstützen den Fluss.

➤ Wichtig

Ein hoher Muskeltonus kann das Transportsystem behindern, sodass ein reibungsloses Gleiten der Muskelfasern gestört ist und die Faszien verkleben.

Eine weitere Besonderheit ist die Erkenntnis, dass die Faszien vermutlich unser größtes Sinnesorgan darstellen. Sie verfügen über zahlreiche freie Nervenendigungen und Mechanorezeptoren. Deshalb könnten sie die Quelle der Propriozeption sein. Ihre Verbindung zum vegetativen Nervensystem erklärt, dass innere Gelassenheit die Spannung senken, Stressfaktoren dagegen die Spannung der Faszien erhöhen kann (Beckmann 2009; Schleip u. Müller 2013).

Die **Sehnen** stellen als Teil des Fasziengeflechts, die eigentliche Verbindung zwischen den Knochen und Muskeln her. Bei Kontraktion der Muskulatur üben sie einen Zug auf die Knochen aus. So entsteht Bewegung. Wo Sehnen über die Knochen gleiten, bilden sich Schleimbeutel (■ Abb. 6.5), die Flüssigkeit abgeben und dadurch die Gleitfähigkeit verbessern. Laufen Sehnen eine größere Strecke über Knochen, dann sind sie meist von bindegewebigen **Sehnenscheiden** umhüllt. Da sie ebenfalls flüssigkeitsgefüllt sind, können sie die Reibung mit dem umgebenden Gewebe vermindern.

■ Mechanische Eigenschaften des Muskel- und Bindegewebes

Der aktive Bewegungsapparat besitzt drei mechanische Eigenschaften:

Mechanische Eigenschaften des Muskel- und Bindegewebes

- Dehnbarkeit
- Elastizität
- Viskosität (Plastizität)

Beim Auseinanderziehen der Muskulatur kommt es zu einer Längenänderung, die keine weiteren Folgen (Verletzungen wie Muskelfaserriss) hat, solange sich die Aktin- und Myosinfilamente nicht voneinander trennen. Dies ist Ausdruck der **Dehnbarkeit** von Muskeln, die auf 160% ihrer Ausgangslänge gezogen werden können und die Grenze, von der ab sich die Aktin- und Myosinfilamente nicht mehr überlappen (Wiemann 2000).

Beim Nachlassen der Kraft verkürzt sich der Muskel wieder. Dies geschieht ohne eigene Aktivität nur durch die **Elastizität** der Muskelfaszien.

Muskelfaszien stellen die **parallel-elastisch geschaltete Komponente** der menschlichen Muskulatur dar. Ansonsten verfügt der Muskel mit Ausnahme des Titins über keine elastischen Eigenschaften.

Die **Sehnen** sind das **seriell-elastisch geschaltete Element** des aktiven Bewegungsapparats. Nach der Kontraktion ziehen sie den Muskel in seine Ausgangslänge zurück, damit er sich erneut zusammenziehen kann (Wick 2009, S. 94f).

Die **Viskosität** (Plastizität) beschreibt die **Zähigkeit** des Muskelgewebes. Mit dieser Eigenschaft ist es in der

Lage, den Belastungen sowohl bei Dehnungen als auch bei Kontraktionen standzuhalten.

6.1.4 Messung der Muskellänge und -spannung

Jede Längen- und Spannungsveränderung im Muskel wird reflektorisch über das Rückenmark kontrolliert, damit die Gelenkstrukturen bei extremen Belastungen keine Schädigung erfahren. Dazu dienen spezielle, in die Muskulatur und Sehnen eingelagerte Sinneszellen: **Muskelspindeln** zur **Längen-** und **Sehnenspindeln** zur **Spannungskontrolle**.

➤ Wichtig

Muskelspindeln sind Dehnungsrezeptoren und werden den Propriozeptoren zugeordnet. Ihre Aufgabe ist es, jede Längenveränderung des Muskels durch Kontraktion oder Dehnung dem ZNS zu melden.

Muskelspindeln (■ Abb. 6.7) bestehen aus spindelförmigen Bindegewebekapseln, die mehrere spezialisierte quer gestreifte Muskelfasern umfassen, einen nichtkontraktilen Mittelteil (Kernsackregion) sowie kontraktile Endstücke (**intrafasale Fasern**). Um den mittleren Abschnitt winden sich spiralförmig die rezeptiven Endungen der Spindelafferenz (Ia-Fasern). Die Muskelspindeln liegen parallel zu den kontraktilen Fasern (**extrafasalen Fasern**) und erfahren deshalb sofort jede Längenveränderung.

■ ■ Dehnungsreflex

Wenn der Muskel mit großer Geschwindigkeit über eine bestimmte Länge gedehnt wird (Schlag auf die Kniesehne), löst der **Dehnungsreflex** aus, um die Ausgangsposition wiederherzustellen und vor Überlastung zu schützen. Die Frequenz der Aktionspotenziale ist dabei proportional zur Länge des Muskels sowie zur Geschwindigkeit seiner Längenänderung.

Die plötzliche Dehnung des Muskels wird über die Muskelspindeln (1) registriert. Über die **sensorisch afferenten Ia-Fasern** gelangt die Information über den Spinalnerv (2) in die graue Substanz des Rückenmarks (3). Dort wird sie auf ein Alpha-Motoneuron (4) übertragen, das die Fasern des gedehnten Muskels zur Kontraktion veranlasst (5). Diese efferente Faser verzweigt sich im Muskel. Bis auf einen Ast innervieren alle anderen eine motorische Einheit der quer gestreiften Muskulatur. Eine Verzweigung geht im Rückenmark zur **Renshaw-Zelle** (6), welche die Aufgabe hat, das zuvor aktivierte Alpha-Motoneuron zu hemmen (**negative Rückkopplung**). Die Reflexschleife wird wegen der einmaligen Umschaltung von Afferenz auf Efferenz am Alpha-Motoneuron im Rückenmark als **monosynaptischer** Dehnungsreflex (■ Abb. 6.6) bezeichnet. (Hinweis:

in den Abbildungen sind nur die wichtigsten Verschaltungen zum Verständnis des komplexen Geschehens dargestellt)

Gleichzeitig zur Aktivierung der Alpha-Motoneurone über die Ia-Fasern gelangen durch Dehnung der intrafasalen Fasern Informationen über die Länge des Muskels auch über sensorische Typ-II-Fasern (7) zu den Gamma-Motoneuronen (8) ins Rückenmark (Alpha-Gamma-Koaktivierung). Von hier aus erfahren die kontraktilen Endstücke der Muskelspindeln (9) eine efferente Innervation (10). Die daraufhin folgende Kontraktion der intrafasalen Fasern führen zu einer verstärkten Dehnung des rezeptiven mittleren Teils der Muskelspindeln. Daraufhin entstehen über die Ia-Fasern afferente Impulse in dessen Folge die extrafasalen Muskelfasern über die Alpha-Motoneurone zur Kontraktion veranlasst werden (Gamma-Schleife). Auf diese Weise lassen sich Kontraktionsdifferenzen zwischen intra- und extrafasalen Fasern feststellen und korrigieren, da eine Muskelkontraktion sowohl über direkte Aktivierung von Alpha- als auch zeitlich verzögert über die Gamma-Motoneurone erfolgen kann.

Die Information von den Motoneuronen gelangt durch das Rückenmark auch zum Gehirn (11), um zentral über den Spannungszustand der Muskulatur zu informieren. Darüber hinaus stehen die Ia-Fasern über ein Interneuron mit den Alpha-Motoneuronen des Antagonisten in Verbindung (12). Dort üben sie eine hemmende Wirkung aus (**reziproke antagonistische Hemmung**), welche die Kontraktionskraft im Antagonisten verringert und damit das muskuläre Zusammenspiel zwischen Agonisten und Antagonisten unterstützt (Grosser et al. 2008; Thews et al. 2007; o. A. 2001).

➤ Wichtig

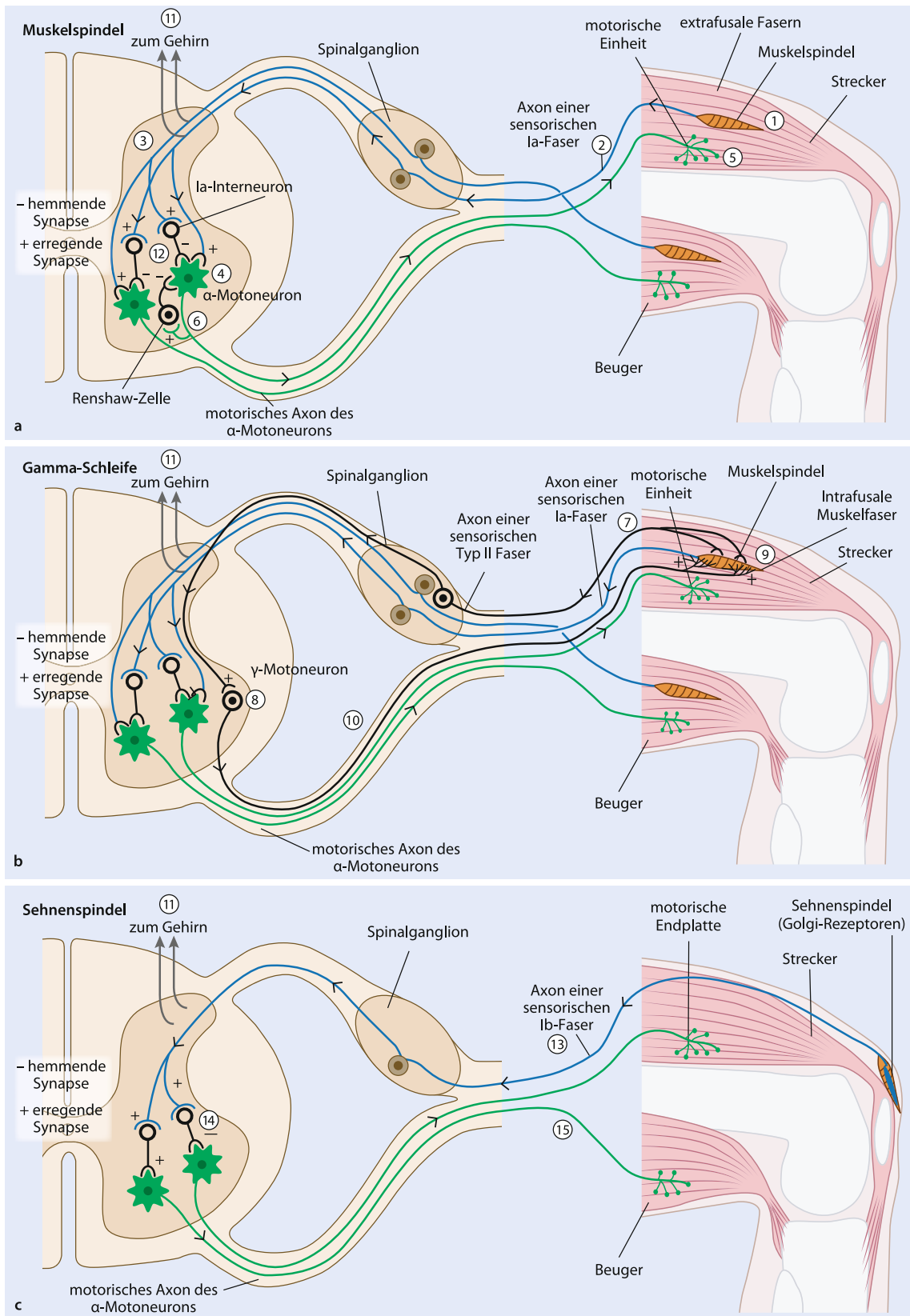
Muskelspindeln und Sehnenspindeln (Golgi-Sehnenorgan) arbeiten zusammen.

Sehnenspindeln liegen im Übergangsbereich zwischen Muskel- und Sehnenfasern. Sie bestehen aus einem Bündel kollagener Fasern, die mit Bindegewebe umhüllt sind. Mit dem einen Ende sind sie an den Muskelfasern, mit dem anderen an den Sehnenfasern verbunden.

➤ Wichtig

Im Unterschied zu den Muskelspindeln sind die Sehnenspindeln in Serie geschaltet und haben die Aufgabe, die Spannung im Muskel zu messen.

Beim Zusammenziehen der Muskulatur werden auch die Sehnenspindeln (Golgi-Rezeptoren) gedehnt. Die Depolarisation der Membran löst Aktionspotenziale aus, deren Frequenz die Kontraktionsstärke des Muskels widerspiegelt. Über Ib-Neurone (13) gelangen die Informationen ins Rückenmark. Interneurone üben dort hemmenden Einfluss auf die Motoneurone desselben Muskels aus



■ **Abb. 6.6** Komplexität der synaptischen Verschaltungen am Beispiel des Kniesehenreflexes

(**autogene Hemmung**) (14) und wirken erregend auf die Motoneurone des Antagonisten (15).

■ Gelenke

Im Mittelpunkt der Bewegungen stehen die Gelenke. Die beiden gelenkbildenden Knochen können eben, konvex oder konkav gewölbt sein. Dadurch entstehen unterschiedliche Gelenktypen. Der konvexe Gelenkkörper formt den Kopf, der konkave die Gelenkpfanne. Beide sind mit einer Knorpelschicht überzogen.

Dazwischen bleibt eine Lücke als **Gelenkspalt**, der dem Knochen eine bestimmte Beweglichkeit ermöglicht. Inkongruenzen zwischen Gelenkkopf und -pfanne werden von knorpeligen **Gelenkscheiben** (Menisken, Disken) ausgeglichen. Sie bestehen aus elastischem, druckfestem Gewebe.

Die Aufgabe der Knorpel Elemente liegt zum einen darin, zwischen den Gelenkflächen relativ glatte Oberflächen herzustellen, um ihre Reibung zu vermindern, und zum anderen darin, durch ihre Elastizität die Druckbelastung auf die Enden der Gelenke gleichmäßig zu verteilen. Eine Bindegewebehülle – die **Gelenkkapsel** – schließt die Gelenkhöhle luftdicht ab. Die innere Schicht wird als Synovialhaut bezeichnet und ist für die Produktion der Gelenkschmiere verantwortlich. Schleimbeutel unterstützen sie in dieser Funktion. Der Kapsel aufgelagert sind Bänder, die das Gelenk stabilisieren sowie Bewegungsart und -ausmaß mitbestimmen.

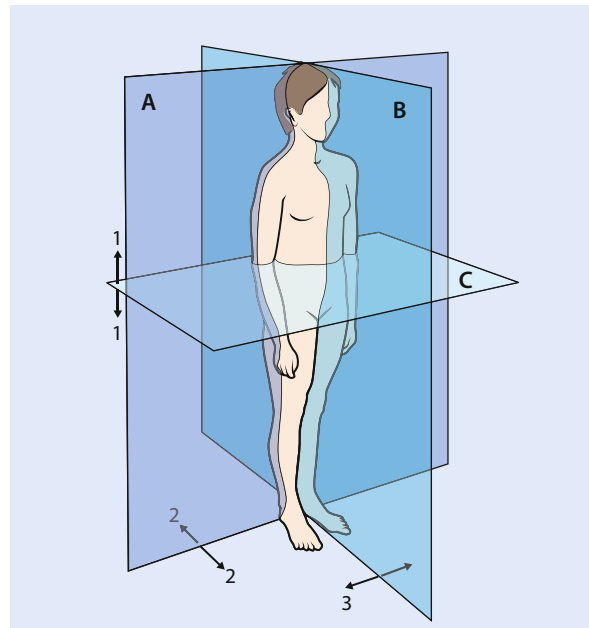
➤ Wichtig

Jedes Gelenk hat entsprechend seiner Funktion eine ihm eigene Struktur aus Knochen, Kapseln, Bändern und Muskeln, die das Verhältnis seiner Stabilität und Beweglichkeit bestimmt. Je stabiler die Struktur, desto geringer sind Beweglichkeit, Freiheitsgrad (Anzahl möglicher Bewegungen) und Verletzungsanfälligkeit.

6.2 Bewegungsebenen und muskuläre Dysbalance

Grundsätzlich sind in jeder Ebene des Raumes zwei Bewegungen durchführbar. Bei drei Raumdimensionen (Abb. 6.7) ergeben sich daraus sechs Hauptbewegungen:

- Beugung (Flexion)
- Streckung (Extension)
- Anziehung (Adduktion)
- Abspreizung (Abduktion)
- Auswärtsrollung (Exorotation)
- Einwärtsrollung (Endorotation)



■ **Abb. 6.7** Ebenen: A Frontalebene; B Sagittalebene; C Transversalebene und Achsen: 1 longitudinale Achse; 2 sagittale Achse; 3 transversale Achse des Körpers und von Bewegungen

Zu ergänzen ist die Umführbewegung (Zirkumduktion) der Extremitäten, die aufeinanderfolgend Flexion, Abduktion, Extension und Adduktion verbindet. Dabei beschreibt der Arm oder das Bein einen Kegel. Andere Fachgebiete benutzen weitere Begriffe (z. B. Rollen, Gleiten, Translation in der manuellen Therapie), um das Gelenkspiel zu beschreiben.

Je nach Gelenktyp sind physiologisch nur ganz bestimmte Bewegungen sinnvoll. Die Struktur der Knochen, die Führung der Bänder sowie Ursprung, Ansatz und Faserverlauf der auf das Gelenk wirkenden Muskeln bestimmen die Bewegungsrichtungen und -amplituden jedes Gelenks.

➤ Wichtig

Der gesamte Bewegungsapparat ist zwar in funktionelle Teilsysteme mit einer gewissen Eigenständigkeit gegliedert. Alle Teile stehen jedoch funktionell miteinander in Verbindung.

Das Prinzip des Muskelantagonismus (► Abschn. 6.1.2) ergibt im physiologisch ungestörten Zustand eine **Balance zwischen Agonisten und Antagonisten**. Geht einer von beiden in eine maximale Kontraktion, gelangt der andere in eine maximale Dehnung. Der Spannungsanstieg bei Dehnung verläuft exponentiell, d. h., mit zunehmender Dehnung steigt die Spannung steiler an. Lässt die Spannung nach, zieht sich der Muskel wieder zusammen. Verantwortlich dafür sind die elastischen Eigenschaften des

Titins. Bei nochmaliger Dehnung erreichen Spannung und Dehnungsausmaß einen höheren Maximalwert. Der gedehnte Muskel »gewöhnt« sich an diesen Zustand und die Gelenkamplitude bleibt kurzfristig erhöht (Creeping-Effekt).

In entspanntem Zustand nimmt das Gelenk seine physiologische Neutral-Null-Position ein. Das Gelenksystem befindet sich in einer arthromuskulären Balanceposition, die von Gelenkstrukturen, Schwerkraft, Spannung des Bindegewebes etc. beeinflusst wird.

➤ Wichtig

Verändern sich die Verhältnisse innerhalb des Systems durch einseitige Belastungen im Arbeitsalltag, Fehlbelastungen, Training o. Ä., verändern sich damit auch die Spannungsverhältnisse und die Balanceposition wird verlassen. Treten dadurch negative physiologische oder gar pathologische Verhältnisse auf, dann liegt eine muskuläre Dysbalance vor.

Bleibt der **Arbeitssektor des Gelenks** bei Verrichtung der Alltagsmotorik unverändert, dann führt dies trotz muskulärer Dysbalance zu keiner Längenveränderung der antagonistisch arbeitenden Muskeln (Beispiel: Hypertrophie der Kniestrecker ohne gleichzeitige Hypertrophie der Kniebeuger). Erst wenn sich der Arbeitssektor verschiebt, passen sich die Muskellängen allmählich den neuen Bedingungen an (Beispiel: Hypertrophie der Hüftbeuger mit Beckenkipfung ohne gleichzeitige Hypertrophie der Hüftstrecker). Der kleinere Arbeitssektor des Hüftbeugers wird mit der Zeit zu einer Verkürzung seiner Sehne und/oder seiner Muskelfasern führen. Die Hüftstrecker dagegen werden sich um den gleichen Betrag verlängern. Die Neutral-Null-Position (► Abschn. 7.3) wird verschoben (Wiemann 2000; Klee 2007).

6.3 Anatomie des Bewegungsapparats

6.3.1 Rumpf und Wirbelsäule

Wirbelsäule

Im Mittelpunkt des Bewegungsapparats steht das zentrale Achsenorgan des Menschen, die **Wirbelsäule**. Ihre gesamte Last ruht auf dem Kreuzbein, das im Becken verankert ist (► Abb. 6.8). Durch ihre doppelt S-förmige Krümmung, die im Bereich der Halswirbelsäule (HWS; ► Abschn. 6.3.2) und der Lendenwirbelsäule (LWS) als Hohlkrümmung (Lordose) und im Brustwirbelsäulen-(BWS-) Bereich als leichte Rundrückenbildung (Kyphose) ausgebildet ist, können harte Stöße abgefangen werden. Seitliche Abweichungen (Skoliosen) stellen krankhafte Veränderungen dar.

➤ Wichtig

Die Wirbelsäule besteht aus 33 oder 34 übereinander aufgereihten, knöchernen Elementen, den Wirbeln, die sich in einzelne Abschnitte mit sieben Hals-, zwölf Brust-, fünf Lenden-, fünf Kreuz- und vier oder fünf Steißwirbel unterteilen.

Im unteren Teil sind die Steißwirbel beim erwachsenen Menschen zu einem einheitlichen Knochen, dem Steißbein, verwachsen. Auch die fünf Kreuzwirbel sind zu einem kräftigen Knochen, dem **Kreuzbein**, verschmolzen. Gemeinsam mit den beiden Hüftbeinen, die sich aus Darm-, Sitz- und Schambein gebildet haben, stellen sie den **Beckengürtel** dar (► Abb. 6.17, ► Abschn. 6.3.4). Er ist eine Gewölbekonstruktion, die einerseits die Last des Rumpfes zu tragen hat, andererseits die Verbindung zu den unteren Extremitäten herstellt und bei schwangeren Frauen dem heranwachsenden Fetus Schutz bietet.

➤ Wichtig

Die Wirbelsäule als Achsenorgan des Körpergerüsts hat zwei sich widersprechende mechanische Funktionen zu erfüllen: Einerseits muss sie Stabilität, andererseits aber auch Flexibilität gewährleisten.

Die Biegsamkeit der Wirbelsäule beruht auf der Konstruktion von Einzelelementen, die durch Bänder, Sehnen und Muskeln verbunden sind. Ihre Beweglichkeit ergibt sich aus der Summe der einzelnen Bewegungsmöglichkeiten der oberhalb des Kreuzbeins liegenden 24 Wirbelkörper.

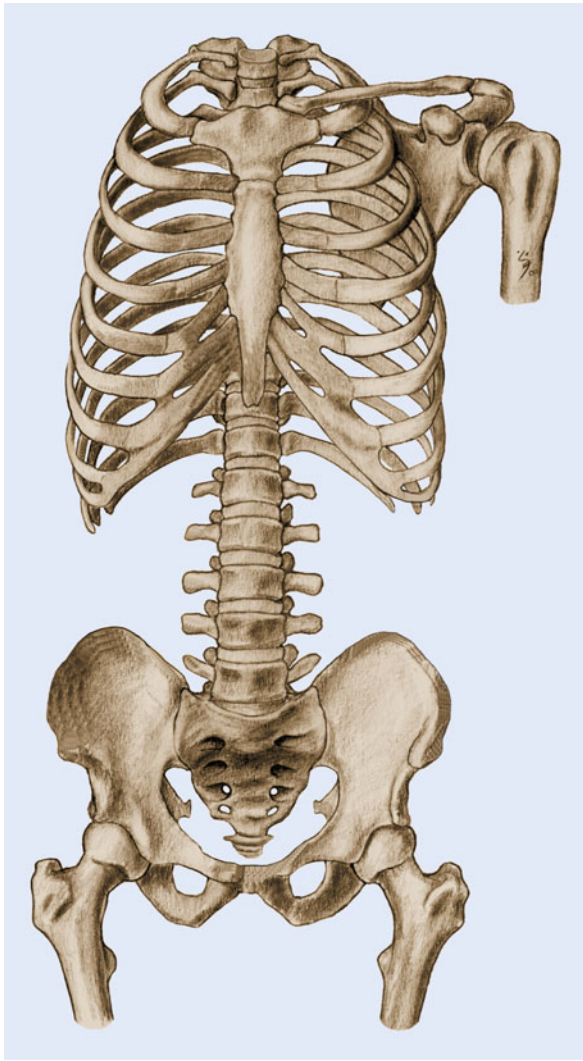
Wirbel und Rippen

Alle **Wirbel** sind nach einem einheitlichen Plan aufgebaut, variieren jedoch je nach Lage aufgrund der kaudal (nach unten hin) zunehmenden Druckbelastung. Im Zentrum des Wirbels befindet sich der Wirbelkörper. Daran schließt sich zur Rückenseite (dorsal) der Wirbelbogen an, in dessen Wirbelkanal das Rückenmark verläuft. Seitlich angelagert sind knöcherne Fortsätze (Querfortsätze), dorsal liegt der Dornfortsatz.

Zwischen den Gelenkfortsätzen benachbarter Wirbel existieren weitere Gelenkverbindungen (Zwischenwirbel- oder Facettengelenke). Durch Abnutzung kann es dort zu schmerzhaften arthrotischen Veränderungen kommen (Facettensyndrom).

An den zwölf Brustwirbeln kommen weitere gelenkartige Verbindungen dazu (Rippen-Wirbel-Gelenke), an denen die zwölf **Rippenpaare** ansetzen. Sie bilden mit dem Brustbein den Brustkorb.

Die ersten sieben Rippenpaare haben eine unmittelbare Verbindung mit dem Brustbein. Das 8.–10. Paar beteiligt sich mit seinen Knorpeln an der Bildung des Rippenbogens. Die 11. und 12. Rippe hängen paarweise frei in der Bauchwand.

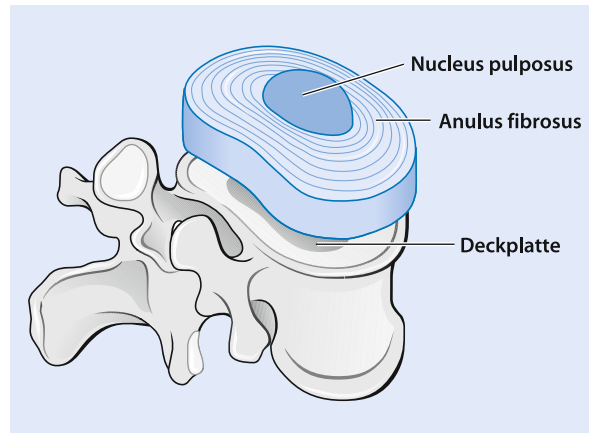


■ **Abb. 6.8** Brustkorb und Verankerung der Wirbelsäule im Becken. (Aus Tillmann 2010)

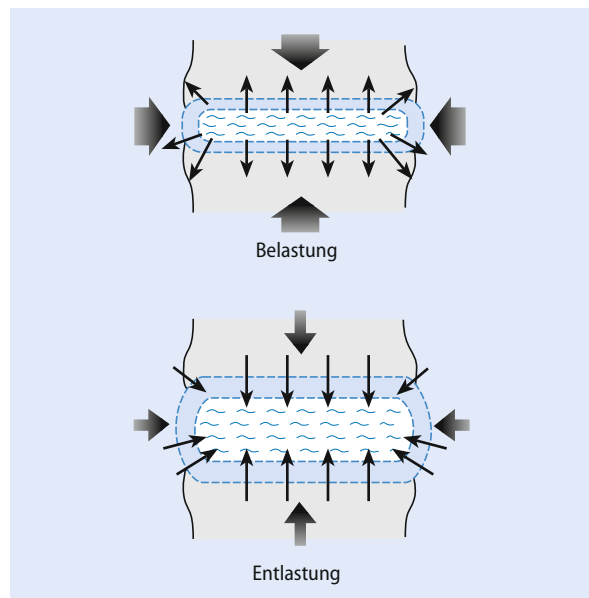
Bandscheiben

Zwischen den Wirbeln liegt jeweils eine Zwischenwirbelscheibe, die Bandscheibe (Discus intervertebralis). Sie besteht aus einem gallertartigen Kern (Nucleus pulposus) und einem Faserring (Anulus fibrosus) (■ Abb. 6.9), der sich eng an die Knorpelplatten der Nachbarwirbel anlagert. Hierdurch erhalten die Wirbelkörper untereinander eine feste Bindung.

Der Gallertkern dient zum Ausgleich der auf die Wirbelsäule wirkenden Kraftverhältnisse. Ohne Belastung sind die Fasern des Rings im Zustand einer Vorspannung. Der Kern steht unter innerem Druck. Beim Einwirken von axialen Zugkräften (z. B. Streck- und Hängelage) entfernen sich die benachbarten Wirbelkörperflächen, der Ring wird höher und verliert an Breite. Die Spannung im Kern lässt nach. Bei Zunahme des axialen Drucks wird der Ring brei-



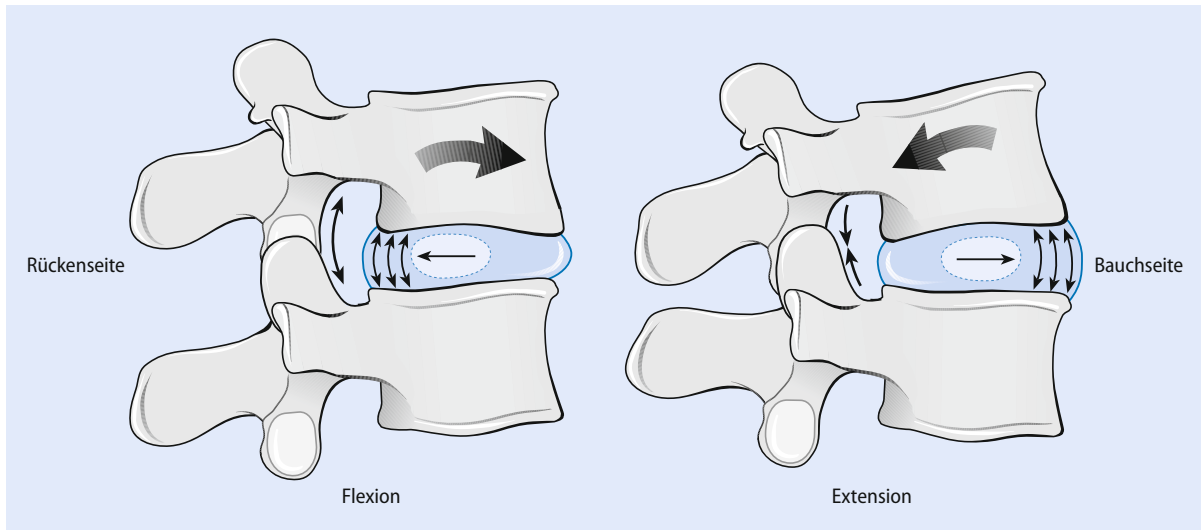
■ **Abb. 6.9** Bestandteile der Bandscheibe. (Aus Wottke 2004)



■ **Abb. 6.10** Bandscheibe als osmotisches System. (Aus Wottke 2004)

ter, der Kern dagegen plattet sich unter Zunahme des Binnendrucks ab.

Steht die Bandscheibe unter Druck, etwa im aufrechten Stand oder im Sitzen, dann strömt wie bei einem Schwamm aus dem Bandscheibenkern Flüssigkeit in den Bandscheibenring und ins umliegende Gewebe. Bei Entlastung im Liegen – insbesondere bei Nacht – gelangt die Flüssigkeit zurück in den Kern (■ Abb. 6.10). Die Tatsache, dass die Bandscheiben bei alltäglicher Belastung tagsüber »entsaftet« werden, führt dazu, dass Menschen am Abend um bis zu 2,5 cm kleiner sind als morgens.



■ **Abb. 6.11** Verlagerung des Nukleus nach dorsal bei Flexion der Wirbelsäule, Verlagerung des Nukleus nach ventral bei Extension. (Aus Wottke 2004)

➤ Wichtig

Die Ernährung der Bandscheiben erfolgt im Unterschied zu anderen Geweben nicht über das Blutgefäßsystem, sondern durch Austausch von Gewebeflüssigkeit (Diffusion) bei Be- und Entlastung.

Bei asymmetrischen Belastungen wie Beugung (Flexion) oder Streckung (Extension) wird der Ring zur Belastungsseite hin zusammengedrückt und der Kern auf die gegenüberliegende Seite verschoben (Abb. 6.11). Dadurch kommt es zur Anspannung der Fasern, sodass das Kern-Ring-System selbstregulierend arbeitet.

■ Schädigungen der Bandscheibe

Die Kräfte, die auf die Bandscheiben einwirken, hängen von der Geschwindigkeit der Bewegungen und der Stellung der Wirbelsäule im Raum ab. Unphysiologische Bewegungen und dauerhafte Fehlbelastungen führen zu Abnutzungserscheinungen des Bandscheibenrings und der Wirbelgelenke. Damit verbunden ist eine Abnahme der Spannung der Längsbänder, die auf der Vorder- und Rückseite der Wirbelsäule verlaufen und zur Stabilisierung der Wirbel untereinander beitragen sollen. Als Folge kommt es zur Lockerung des Bewegungssegments.

Bei starker Belastung und degenerativen Veränderungen des Systems kann es zu einer Vorwölbung des Bandscheibenrings (Protrusion) zur Rückenseite (dorsal) kommen. Tritt Gewebe des Bandscheibenkerns aus (**Bandscheibenvorfall**), dann besteht die Gefahr, dass das Rückenmark oder eine Nervenwurzel – oft in der Region

L4/5 oder L5/S1 – komprimiert wird, was zu erheblichen schmerzhaften Beschwerden (Hexenschuss, lat. *lumbago*) führen kann.

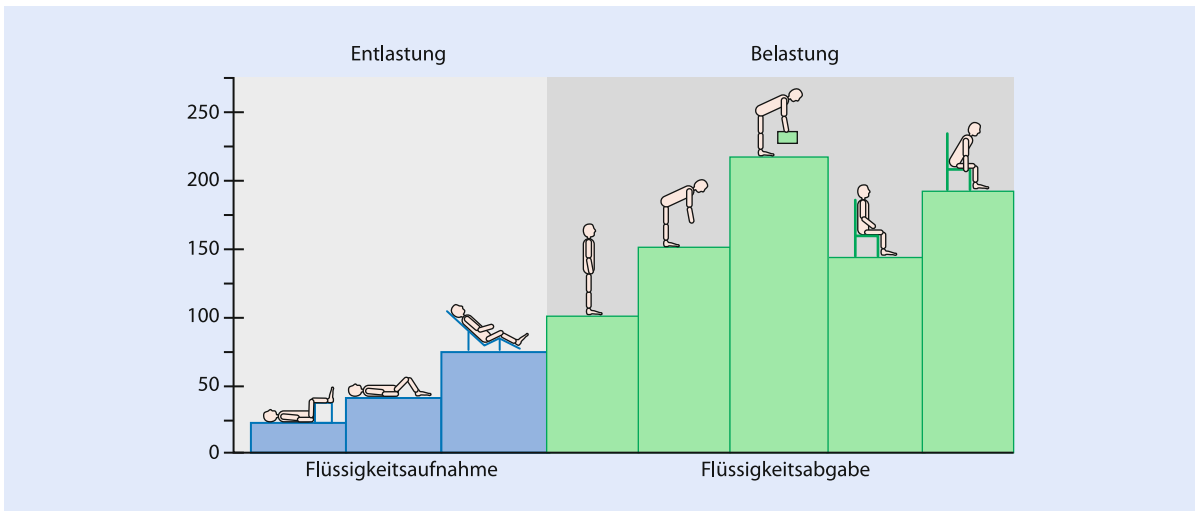
■ Entlastungs- und Kompensationsmechanismen

Bei statischer Betrachtung ist die Belastung auf die Bandscheibe in Rückenlage mit angezogenen Knien am niedrigsten (< 50 kp). Beim Sitzen ist der Druck auf die Zwischenwirbelscheiben eines 70 kg schweren Mannes gemessen im unteren LWS-Bereich mit 150 kp größer als beim Stehen mit 100 kp (Abb. 6.12). Sobald aber ein Gewicht durch muskuläre Aktivität angehoben wird, kommt es zu einer systematischen Entlastung des Zwischenwirbelscheibenbereichs. Die passiven Belastungen von bis zu 250 kp werden bei entsprechenden muskulären Stabilisations- und Kompensationsmechanismen durch die aktive Bewegung in die Extension vollkommen kompensiert (Nachemson 1992; Panjabi 1992).

➤ Wichtig

Aufgrund der unterschiedlichen Druckverhältnisse auf die Bandscheibe im Lendenwirbelbereich je nach Aktivitätslevel und Körperposition empfiehlt es sich, tagsüber beide Einflussfaktoren variabel zu gestalten.

So ist der Einsatz eines Stehpults oder der vorübergehende Wechsel vom Sitzen zum Stehen, beispielsweise beim Telefonieren, ratsam. Vielleicht gelingt es dem einen oder anderen sogar, in einer Pause die Bandscheiben durch Einnahme einer Liegeposition zu entlasten. Auch aktives Sitzen durch bewusstes An- und Entspannen der Rumpfmuskulatur kann helfen.



■ Abb. 6.12 Druckbelastung auf die Bandscheiben im LWS-Bereich in Abhängigkeit der Körperposition bei Passivität

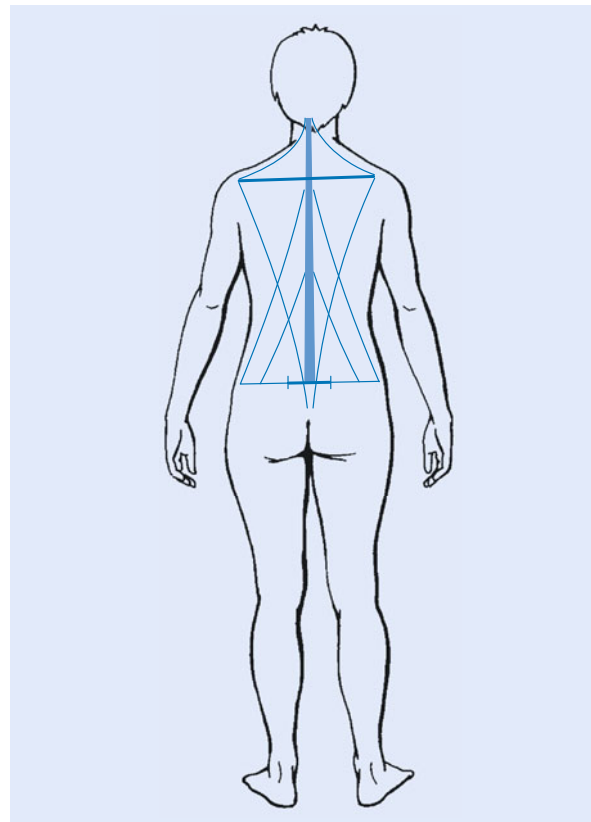
muskulatur sowie gymnastische Übungen am Arbeitsplatz sind zu empfehlen.

Rumpfmuskulatur

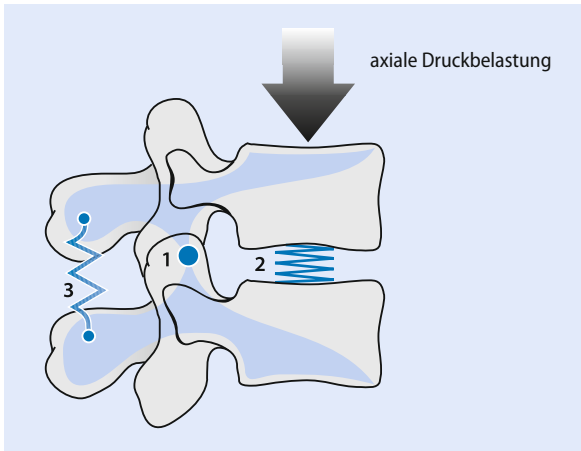
Die relative Starrheit der Wirbelsäule, die in ihrer Funktion der Sicherung des aufrechten Gangs zum Ausdruck kommt, wird durch die Rumpfmuskulatur gewährleistet. Die Bauch- und Rückenmuskeln treten als aktive Stabilisatoren der Wirbelsäule auf, in dem sie wie die Vertäuerung eines Segelmasts wirken. Die Wirbelsäule ist als Mast im Becken verankert. In Schulterhöhe trägt sie als quere Rahe den Schultergürtel. Bänder- und Muskelzüge sind als Haltetaue auf mehreren Ebenen angebracht und verbinden den Mast mit seiner basalen Verankerung, dem Becken (■ Abb. 6.13).

In aufrechter Stellung und bei korrekter Haltung sind die Spannkraften der Haltetaue (Muskulatur) ausgeglichen. Bei Bewegung stellt ein kompliziertes System, vom Nervensystem gesteuert, automatisch das Gleichgewicht ein. Es handelt sich dabei um eine fortwährende Tonusänderung der verschiedenen Muskeln. Entsprechend den Bewegungsmöglichkeiten der Wirbelsäule übernehmen die Rumpfmuskeln das Beugen, Strecken, Seitwärtsneigen und Rotieren:

- Die flächenhaft ausgebildete **Bauchmuskulatur** dient zum Schutz der inneren Organe und unterstützt die Rückenmuskulatur bei der Körperhaltung und der Ausführung von Bewegungen.
- Die Aufgabe der stärker ausgebildeten **Rückenmuskulatur** ist es, eine aktive Rolle als »Tension-Band«-System zu übernehmen, das nach dem Prinzip der Zuggurtung den menschlichen aufrechten Gang ermöglicht (o. A. 2007-2013).



■ Abb. 6.13 Analogie zwischen der Verspannung der Rumpfmuskulatur und den Haltetauen am Segelmast. (Aus Wottke 2004)



■ **Abb. 6.14** Diskomuskulärer Druckausgleich. 1 Drehpunkt am Wirbelgelenk, 2 Zwischenwirbelscheibe, 3 tiefe, autochthone Rückenmuskeln. (Aus Wottke 2004)

- Auch die **Schulter-Nacken-Muskulatur** sowie die **Beuge- und Streckmuskulatur der Hüfte** sind an einer korrekten Körperhaltung beteiligt.

Doch nicht nur die großen, sondern gerade die kleinen, zwischen den Wirbelkörpern gelegenen und von außen unsichtbaren Muskeln (**intervertebrale Muskulatur**), sind für die aktive Stabilität verantwortlich. Bei plötzlich auftretenden Belastungen werden sie reflektorisch angespannt (■ Abb. 6.14). Durch muskuläre Kompensation kommt es bei Belastung zu einer Schonung der Bandscheibenstrukturen.

Da sich der moderne Mensch überwiegend in der **Sitzposition** befindet, passen sich die aktiven und passiven Strukturen des Bewegungsapparats dieser Belastung an (► Teil II). Die Einseitigkeit kann zu Fehlhaltungen führen, die sich als unphysiologische Belastungen der Wirbelsäule auswirken und langfristig zu pathologischen Veränderungen dieses empfindlichen Systems führen können.

Weil die Fehlhaltung zur Normalhaltung gerät (alle Strukturen wie Knorpel, Bänder, Muskulatur sind der bekannten »normalen« Position des Sitzens angepasst), werden alle anderen ungewohnten Belastungen wie Stehen und/oder Bewegen als »unphysiologisch« empfunden. Die Folge ist Überlastung.

Mechanismen zum Schutz der Bandscheiben

- Gute Körperhaltung
- Wechselnde Körperpositionen im täglichen Ablauf
- Korrekte Techniken bei alltäglichen Belastungen (Sitzen, Stehen, Heben, Tragen)
- Aufbau eines muskulären »Korsetts« durch Training

6.3.2 Kopf (Schädel) und Halswirbelsäule

Der **Kopf (Schädel)** hat im wahrsten Sinne des Wortes eine »überragende« Bedeutung im menschlichen Organismus, denn er hat die Aufgabe, der Steuerzentrale Gehirn einen möglichst effizienten Schutz zu bieten. Deshalb sind die ca. 25 Knochen des Gesichts- und Hirnschädels über Knochennähte miteinander verbunden und bilden eine schützende Hülle um die Gehirnmasse. Außerdem formen sie die Struktur des Gesichts und liefern damit die Form für die Einzigartigkeit des Antlitzes, das jeden Menschen charakterisiert.

Die **Halswirbelsäule (HWS)** ist der beweglichste Abschnitt der Wirbelsäule (► Abschn. 6.3.1). Sie besteht aus sieben Halswirbeln, die in ihrer Gesamtheit eine nach hinten (dorsal) konkave Wölbung (Lordose) aufweisen und am oberen Ende den Kopf frei beweglich tragen.

Halswirbelsäule

- 1. Halswirbel (Atlas)
- 2. Halswirbel (Axis)
- 3.–7. Halswirbel

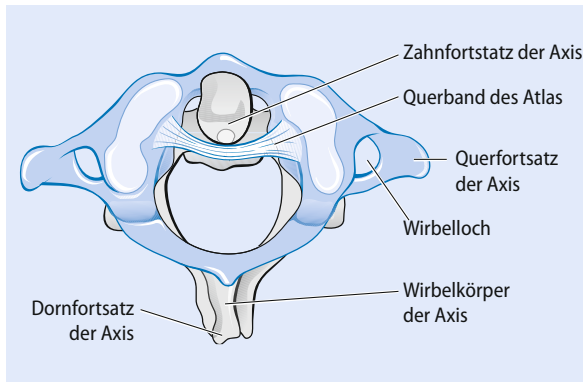
Die hohe Beweglichkeit in alle Bewegungsrichtungen wird durch spezielle Gelenkverbindungen ermöglicht. Dabei nehmen die ersten beiden Halswirbel eine Sonderstellung ein, da sie sich in ihrem Bau von den anderen Wirbeln unterscheiden:

Dem 1. Halswirbel (Atlas) fehlt der Wirbelkörper. Im Verlauf der Entwicklung ist er zu einem zapfenförmigen Zahn (Zahnfortsatz) des 2. Halswirbels (Axis) geworden. Durch eine spezielle Verbindung beider Halswirbel (■ Abb. 6.15) ergibt sich eine Achse, um die sich der Atlas mit dem darauf sitzenden Kopf drehen kann (**unteres Kopfgelenk**).

Das **obere Kopfgelenk** bilden die Gelenkköpfe des Hinterhauptbeins, die mit den Gelenkflächen des Atlas (Eigelenk) korrespondieren und die Nick- sowie in geringem Maße die Seitwärtsbewegung des Kopfes ermöglichen.

Die übrigen Halswirbel unterstützen die Seit-, Vor- und Rückwärtsneigung. Da es sich bei allen Gelenkverbindungen *nicht* um Kugelgelenke handelt, sind kreisende Kopfbewegungen in jedem Fall unphysiologisch und deshalb zu vermeiden. Bei unphysiologischen Belastungen kann es zu frühzeitigen Abnutzungserscheinungen kommen.

Für die Kopfbewegungen ist ein System von vielen, zum Teil recht kleinen **Halsmuskeln** verantwortlich, von denen hier nur die wichtigsten angesprochen werden sollen. Im hinteren Halsbereich dominiert der M. trapezius (Kapuzenmuskel), im seitlichen und



■ Abb. 6.15 Atlas und Axis. (Aus Wottke 2004)

vorderen Teil der M. sternocleidomastoideus (Kopfwender).

6.3.3 Schulter und Arme

Die beiden Schlüsselbeinknochen (Claviculae) und Schulterblätter (Scapulae) bilden zusammen den **Schultergürtel**. Im Unterschied zum Becken, das mit der Wirbelsäule fest verbunden ist, liegt der Schultergürtel dem Brustkorb außen auf. Lediglich die beiden Schlüsselbeine besitzen eine gelenkige Verbindung mit dem Brustbein (Sternum).

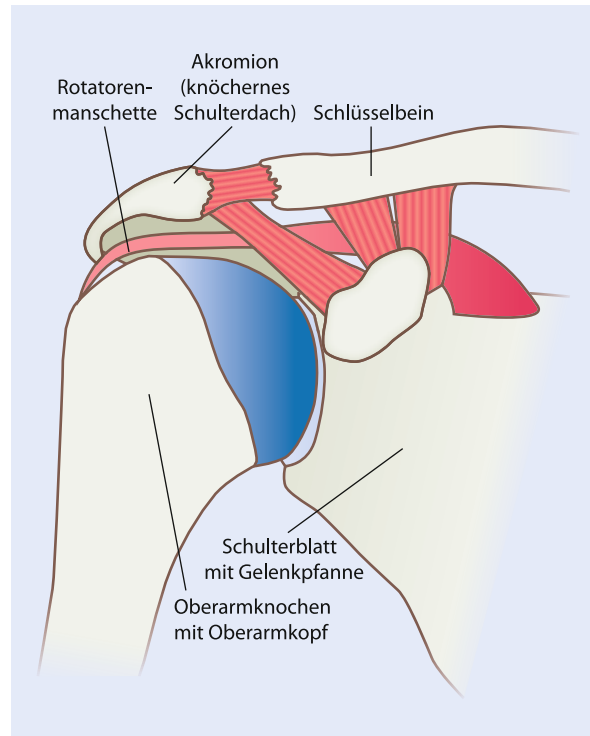
Das **Schultergelenk** wird von der relativ kleinen Gelenkpfanne (ca. 6 cm²) des Schulterblatts und dem kugelförmigen Gelenkkopf des Oberarmknochens (Humerus) gebildet (■ Abb. 6.16). Seine Fläche ist ca. 4-mal größer als die flache Schulterblattgelenkpfanne (Kugelgelenk). Diese Besonderheiten haben Folgen:

➤ Wichtig

Das Schultergelenk ist zwar das beweglichste, aber dafür das am wenigsten gesicherte Gelenk des Menschen. Zu seiner Stabilisierung dienen Gelenkkapsel und Rotatorenmanschette (■ Abb. 6.16).

Die Rotatorenmanschette hält den Gelenkkopf des Oberarmknochens in der Gelenkpfanne des Schulterblatts und verspannt die Gelenkkapsel des Schultergelenks. Die Muskulatur, die auf Schultergürtel und -gelenk einwirkt, sorgt für die vielfältigen Bewegungsmöglichkeiten. Deshalb ist es im Vergleich zum Hüftgelenk erheblich instabiler, sodass es durch Gewalteinwirkung (Sturz etc.) leicht zu Ausrenkungen (Luxationen) kommen kann.

Die Funktion der Muskeln, die auf den Schultergürtel einwirken, besteht darin, ihn am Rumpf zu fixieren, um Armbewegungen ausführen zu können. Die Bewegungen des Schulterblatts sind hauptsächlich Gleitbewegungen:



■ Abb. 6.16 Aufbau des Schultergelenks

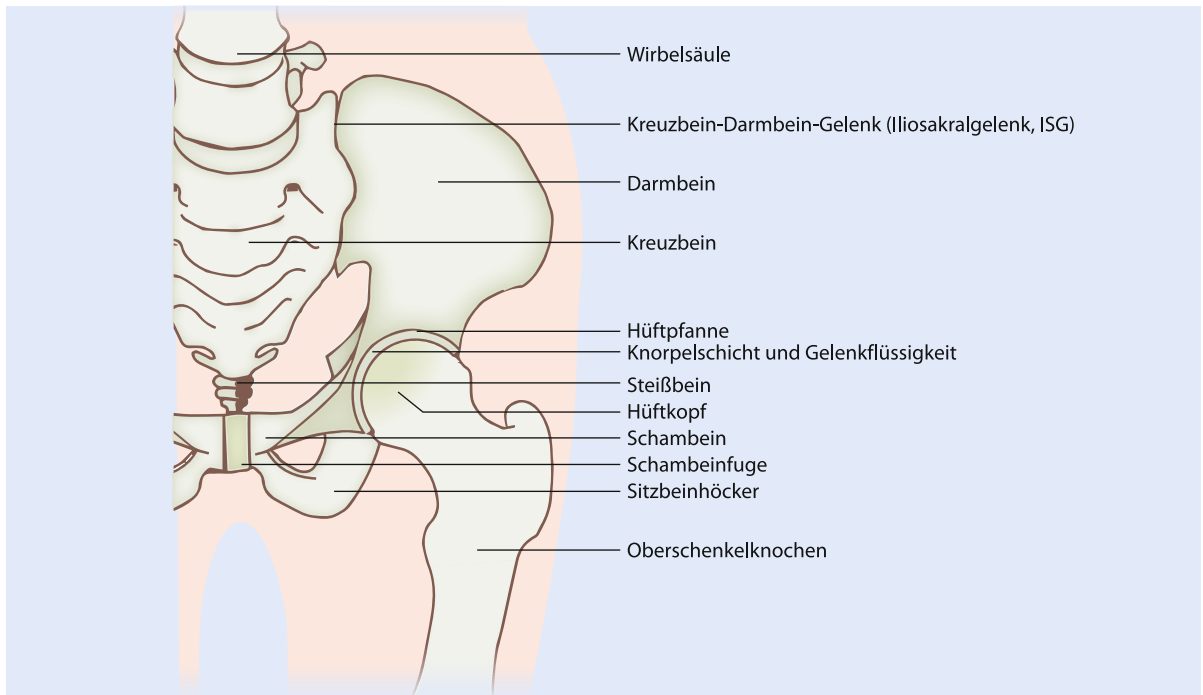
Heben und Senken, zur Wirbelsäule hin und von ihr wegführen.

Die **oberen Extremitäten** bestehen aus einer Vielzahl von Knochen, die untereinander in gelenkiger Verbindung stehen. Der Oberarmknochen sowie die beiden Unterarmknochen Elle und Speiche bilden das **Ellenbogengelenk**, das bei genauer Betrachtung aus drei Einzelgelenken zusammengesetzt ist: Der Oberarmknochen ist einerseits mit den beiden Unterarmknochen als Scharniergelenk verbunden, das die Beugung und Streckung des Unterarms erlaubt. Andererseits ermöglicht die drehgelenkartige Verbindung zwischen Elle und Speiche Rotationsbewegungen des Unterarms. Bei der Supination zeigt die Handfläche des rechtwinklig gebeugten Unterarms nach oben, bei der Pronation nach unten.

➤ Wichtig

Mit der Entfernung vom Rumpf nimmt die Anzahl der Knochen und Gelenkverbindungen des Arms zu.

Deshalb sind die Bewegungsmöglichkeiten der Hände vielfältig. Da sie zwar für die menschliche Existenz eine Rolle spielen, weniger jedoch für das »Managen des Körpers«, sollen sie hier keine nähere Betrachtung finden.



■ Abb. 6.17 Aufbau des Hüftgelenks. (© Aesculap AG, mit freundl. Genehmigung)

6.3.4 Hüfte und Beine

➤ Wichtig

Im Gegensatz zum beweglichen Schultergürtel ist der Beckengürtel relativ starr und deshalb unbeweglicher.

Das **Hüftgelenk** ist ebenso wie das Schultergelenk ein Kugelgelenk, das Bewegungen in allen drei Ebenen des Raumes zulässt. Statt einer überwiegenden Muskelführung besitzt das Hüftgelenk eine starke Knochenführung. Sie wird gewährleistet durch die tiefe Einlagerung des Oberschenkelknochens (Gelenkkopf) in die Aushöhlung des Hüftbeins (Gelenkpfanne) (■ Abb. 6.17). Dadurch entsteht eine große Kontaktfläche zwischen beiden Gelenkkörpern, die durch einen straffen Bandapparat zusätzlich gefestigt wird.

Zwischen Kreuz- und Darmbein befindet sich das rechte und linke **Iliosakralgelenk (ISG)**. Obwohl es ein sehr straffes Gelenk darstellt, das nahezu keine Bewegung zulässt, kann es bei Fehlbelastungen (Heben schwerer Lasten, Stolpern, »Tritt ins Leere«, aber auch bereits bei Drehbewegungen wie z.B. beim Ein- oder Aussteigen ins Auto) durch Verschiebung der Gelenkflächen zu schmerzhaften Blockaden kommen, die das Bewegen beeinträchtigen. Im Unterschied zu den Bandscheibenvorfällen ist allerdings in diesem Fall keine Funktionsbeeinträchtigung von Nerven und damit keine Ausstrahlung der Schmerzen festzustellen.

Oftmals gehen bei Fehlbelastungen Blockaden des ISG einher mit einer gleichzeitigen Kompression des Ischias Nervs am Nervenwurzelaustritt L5/S1, L4/L5 oder bei einer Skoliose gegebenenfalls auch höher in Richtung Brustwirbelsäule. Dies kann zu kombinierten Beschwerden führen, die differentialdiagnostisch zu untersuchen und mit einer Deblockierung des ISG zu behandeln sind.

Die **untere Extremität** ist in ihrem Aufbau der oberen ähnlich. Dennoch ergeben sich aufgrund des aufrechten Gangs und der dadurch bedingten unterschiedlichen Kräfteverteilung einige strukturelle Besonderheiten.

Ein kompliziert strukturiertes Gelenk ist das **Kniegelenk** (■ Abb. 6.5). Insgesamt wirken acht Gelenkkörper zusammen, die neben Beuge- und Streckbewegungen (Scharniergelenk) auch Drehungen des Unterschenkels um die Längsachse (Drehgelenk) ermöglichen. Die Hauptverbindung kommt zwischen den beiden konvexen Knorren des Oberschenkelknochens und den beiden fast ebenen Knorren des Schienbeins zustande. Das Wadenbein, der zweite Knochen des Unterschenkels, hat keine gelenkige Verbindung mit dem Oberschenkelknochen, sondern ist mit einem Band am Schienbein fixiert.

Die Kontaktfläche zwischen beiden gelenkbildenden Knochen wäre sehr klein, wenn nicht durch die Gelenkknorpelschicht und die dazwischen gelagerten **Faserknorpelscheiben (Menisken)** eine größere Kontaktfläche

entstehen würde. Dadurch verteilt sich die Belastung im Kniegelenk auf eine größere Fläche.

➤ Wichtig

In der Streckung besitzt das Kniegelenk seine größte Stabilität. In dieser Position sind keine Drehbewegungen möglich.

Zusätzliche Stabilisierungshilfen liefert eine ausgeprägte Bänderführung (vorderes und hinteres Kreuzband, Seitenbänder; ■ Abb. 6.5). Sie schränken gleichzeitig die Bewegungsmöglichkeiten ein. Beispielsweise verhindern die Seitenbänder aufgrund ihrer Spannung bei Kniestreckung die Rotationsbewegungen.

➤ Wichtig

Bei Beugung ist die Festigkeit des Knies eingeschränkt. Rotationsbewegungen sind möglich. In dieser Stellung ist die Verletzungsanfälligkeit groß, insbesondere wenn das gebeugte Knie gleichzeitig nach außen gedreht ist.

Der **Fuß** ist ein kompliziertes Gebilde aus insgesamt 26 Knochen. Von den vielen gelenkartigen Verbindungen sind das obere am Wichtigsten:

- Das **obere Sprunggelenk** liegt zwischen der Rolle des Sprungbeins und der Knöchelgabel. Es ist kein reines Scharniergelenk, da es neben der Streckung (Dorsalextension) und Beugung (Plantarflexion) des Fußes auch leichte Rotationsbewegungen mitmacht (bei Dorsalflexion nach innen, bei Plantarflexion nach außen). Diese Gleit-Roll-Bewegung ermöglicht ein ungestörtes, rundes Gehen, Laufen, Springen und Aufstehen (Tittel 2000, S. 203 ff).

➤ Wichtig

Je mehr sich der Fußrücken dem Unterschenkel nähert, desto fester wird die Gelenkbindung. Je weiter er sich entfernt, desto lockerer wird sie und lässt in dieser Stellung leichte Seitwärtsbewegungen zu.

- Das **untere Sprunggelenk** setzt sich aus zwei Teilgelenken zusammen (einem vorderen und einem hinteren), die jedoch funktionell beim Ablauf einer Bewegung (Heben der Außen- oder Innenseite des Fußes) stets beide beteiligt sind.

Die **Fußmuskeln** übernehmen überwiegend statische Aufgaben. Die Muskulatur, die auf der Vorderseite (vorderer Schienbeinmuskel, langer Zehen- und Großzehenstrecker) und Rückseite (Zwillingswaden-, Schollen-, Wadenbeinmuskel, hinterer Schienbeinmuskel, langer Zehen- und Großzehenbeuger) des Unterschenkels liegt, dient hauptsächlich der Fortbewegung.

Von großer Bedeutung für die Bewegung sind Achilles- und Plantarsehne:

- Die **Achillessehne** verbindet die Enden des dreiköpfigen Wadenmuskels mit der Ferse. Sie ist die dickste Sehne des Menschen und eine häufige Schwachstelle bei Läufers.
- Die **Plantarsehne** befindet sich zwischen Fußballen sowie Ferse und stabilisiert das Längsgewölbe des Fußes. Durch mechanische Fehlbelastungen kann es in beiden Bereichen zu schmerzhaften Entzündungen kommen.

Zusammenfassung

Einseitigkeit zerstört die Balance im Organismus. Zwangsläufig führt eine einseitige Lebensweise zu Dysbalancen im passiven und aktiven Bewegungsapparat. Um später durch Training gezielt darauf einwirken zu können, bedarf es der Kenntnis anatomischer und physiologischer Zusammenhänge. Im Mittelpunkt der Betrachtung stehen dabei die Zusammensetzung, Arbeitsweise und mechanischen Eigenschaften von Muskulatur und Faszien. Wegen des gesellschaftlich hochrelevanten Themas Rückenschmerz ist das Verständnis über die Funktionszusammenhänge innerhalb der Wirbelsäule von herausragender Bedeutung. Das »Schwamm-Modell« erklärt die Ernährung der Bandscheiben, das »Wäscheklammer-Modell« die Arbeitsweise der intervertebralen Muskulatur.

Literatur

- Beckmann D (2009) Pilates. Das Magazin. No. 3, Juli/Oktober
- Clauss C, Clauss W (2009) Humanbiologie kompakt. Springer, Berlin Heidelberg
- Fritsche O (2010) Biologie für Einsteiger. Springer, Berlin Heidelberg
- Gimbel B, Kalkbrenner E (1992) Handbuch Körpermanagement. Behr's, Hamburg
- Grosser M et al. (2008) Das neue Konditionstraining. Sportwissenschaftliche Grundlagen. Leistungssteuerung und Trainingsmethoden, Übungen und Trainingsprogramme. BLV, München
- Heinichen MG (2005) Insulin-like Growth Factor-1, Mechano Growth Factor und Myosin Schwerketten Transformation beim Krafttraining. Dissertation. Medizinische Fakultät der Universität Ulm
- Karpandji JA (1984/85) Funktionelle Anatomie der Gelenke. Bücherei des Orthopäden, Bd. 40/47/48. Enke, Stuttgart
- Klee A (2007) Zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe. In: Freiwald A. et al. (Hrsg.) Prävention und Rehabilitation. 7. Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft. Strauß, Köln. S. 337–346
- Nachemson AL (1992) Newest knowledge of low back pain. Clin Orthop 279 (JUN): 8–20
- Panjabi M (1992) The stabilising system of the spine, Part I and II. J Spinal Disord 5(4) 383–397

- Schleip R, Müller D (2013a) Faszinierende Faszien. medicalsports network 05.13, S. 26–28, Succidia, Darmstadt
- Schleip R, Müller D (2013b) Faszientraining. medicalsports network 06.13, S. 20–23, Succidia, Darmstadt
- Steinacker JM et al. (2002) Strukturanpassungen des Skelettmuskels auf Training. Dtsch Z Sportmed 53(12) 354–360
- Tittel K (2000) Beschreibende und funktionelle Anatomie des Menschen. Urban & Fischer, München
- Wick D (2009) Biomechanik im Sport. Lehrbuch der biomechanischen Grundlagen sportlicher Bewegungen. Spitta, Balingen
- Wiemann K (2000) Effekte des Dehnens und die Behandlung muskulärer Dysbalancen. In: Sievers M (Hrsg.) Muskelkrafttraining. Kiel, S. 95–119
- Wottke D (2004) Die große orthopädische Rückenschule. Springer, Berlin Heidelberg
- O. A. (2001) <http://www.wissenschaft-online.de/abo/lexikon/biok/7865>. Zugriffen: 20. Februar 2014
- O. A. (2007–2013) <http://harms-spinesurgery.com/src/plugin.php?m=harms.ANA11D>. Zugriffen: 20. Februar 2014

Verfahren zur Diagnostik von Kraft, Beweglichkeit und Koordination

Bernd Gimbel

- 7.1 »EKG des Rückens« –**
Ein stabiler Rumpf kennt (fast) keinen Schmerz – 104
- 7.2 Messung der Kraft(ausdauer) – 108**
- 7.3 Messung von Beweglichkeitseinschränkungen – 108**
- 7.4 Diagnostische Verfahren der Koordination – 109**
 - 7.4.1 S3-Check – 109
 - 7.4.2 Einfache Verfahren zur motorischen Koordinationsprüfung – 110
 - 7.4.3 Test komplexer Bewegungsmuster: FMS – 111
- Literatur – 114**

Die Einseitigkeit der alltäglichen Belastungen und die permanente muskuläre Minderbeanspruchung bei einer Vielzahl von Menschen lassen in Abhängigkeit der persönlichen Bedingungen Muskeln und Faszienstrukturen degenerieren.

➤ Wichtig

Degenerative Veränderungen im Bewegungsapparat lassen sich *nicht* durch allgemeine Übungs- und Trainingsprogramm behandeln, sondern nur bezogen auf den konkreten Fall einer Person.

Dazu ist es erforderlich, die Leistungsfähigkeit des Bewegungsapparats zu messen, um daraus individuelle Trainingsprogramme mit geeigneten Übungen zum Erreichen der Ziele der Kunden abzuleiten.

7.1 »EKG des Rückens« – Ein stabiler Rumpf kennt (fast) keinen Schmerz

Rückenschmerz ist ein gesellschaftliches Thema mit höchster Bedeutung. In den meisten Fällen (85%) lassen sich keine eindeutigen Ursachen feststellen. Zum einen gibt es Patienten mit chronischen Rückenschmerzen ohne jegliche Organschäden. Bei anderen Personen mit erheblichen Wirbelsäulenschäden treten keine Beschwerden auf (Keller S 2005).

Rückenschmerzen können sich im oberen (HWS), mittleren (BWS) oder unteren Bereich der Wirbelsäule (LWS) bemerkbar machen. In den meisten Fällen erstmalig auftretender Rückenbeschwerden sind diese harmlos und lassen nach wenigen Tagen nach. In anderen Fällen sind bei **akuten Rückenschmerzen** eindeutige Ursachen feststellbar:

Ursachen akuter Rückenschmerzen

- Muskelverspannungen
- Wirbelblockaden oder -fehlstellungen
- Iliosakralgelenk-(ISG-)Syndrom
- Bandscheibenvorfall
- Wirbelsäulenabnutzung (Arthrose der Wirbelsäulengelenke, Facettensyndrom)
- Wirbelkanalenge (Spinalstenose)
- Wirbelsäulenenzündung (Morbus Bechterew)
- Osteoporose (Knochenschwund).

Beim Fortbestehen von Rückenbeschwerden besteht allerdings zunehmend die Gefahr, dass sich aus einem – vielleicht ursprünglich eindeutig lokalisierbaren und diagnostizierbaren – akuten Beschwerdebild eine **Schmerzchronifizierung** entwickelt. In dieser gewinnen Veränderungen der Schmerzleitung, Schmerzwahrnehmung und kognitiven Schmerzverarbeitung zunehmend an Bedeutung. Oftmals

ist der ursprüngliche akute Anlass der Beschwerden längst verheilt. Die Chronifizierungsbedingten Veränderungen auf den höheren Ebenen der Verarbeitung (Rückenmark und Gehirn) bestehen aber weiter fort. Diese medizinischen Phänomene beeinflussen zunehmend das Alltags- und Bewegungsverhalten mit allen negativen **Folgen**:

- Bewegungsmangel
- Muskuläre und funktionelle Defizite (Beweglichkeit)
- Multimorbidität (Herz-Kreislauf-System, Verdauung etc.)
- Depression
- Soziales Rückzugsverhalten etc.

Psychosoziale Risikofaktoren spielen bei der Entstehung und Chronifizierung von Rückenschmerzen eine nicht zu unterschätzende Rolle. Das hohe Arbeitstempo, die mangelnde Mitbestimmung bezüglich Arbeitsbedingungen und Aufgaben, geringe Unterstützung bei der Durchführung des Arbeitsprozesses durch Kollegen oder Vorgesetzte, fehlende Wertschätzung und die häufig daraus resultierende Unzufriedenheit am Arbeitsplatz sind empirisch gut abgesicherte Risikofaktoren (Stadler u. Spieß 2009).

Häufig liegen **muskuläre Dysbalancen** vor. Bei Missachtung von auftretenden Beschwerden und Chronifizierung drohen hohe Kosten für Versicherer und Arbeitgeber, insbesondere aber enorme Einschränkungen der Lebensqualität der Betroffenen.

Praxistipp

Zur visuellen Begutachtung oder Erhebung eines fachgerechten Tastbefunds, ob und welche Muskelgruppen möglicherweise zu schwach ausgebildet sind, gehört eine exakte Evaluation durch eine validierte biomechanische Messung (Harter 2010).

Manchmal ist es die Muskulatur des Rückens, in anderen Fällen die Bauchmuskeln und oft sind beide Muskelgruppen nicht mehr in der Lage, die Wirbelsäule dauerhaft in ihrer physiologischen Position zu halten.

Eine Vielzahl von Therapiekonzepten (FPZ-Konzept, Kieser-Training, Tergumed 700, Dr. Wolff Rückentherapie-Center, Baunataler Rückenkonzept etc.) sind entwickelt worden. Wegen guter eigener Erfahrungen sei an dieser Stelle das FPZ-Konzept genauer vorgestellt. Es ist benannt nach dem Kölner Forschungs- und Präventionszentrum, wurde von Achim Denner in den 1990er Jahren an der Sporthochschule in Köln entwickelt und in zahlreichen wissenschaftlichen Studien mit mehr als 120.000 Patienten evaluiert. 1998 erhielt es den Richard-Merten-Preis im Bereich Humanmedizin.

Wichtig

Beim FPZ-Konzept handelt es sich um ein hoch-intensives Training, bei dem der Kunde an Hightech-geräten nur *eine* Belastungsserie pro Übung mit maximaler Qualität und Intensität durchführt.

Drei Säulen des FPZ-Konzepts

- Biomechanische Funktionsanalyse zur Ermittlung der medizinischen Indikation (BMFA, ca. 90 min)
- Aufbauprogramm (24 Therapieeinheiten à 60 min) inklusive Abschlussanalyse (ca. 90 min)
- Weiterführendes Programm mit regelmäßigem Training (alle 5–10 Tage eine Therapieeinheit)

Biomechanische Funktionsanalyse der Wirbelsäule (BMFA)

Die BMFA findet an speziellen Kraftgeräten mit integrierter Messvorrichtung statt. Dabei werden elektronisch isometrische Maximalkraft, Kraftausdauer und Beweglichkeit der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur im Hals-, Brust- und Lendenbereich in allen Bewegungsebenen gemessen. Der Vergleich zwischen den erhobenen Daten der Testperson mit denen von untrainierten, beschwerdefreien Personen gleichen Alters und Geschlechts (Nulllinie) ergibt ein »EKG des Rückens«. Je weiter die Messpunkte darin auf der linken Seite liegen, desto defizitärer ist das Beweglichkeits- oder Kraftniveau der Testperson.

Beispiel (Abb. 7.1) Bei der Testperson besteht eine auffallende muskuläre Dysbalance zwischen Beugung und Streckung der LWS/BWS (rote Pfeile). Während die Muskelgruppen, die für die Rumpfstreckung zuständig sind (Rückenmuskulatur) ein durchschnittlich ausgeprägtes Kraftniveau besitzen (roter Pfeil nach links), besteht bei der Beugung (Bauchmuskulatur) erheblicher Trainingsbedarf (roter Pfeil nach rechts). Die Rumpffrotatoren (grüner Pfeil) befinden sich dagegen harmonisch auf durchschnittlichem Niveau.

Das Ergebnis liefert in der Gesamtbetrachtung die Voraussetzung zur **Erstellung eines individuellen Trainingsplans** mit dem Ziel, alle defizitär ausgebildeten Muskelgruppen durch entsprechende Beweglichkeits- und Kraftübungen auf ein höheres Niveau zu bringen. Gleichzeitig ist darauf zu achten, dass die Muskulatur in den Körperachsen (Körpervorderseite mit der Bauch- und Körperrückseite mit der Rückenmuskulatur bzw. linke und rechte Körperseite) auf ein ausbalanciertes Kraftniveau gebracht wird.

Eine weitere Möglichkeit zur Individualisierung des Trainings ergibt sich aus der Höhe der Abweichungen in-

nerhalb des »muskulären Profils der Wirbelsäule«. Die Auswertungsssoftware *FPZ-Profile* ermittelt für jede analysierte Muskelgruppe eine Priorität P1–P4. Kategorie P1 beinhaltet die Übungen mit den höchsten negativen prozentualen Abweichungen von den Referenzwerten und demzufolge mit dem größten Trainingsbedarf. P4 bedeutet, dass in diesem Bereich kein Training erforderlich ist.

- Patienten im Dekonditionierungsstadium 1 oder 2 nach Denner, bei denen die vorhandenen muskulären Insuffizienzen primär auf koordinativen Defiziten und funktioneller Atrophie beruhen, absolvieren das **Aufbauprogramm A10** mit 10 betreuten Trainingseinheiten über 6–8 Wochen (Denner 1998).
- Rückenschmerzpatienten im Dekonditionierungsstadium 3 oder 4 durchlaufen das **Aufbauprogramm A24** mit 24 Trainingseinheiten (Beispiel eines chronischen Rückenschmerzpatienten in ► Kap. 9), da in diesem Fall multiple muskuläre Insuffizienzen mit neuralen und muskulären Faktoren vorliegen (Denner 1998).
- Dekonditionierungsstadium 0 bedeutet, dass bei den Messungen alle motorischen Parameter – Mobilität und Kraft – mindestens im mittleren Referenzbereich liegen.
- Bei einer erheblichen Dekonditionierung (Dekonditionierungsstadium 4) ist mehr als ein Parameter erheblich defizitär und mindestens 50% aller Parameter sind im mittleren Referenzbereich ausgeprägt.

Ziel des Trainings ist es, die wirbelsäulenstabilisierende Muskulatur harmonisch auf hohem Niveau auszubilden (Abb. 7.2), um die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Rückenschmerzen zu reduzieren, bereits vorhandene Beschwerden zu verbessern oder gar Schmerzfreiheit zu erzielen und dadurch die Leistungsfähigkeit und Lebensqualität von Menschen zu erhöhen.

FPZ-Konzept

Ziele:

- Wiederherstellung und Optimierung des Funktionszustands der Wirbelsäule
- Vermeidung der Schmerzchronifizierung
- Reduktion von Dauermedikation sowie ärztlicher und physikalischer Behandlungsmaßnahmen
- Reduktion der AU-Tage wegen Rückenschmerzen
- Vermeidung stationärer und ambulanter Reha-Maßnahmen bei gleichzeitiger Verbesserung der Lebensqualität der Personen

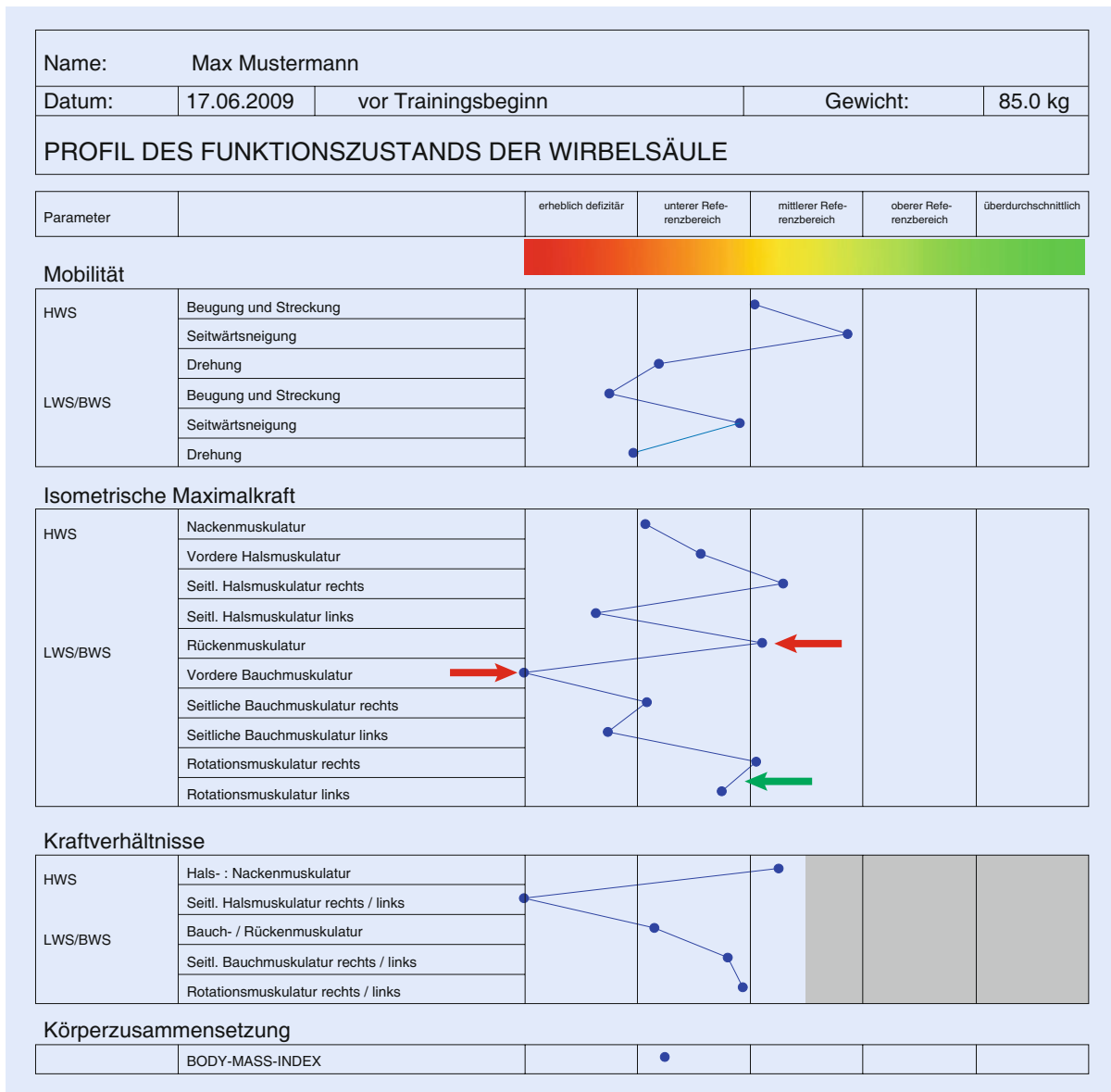


Abb. 7.1 Biomechanische Funktionsanalyse der Wirbelsäule vor Trainingsbeginn (Ausschnitt)

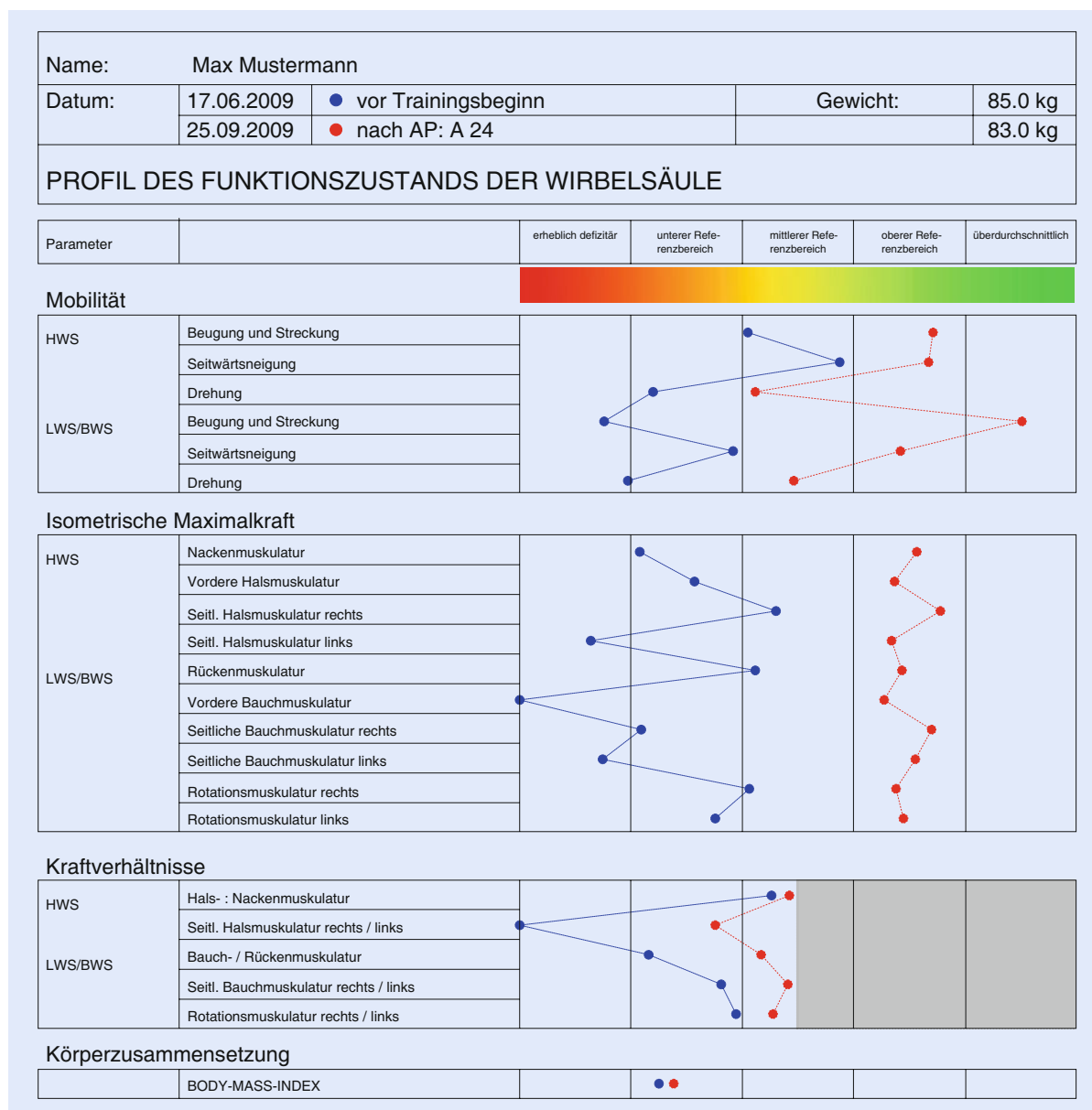
Wissenschaftlich gesicherte Ergebnisse:

- Die Beweglichkeit von Rumpf und HWS vergrößert sich in allen Bewegungsebenen um 7–8 Grad.
- Die isometrische Maximalkraft der Rumpf- und Halsmuskulatur erhöht sich um 30%.
- 91% aller neuromuskulären Dysbalancen und Asymmetrien lassen sich innerhalb von 6 Monaten vollständig beseitigen.
- Die dynamische Leistungsfähigkeit der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur steigert sich um über 50%.

- Die vorhandenen Nacken- und Rückenschmerzen verringern sich bei 93,5% aller Patienten. Jeder Zweite erlangt völlige Beschwerdefreiheit.
- Bei 69–82% der Patienten verbessern sich Alltagsaktivitäten wie »Heben von schweren Gegenständen«, »schwere Arbeiten in der Freizeit« und »Nach-vorn-Beugen, Knien und Verneigen« um 7%

Ökonomische Aspekte:

- Die Zahl der Arztbesuche wegen Rückenschmerzen, die Inanspruchnahme von Krankengymnastik



■ **Abb. 7.2** BMFA der Wirbelsäule vor Trainingsbeginn (blaue Linie) und nach Absolvierung des Aufbauprogramms A24 (Ausschnitt, rote Linie schematisch idealisiert)

sowie der Medikamentengebrauch verringern sich jeweils um über 50%.

- Wie gesetzliche Krankenkassen festgestellt haben, gehen die AU-Tage wegen Rückenschmerzen durch die Teilnahme am FPZ-Konzept um 66,4% zurück.
- Die AOK Hessen errechnete bei Ladearbeitern des Frankfurter Flughafens eine Reduktion der Arbeits-

unfähigkeit um 7,3 Tage pro Mitarbeiter (nach einem Jahr FPZ Rückenschmerztherapie).

- Nach einer Studie mit der Gothaer Krankenversicherung beträgt der Return-on-Investment für das FPZ-Konzept 4,7 zu 1; d. h., jeder von einer Krankenkasse in Leistungen des FPZ-Konzepts investierte Euro führt zu einer Kostenersparnis von 4,70 Euro.

Personen, die das Training nicht in einem FPZ-Zentrum durchführen können oder wollen, erhalten u. a. in den Instituten des Autors auf der Basis der Diagnostik ein persönliches Trainingsprogramm mit speziellen funktionsgymnastischen oder Krafttrainingsübungen zum Abbau der festgestellten muskulären Dysbalancen. In diesem Fall sind geringere Erfolgsaussichten zu erwarten, da die Trainingssteuerung über Funktionsgymnastik oder ähnlicher Trainingsformen nicht die Intensitätsbereiche der Krafttrainingsmaschinen erreicht.

7.2 Messung der Kraft(ausdauer)

Im Unterschied zum Ausdauertraining, bei dem die Intensität über Prozentwerte von der maximalen Herzfrequenzformel einfach zu berechnen ist (► Teil IV), ist es erheblich schwieriger, die maximale Kraftleistung zu bestimmen. Stehen aufwendige Kraftmaschinen, so wie sie bei der BMFA für die Messung der isometrischen Maximalkraft der Rumpfmuskulatur beschrieben wurden (► Abschn. 7.1.1), nicht zur Verfügung, ist es einem Einsteiger aufgrund fehlender Erfahrung nicht zuzumuten und auch als noch so erfahrener Trainer nicht zu verantworten, gleich zu Beginn des Trainingsprozesses mit hohen freien Gewichten zu experimentieren.

Praxistipp

Zur Beurteilung der Kraft(ausdauer) hat sich die Zählung von Wiederholungen definierter Übungen bewährt.

Dieses Verfahren ist relativ einfach durchführbar, aber wegen der geringeren Standardisierbarkeit der Übungsausführung mit Einschränkungen der Aussagekraft verbunden.

■ Messung der Kraftausdauerleistung diverser Muskelgruppen (im Rahmen von Personal-Training oder BGF)

Unter Verwendung eines standardisierten Beobachtungsbogens werden die Testpersonen aufgefordert, bestimmte Übungen exakt nach Anweisung auszuführen. Nach einer kurzen Aufwärmphase versucht die Testperson möglichst viele korrekt ausgeführte Wiederholungen durchzuführen. Der Testleiter beobachtet die Übungsausführung, korrigiert falls erforderlich durch Zuruf den Bewegungsablauf und zählt nur die Anzahl der korrekten Wiederholungen. Das Ergebnis lässt sich mit alters- und geschlechtsbezogenen Referenzdaten vergleichen. Bei negativen Abweichungen von der Alters- und Geschlechtsnorm dienen die Test-

übungen auch gleichzeitig als Trainingsübungen, um die Kraftausdauerleistungsfähigkeit zu verbessern (Kempf 2008).

Als Online-Material steht ein nach Kempf (Kempf 2008, S. 217 ff) modifizierter Erhebungsbogen mit neun ausführlich beschriebene Übungen zur Ermittlung der Kraftausdauer ausgewählter Muskelgruppen zum Download zur Verfügung (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>). Dort ist auch eine Tabelle mit Referenzwerten für die Wiederholungszahl der Kraftausdauerübungen aufgeführt.

Findet der Test im Rahmen der **betrieblichen Gesundheitsförderung** mit einer größeren Personenzahl statt, dann demonstriert der Testleiter nacheinander die Übungen und erklärt die Beobachtungskriterien. Anschließend führen die Teilnehmer partnerweise die Übung nacheinander durch. Der Pausierende korrigiert den Bewegungsablauf, zählt die korrekten Wiederholungen und notiert deren Anzahl auf dem Beobachtungsbogen seines Partners.

7.3 Messung von Beweglichkeitseinschränkungen

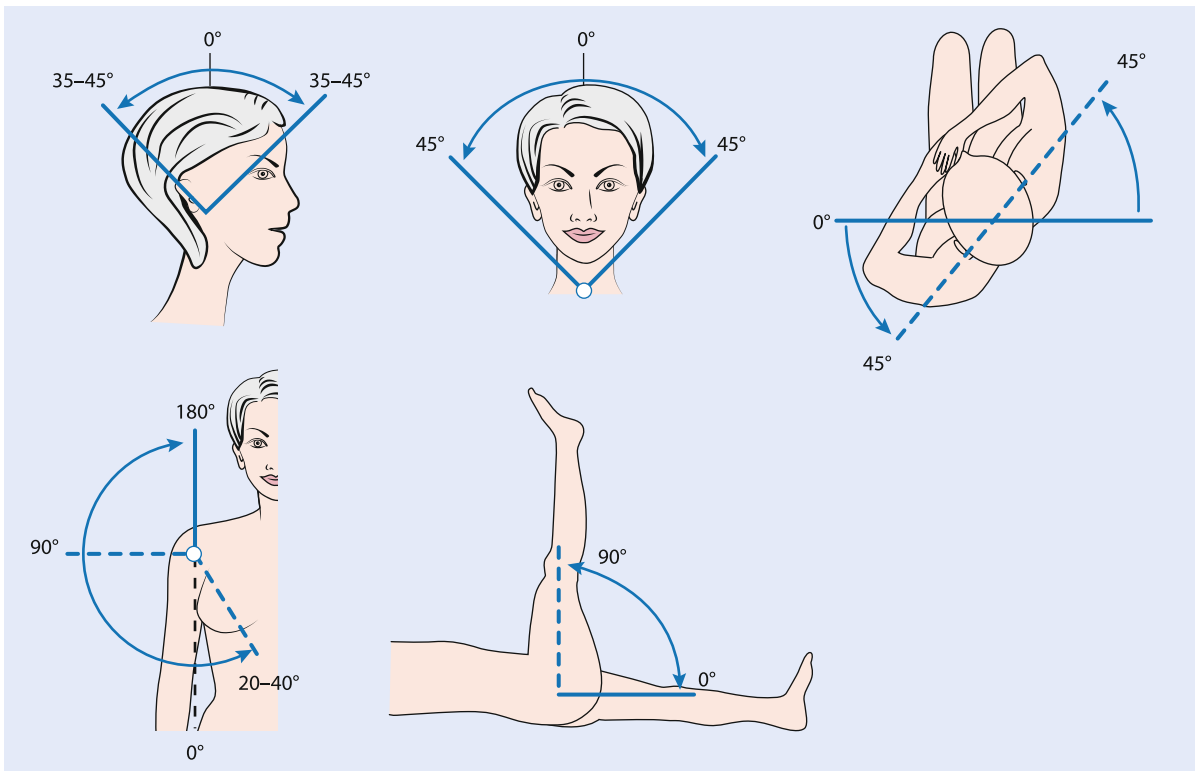
In Anlehnung an das Verfahren zur Messung der Kraftausdauer hat die *KörperManagement GbR* des Autors einen **Test-/Beobachtungsbogen** für die Messung der Beweglichkeit entwickelt. Von »Kopf bis Fuß« sind Übungen mit Winkelgraden zusammengestellt, die in Anlehnung an den orthopädischen Index, die **Neutral-Null-Methode** (► Abb. 7.3), erreicht werden sollen. Die definierten Ausgangspositionen entsprechen der Neutral-Null-Stellung.

Mithilfe eines Goniometers misst der Testleiter den Bewegungsradius, den die Testperson bei seiner vom Testleiter geführten Bewegung erreicht. Er notiert mögliche Abweichungen der Beweglichkeit und Beschwerden bei der Ausführung. Da aussagekräftige Messergebnisse bei diesem Verfahren von der genauen Positionierung der Testperson und des Goniometers an den Messpunkten abhängen, verlangt die Messmethode eine intensive Schulung des Testleiters.

➤ Wichtig

Die Ergebnisse liefern die Grundlage für individualisierte Übungsprogramme, um beobachtete Bewegungseinschränkungen und Körperseitendifferenzen abzubauen.

Auch dieser Test lässt sich beispielsweise im Rahmen der BGF mit einer größeren Personenzahl anwenden. Der Testleiter demonstriert nacheinander die Übungen und erklärt die Beobachtungskriterien bei der Bewegungsausführung. Anschließend führen jeweils zwei Partner die Übung nacheinander durch. Der Pausierende hilft seinem



■ Abb. 7.3 Beispiele zur Messung der Beweglichkeit nach der Neutral-Null-Methode

Partner bei Einnahme der Messposition und notiert auf seinem Beobachtungsbogen, ob die Positionen erreicht werden, gravierende Abweichungen vorliegen und/oder Beschwerden auftreten.

Als Online-Material steht der Beobachtungsbogen mit den Übungen zur Messung der Beweglichkeit zum Downloaden zur Verfügung (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>). Die Übungen werden auf diese Weise nacheinander »abgearbeitet«. Die Ergebnisse unterliegen zwar keinen strengen wissenschaftlichen Kriterien, ermöglichen aber einer Gruppe interessierter Menschen, sich unter fachlicher Anleitung mit dem Bewegungsapparat zu befassen und mögliche Defizite zu erleben. Im darauffolgenden Training kann der Trainer dann gezielt mit geeigneten Übungen darauf einwirken.

7.4 Diagnostische Verfahren der Koordination

➤ Wichtig

Das Potenzial der konditionellen Fähigkeiten kann erst zur vollen Entfaltung kommen, wenn in Abhängigkeit des Alters und der genetischen Voraussetzungen das Zusammenspiel zwischen Gehirn, Nervensystem und Muskulatur optimal funktioniert.

Die koordinativen Steuerungsmechanismen liefern somit das »Feintuning« des Bewegungsapparats. Ein Testsystem muss in der Lage sein, die Komplexität dieser Steuer- und Regelvorgängen zu erfassen.

7.4.1 S3-Check

Beim S3-Check von Stabilität, Symmetrie und Sensomotorik werden über eine Messplatte, die an einem PC mit entsprechender Software angeschlossen ist, die Körperstabilität im Stehen, die Qualität und Quantität der Ausgleichsbewegungen im zeitlichen Verlauf und Abweichungen von den frontalen und lateralen Symmetrieebenen gemessen (■ Abb. 7.4) (o. A. 2014).

Die persönlichen Ergebnisse der Testpersonen werden für die drei Messparameter mit statistischen Referenzwerten verglichen, auf einer 8-teiligen Skala (1 = sehr gut, 8 = sehr schwach) bewertet und grafisch in unterschiedlichen Farben dargestellt (dunkelgrün = sehr gut, dunkelrot = sehr schwach) (■ Abb. 7.5).

Folgemessungen lassen sich in ihrem Verlauf dokumentieren. Auf diese Weise ist die Entwicklung eines Kunden nach der Durchführung eines Trainings- oder Therapiekonzepts objektiv nachvollziehbar.



■ **Abb. 7.4** Messplatte des S3-Checks zur Feststellung der persönlichen Körperstabilität. (© TST Trend Sport Trading GmbH, mit freundl. Genehmigung)

➤ Wichtig

Die gemessenen Funktionen geben Auskunft, ob die Haltemuskulatur des Bewegungsapparats gut koordiniert wird und ökonomisch arbeitet.

Diese Information ist eine wichtige Voraussetzung, um Wirbelsäule und Gelenke physiologisch zu beanspruchen und den passiven Bewegungsapparat vor Überlastung und frühzeitiger Abnutzung zu schützen. Eine gute Bewegungskoordination sorgt gerade mit zunehmendem Alter für einen sicheren Ablauf der Alltagsmotorik und stellt eine aktive Sturzprophylaxe dar. Das Testgerät lässt sich auch für nachfolgende Trainingskonzepte nutzen.

Stehen derartige Hightech-Testmethoden nicht zur Verfügung, dann existieren auch einfachere Verfahren zur Einschätzung der Koordinationsfähigkeit einer Testperson (Wick, Lang o.J.).

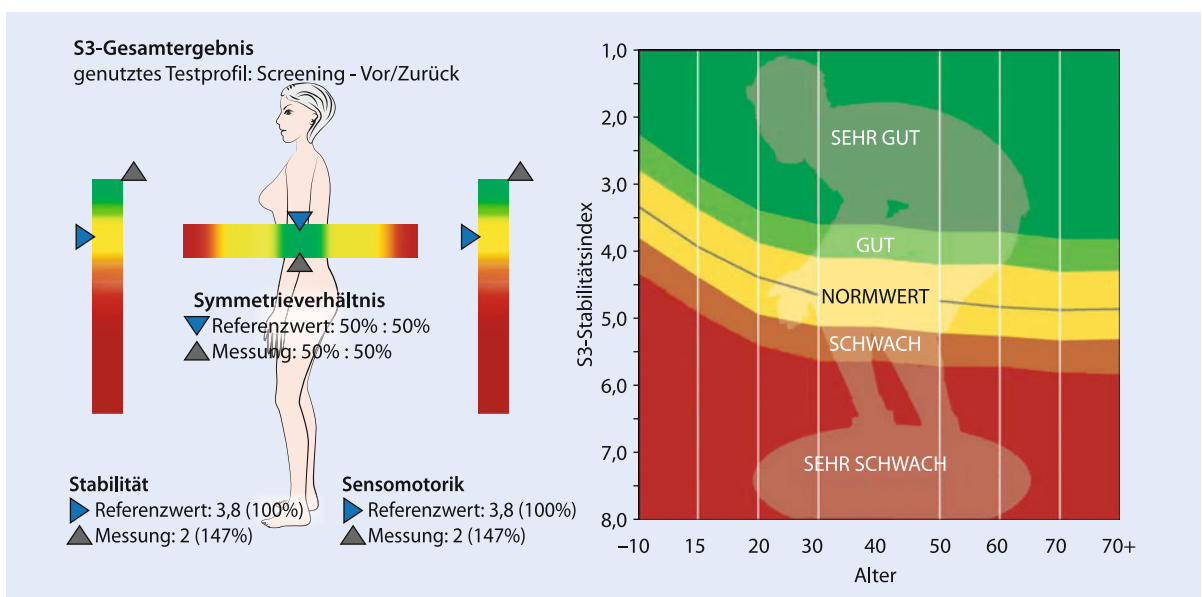
7.4.2 Einfache Verfahren zur motorischen Koordinationsprüfung

■ Einbeinstand

Der Einbeinstand dient zur Beurteilung der **Gleichgewichtsfähigkeit**. Dazu begibt sich die Testperson ohne Vorversuche barfuß auf einen festen, ebenen Untergrund (keine Matte) in den Einbeinstand. Hüft- und Kniegelenk des Spielbeins sind gebeugt. Die Hände befinden sich im Hüftstütz. In dieser Position versucht sich der Proband mit offenen bzw. geschlossenen Augen im Gleichgewicht zu halten. Hüpfen ist nicht erlaubt. Die Hände bleiben in der Hüfte. Der Testleiter misst die Zeit (in s) und bewertet das Ergebnis gemäß ■ Tab. 7.1

■ Fall-Stab-Test

Der Fall-Stab-Test misst die **Reaktionsfähigkeit**. Dabei sitzt der Proband im Reitersitz auf einem von zwei sich gegenüber stehenden Stühlen. Eine Hand liegt mit der Handwurzel auf der Lehne. Der Testleiter hält einen Stab 1 cm lotrecht über die leicht geöffnete Faust der Testperson. Diese hat den Blick auf den Stab gerichtet. Nach dem Kommando »Fertig!« lässt der Testleiter den Stab fallen. Der Proband versucht ihn so schnell wie möglich zu greifen.



■ **Abb. 7.5** Ergebnis eines S3-Checks für die Messparameter Stabilität, Sensomotorik und Symmetrieverhältnis. (© TST Trend Sport Trading GmbH, mit freundl. Genehmigung)

■ **Tab. 7.1** Bewertung des Einbeinstands zur Beurteilung der Gleichgewichtsfähigkeit

Wert	Standzeit (s)	
	Mit offenen Augen	Mit geschlossenen Augen
1	>60	>30
2	45	25
3	30	20
4	15	15
5	< 15	< 15

1 = ausgezeichnet, 2 = relativ gut, 3 = deutlich defizitär, 4 = Handlungsbedarf, 5 = dringender Handlungsbedarf

■ **Tab. 7.2** Bewertung des Fall-Stab-Tests zur Beurteilung der Reaktionsfähigkeit

Wert	Abstand (cm) zwischen Null- und Falllinie
1	< 14
2	14–18
3	19–22
4	23–28
5	> 28

1 = ausgezeichnet, 2 = relativ gut, 3 = deutlich defizitär, 4 = Handlungsbedarf, 5 = dringender Handlungsbedarf

■ **Tab. 7.3** Bewertung des Wurf-Fang-Tests zur Beurteilung der Reaktionsfähigkeiten-, Antizipations- und Orientierungsfähigkeit (Tittelbach et al. 2005)

Wert	Punkte aus fünf Wurfversuchen
1	10
2	8–9
3	6–7
4	3–5
5	< 3

1 = ausgezeichnet, 2 = relativ gut, 3 = deutlich defizitär, 4 = Handlungsbedarf, 5 = dringender Handlungsbedarf

Störenden Ablenkungen sind zu vermeiden. Nach einem Testversuch hat der Proband drei gültige Versuche. Gewertet wird der Abstand am Stab von der Nulllinie bis zur Oberkante der fangenden Hand (in cm). Aus den drei Ver-

suchen wird der Mittelwert gebildet und gemäß ■ Tab. 7.2 bewertet.

■ Wurf-Fang-Test

Dieser Test beurteilt die komplexe **Reaktions-, Antizipations- und Orientierungsfähigkeit**. Dazu stellt sich die Testperson frontal mit geschlossenen Beinen 3 m vor eine Wand (Markierung anbringen). In der Wurfhand befindet sich ein Tennisball oder bei älteren Personen ein Volleyball. Der Ball wird ohne Kommando an eine in 2 m Höhe angebrachte Markierung an die Wand geworfen. Während der Flugphase dreht sich die Testperson schnell um die Körperlängsachse und fängt den zurückspringenden Ball. Nach einem Vorversuch zählt das Ergebnis von fünf Versuchen. Jeder gefangene Ball zählt 2 Punkte, jeder aktiv berührte Ball 1 Punkt und jeder nichtgefangene Ball 0 Punkte. Die Punkte aus den fünf Versuchen werden addiert und gemäß ■ Tab. 7.3 bewertet.

Entsprechend der Ergebnisse aus den Tests sind bei Bewertungen mit 3 verstärkt, bei der Bewertung 4 und 5 unbedingt Koordinationsübungen in den Trainingsprozess des Kunden einzubauen. Aber auch bei besserem Abschneiden ist empfehlenswert, der motorischen Eigenschaft Koordination generell eine angemessene Beachtung zu schenken (► Kap. 8).

7.4.3 Test komplexer Bewegungsmuster: FMS

Seit Jürgen Klinsmann die deutsche Fußballnationalmannschaft als Bundestrainer betreute und den US-amerikanischen Fitnessexperten Mark Verstegen engagierte, hat sich **Functional Movement Screening (FMS)** nicht nur im Leistungssport, sondern zunehmend auch im Freizeit- und Gesundheitssport durchgesetzt.

FMS wurde von dem amerikanischen Physiotherapeuten und Fitnesscoach Gray Cook und seinem Team in den 1990er Jahren entwickelt. Im Unterschied zu den bereits dargestellten Tests werden bei den sieben Übungen der Testbatterie grundlegende Bewegungsmuster auf neuromuskulärer Basis (keine isolierten Bewegungen) getestet. Der Testleiter beobachtet, ob Störungen im Bewegungsablauf oder Körperseitendifferenzen feststellbar sind und kann so das schwächste Glied innerhalb einer kinetischen Kette (aller an einer Bewegung beteiligten Muskelschlingen) feststellen. Jede Übung wird mehrfach wiederholt und mittels definierter Kriterien bewertet.

Die Komplexität der Übungen und vor allem die daraus abzuleitenden Konsequenzen für den Trainingsprozess verlangt eine **intensive Schulung der Anwender**, die nur von einem in den USA lizenzierten Partnerunternehmen in Deutschland möglich ist (► www.perform-better.de).



■ **Abb. 7.6** FMS-Übung 1: Kniebeuge. (© Perform Better Europe, mit freundl. Genehmigung)



■ **Abb. 7.7** FMS-Übung 2: Schritt über die Hürde. (© Perform Better Europe, mit freundl. Genehmigung)

Nachfolgend sind die komplexen Übungen beschrieben, allerdings nicht bis ins kleinste Detail.

■ Übung 1: Kniebeuge (Deep Squat)

Bei der tiefen Kniebeuge geht die Testperson unter Beibehaltung des Fersenkontakts so weit in die Hocke, bis sich die Oberschenkel parallel zum Boden befinden. Dabei hält sie einen Stab mit gestreckten Armen über den Kopf. Auf diese Weise kann die beidseitige, symmetrische Mobilität der Hüft-, Knie- und Fußgelenke beurteilt werden. Der über den Kopf gehaltene Stab hilft die beidseitige, symmetrische Mobilität des Schultergürtels und der Brustwirbelsäule zu beurteilen (■ Abb. 7.6).

■ Übung 2: Schritt über Hürde (Hurdle Step)

Beim Schritt über eine Hürde hält die Testperson den Stab mit beiden Händen auf ihren Schultern und steht vor der schienbeinhohen Hürde. Auf Kommando macht sie einen Schritt über die Hürde, berührt mit dem Fuß den Boden hinter der Hürde und zieht ihn sofort wieder in die Ausgangsposition zurück. Danach wird die Übung mit dem anderen Bein wiederholt. Beim Hurdle Step wird getestet, ob die Testperson mit den Hüft-, Knie- und Fußgelenken in der Ebene sauber arbeitet, ohne mit dem Oberkörper zur Seite oder nach vorn auszuweichen (■ Abb. 7.7).

■ Übung 3: Ausfallschritt-Kniebeuge (In Line Lunge)

Die Testperson steht bei definierter Schrittlänge im Ausfallschritt (Schienbeinlänge zwischen Fußspitze des hinteren und Ferse des vorderen Beines) auf einem Balken und hält einen Stab, der gleichzeitig Gesäß, Rücken und Kopf



■ **Abb. 7.8** FMS-Übung 3: Ausfallschritt-Kniebeuge. (© Perform Better Europe, mit freundl. Genehmigung)

berührt, hinter ihrem Körper. Nun geht sie in die Kniebeuge, bis das hintere Knie den Balken berührt, und kehrt umgehend wieder in die Schrittstellung zurück. Danach wird die Gegenseite getestet. Der Test beurteilt die beidseitige Mobilität bzw. Stabilität von Hüfte und Oberkörper sowie Knie- und Fußgelenken (■ Abb. 7.8).

■ Übung 4: Schulterbeweglichkeit (Shoulder Mobility)

Die Testperson macht mit beiden Händen eine Faust und führt die eine von oben, die andere von unten hinter dem



■ **Abb. 7.9** FMS-Übung 4: Schulterbeweglichkeit. (© Perform Better Europe, mit freundl. Genehmigung)

Rücken zueinander. Danach wird in anderer Richtung getestet. Gemessen und bewertet wird der Abstand zwischen beiden Fäusten. Dieser Test dient zur Bestimmung der komplexen Schultermobilität durch Kombination von Adduktion und Innenrotation (unterer Arm) mit Abduktion und Außenrotation (oberer Arm, ■ Abb. 7.9).

■ Übung 5: Anheben des gestreckten Beins (Active Straight Leg Raise)

Die Testperson liegt auf dem Rücken und hält mit der Kniekehle des gestreckten Beins Bodenkontakt zur Auflagefläche. Nun hebt sie das andere gestreckte Bein mit angezogener Fußspitze möglichst weit an, ohne den Bodenkontakt des liegenden Beins zu verlieren. Gleichzeitig darf das Becken nicht aufgedreht werden. Die Übung wird mit beiden Beinen nacheinander ausgeführt. Mit diesem Test wird die Dehnfähigkeit der rückwärtigen Oberschenkel- und der Wadenmuskulatur bewertet (■ Abb. 7.10).

■ Übung 6: Liegestütz (Push Up)

Die Testperson befindet sich in Bauchlage und drückt sich daraus in die Liegestützposition. Der Rumpf soll dabei »als Block« abgehoben werden (keine Hohlkreuzbildung). Bei Ausführung der Bewegung wird die Rumpfstabilität in der Sagittalebene getestet. Die Schultergelenke und oberen Extremitäten müssen symmetrisch zusammenarbeiten (■ Abb. 7.11).

■ Übung 7 Rotationsstabilität (Rotary Stability)

Die Testperson bewegt im Vierfüßlerstand einen Arm und ein Bein (gleichzeitig; wenn nicht möglich: diagonal) ohne seitliche Abweichung bei stabilem Rumpf in die Waagrechte und wieder zurück. Anschließend wird die andere Körperseite getestet (■ Abb. 7.12).



■ **Abb. 7.10** FMS-Übung 5: Anheben des gestreckten Beins. (© Perform Better Europe, mit freundl. Genehmigung)



■ **Abb. 7.11** FMS-Übung 6: Liegestütz. (© Perform Better Europe, mit freundl. Genehmigung)



■ **Abb. 7.12** FMS-Übung 7: Rotationsstabilität. (© Perform Better Europe, mit freundl. Genehmigung)

Übungsbewertung

Punkte	Durchführung
3	Perfekt ohne Ausgleichsbewegungen
2	Mit leichten Ausgleichsbewegungen
1	Nicht durchgeführt oder nur mit deutlichen Ausgleichsbewegungen
0	Nicht durchgeführt, da Schmerzen auftreten

Maximal sind 21 Punkte erreichbar. Bei Sportlern mit weniger als 14 Punkten ist das Verletzungsrisiko erhöht (Cook et al. 2010).

FMS

Feststellung bei gesunden Personen von:

- Einschränkungen der Mobilität und Stabilität
- Asymmetrien bei elementaren Bewegungsmustern

FMS liefert zuverlässige Ergebnisse (Frohm et al. 2012; Onate et al. 2012), ersetzt allerdings keine orthopädische Diagnostik. Falls eine Übung nicht oder nur mit erheblichen Ausgleichsbewegungen durchgeführt werden kann, ist orthopädisch oder physiotherapeutisch abzuklären, ob die Schwäche auf funktionellen (z. B. muskulären) oder strukturellen Ursachen basiert (z. B. Fehlstellungen im Bewegungsapparat). Bei Schmerzen ist generell eine medizinische Abklärung erforderlich (Weber-Spickschen 2013).

Die Umsetzung der Testergebnisse in **individuelle Trainingspläne** zur Optimierung der Bewegungsabläufe und zur **Reduzierung des Verletzungsrisikos** setzt eine gute Ausbildung der Trainer voraus und erfordert viel Erfahrung.

Zusammenfassung

»Kein Training ohne Diagnostik« lautet eine Forderung des Körpermanagement-Prozesses. Deshalb wird auf die Beschreibung diagnostischer Verfahren besonderen Wert gelegt. Einfache, standardisierte Beobachtungsbögen dienen zum Einstieg in eine Partnerarbeit zur Bestimmung von Kraftausdauer- und Beweglichkeitsdefiziten der Testpersonen unter Traineranleitung. Die hochwertige apparative biomechanische Funktionsanalyse der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur (»EKG des Rückens«) misst Kraft- und Beweglichkeitsdefizite. Der S3-Check ermöglicht die Messung verschiedener Koordinationsparameter. Wer die Testung komplexer Bewegungsmuster bevorzugt, hat mit dem Functional Movement Screening eine ausgezeichnete Methode zur Verfügung. Die Ergebnisse aller Verfahren lassen sich bewerten, mit statistischen Daten vergleichen und liefern qualifizierte persönliche Informationen für den sich anschließenden Trainingsprozess.

Literatur

- Brenk M et al. (2010) FPZ Center of Excellence. Bericht zum wissenschaftlichen Wirksamkeitsnachweis, FPZ AG Deutschland den Rücken stärken, Köln
- Cook et al. (2010) Movement – functional movement systems: screening, assessment, corrective strategies aptos. On Target, California
- Denner A (1998) Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. Springer, Heidelberg
- Frohm A et al. (2012) A nine-test screening battery for athletes: a reliability study. Scand J Med Sci Sports 22(3) 306–315
- Harter WH (2010) Systematische Medizinische Trainingstherapie. Definitionen und Strukturen. Z Manuelle Med 5: 353–359
- Harter W et al. (2005) Menschen in Bewegung. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln
- Keller S (2005) <http://www.tk.de/tk/gesunder-ruecken/ruecken-beschwerden/ursachen/20620>. (Zugriff 20. Februar 2014)
- Kempf HD (2008) Die Rückenschule. Das ganzheitliche Programm für einen gesunden Rücken. Rowohlt, Reinbek
- Kempf H-D (ohne Jahr) <http://www.dierueckenschule.de/ruecken-schule-fur-experten/quiz/testung-von-koordinationskraft-und-beweglichkeit>. (Zugriff 24. Februar 2014)
- Onate JA et al. (2012) Real-time intersession and interrater reliability of the functional movement screen. J Strength Cond Res 26(2) 408–415
- Stadler P, Spieß E (2009) Arbeit – Psyche – Rückenschmerzen. Einflussfaktoren und Präventionsmöglichkeiten. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed 44(2) 68–76
- Tittelbach S et al. (2005) Karlsruher gesundheitsorientierter Koordinationstest (KGKT). Bewegungsther Gesundheitssport 21: 1–6
- Weber-Spickschen S (2013) Functional Movement Screen (FMS). Wie kann das Training optimiert werden? Medicalsports network 2, S. 10–13, Succidia, Darmstadt
- Weineck J (2010a) Sportbiologie. Spitta, Balingen
- Weineck J (2010b) Optimales Training. Spitta, Balingen
- Wick C, Lang K (ohne Jahr): Fitness-Check für Erwachsene im Gesundheitssport. Lehrmaterial: Sport in der Prävention. Landessportbund Thüringen, unveröffentlichtes Material
- O. A. 2014 <http://www.mft-company.com>. (Zugriff 24. Februar 2014)

Training des Bewegungsapparats

Bernd Gimbel

**8.1 Planung und Steuerung von Kraft-
und Beweglichkeitstraining – 116**

8.2 Planung und Steuerung von Koordinationstraining – 129

Literatur – 135

Bewegung – das ist mittlerweile allgemein anerkannt und auch in breiten Teilen der Bevölkerung bekannt – ist die beste Medizin, garantiert ohne Nebenwirkungen, sofern sie richtig ausgeführt wird.

➤ Wichtig

Beim Training der »Kondition« sind vorrangig Ausdauer, Beweglichkeit, Koordination und Kraft für ein gesundheitlich orientiertes Training von Bedeutung.

Schnelligkeit wird dagegen hauptsächlich von genetischen Faktoren (Zusammensetzung der Muskelfasern und deren Innervation durch die Nerven) beeinflusst und ist deshalb nur bedingt trainierbar. Leistungsverbesserungen von 15–20% sind zu erwarten.

Die allgemeine aerobe **Ausdauer** ist die am besten trainierbare Fähigkeit und um etwa 40% steigerbar (im Bereich der lokalen Ausdauer sogar um ein Vielfaches mehr). Das Training der Ausdauer wird ausführlich in ► Teil IV beschrieben.

Auch die Verbesserung der **Kraft** liegt bei ca. 40%.

Bei der **Beweglichkeit** spielt die absolute Trainierbarkeit weniger eine Rolle. Sie sollte für eine sportliche Disziplin (im Turnen mehr als beim Kugelstoßen) oder für die Alltagsmotorik optimal im Rahmen der physiologischen Gelenkbeweglichkeit (im Schulter- mehr als im Hüftgelenk) ausgeprägt sein (Weineck 2010).

Im Folgenden geht es um Grundlagen und Methoden der Trainingssteuerung zur Erhaltung und Verbesserung von Kraft, Beweglichkeit und Koordination. Diese Eigenschaften auf ein dem Kunden angemessenes Niveau zu bringen und dort bis ins (hohe) Alter zu stabilisieren ist

eine wichtige Aufgabe jedes Experten, der sich mit Gesundheitstraining befasst.

Die diagnostischen Ergebnisse dokumentieren in Ergänzung zu den Anamnesedaten den Istzustand des Kunden. Seine formulierten Trainingsziele definieren den Sollzustand. Nun gilt es seitens des Trainers, den Prozess vom Ist- zum Sollzustand sorgfältig zu planen und zu steuern (Abb. 8.1).

8.1 Planung und Steuerung von Kraft- und Beweglichkeitstraining

Der altersbedingte Kraft- und Beweglichkeitsverlust hat deutliche Auswirkungen auf Körperhaltung, Fortbewegung und die Fähigkeit, Alltagshandlungen möglichst lange zufriedenstellend und selbstständig verrichten zu können. Letztes ist der Wunsch jedes Menschen, sodass hierzu keine besondere Überzeugungsarbeit zu leisten ist.

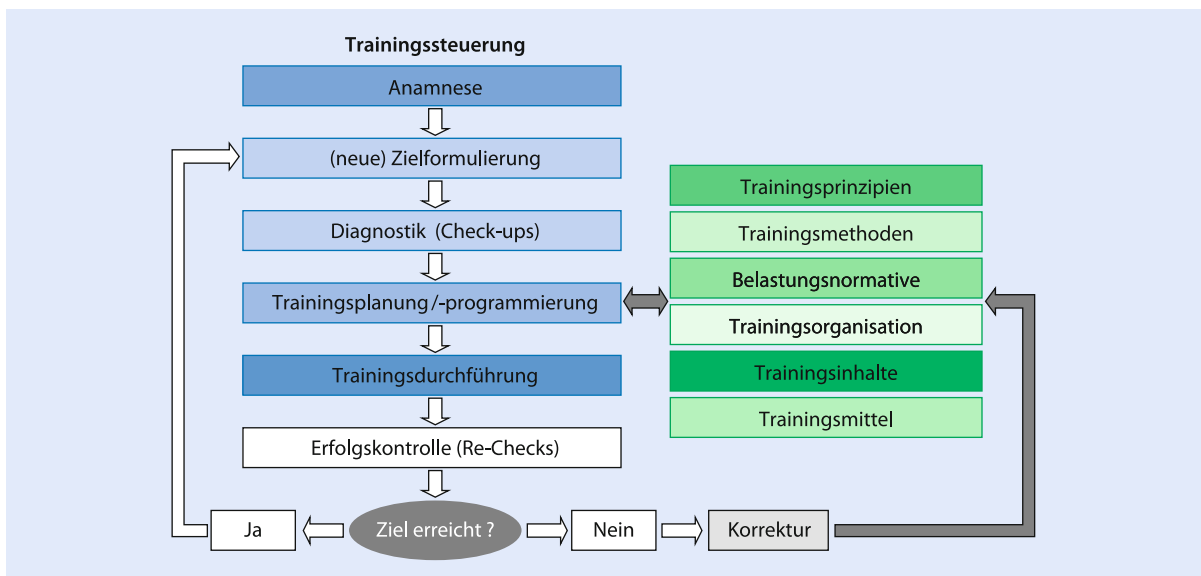
➤ Wichtig

Aufgabe eines Körpermanagement-Trainers ist es, potenzielle Kunden zu motivieren, rechtzeitig den altersbedingten Prozessen durch Training entgegenzuwirken.

Diese »Anti-Aging-Maßnahme« wird nicht nur die Lebensqualität des Kunden erheblich verbessern, sondern auch dessen Lebenserwartung erhöhen (Ruiz et al. 2008).

■ Definition und Beschreibung von Kraft

Kraft im physikalischen Sinne ist das Produkt aus Masse und Beschleunigung. Aus trainingswissenschaftlicher



■ Abb. 8.1 Regelkreis der Trainingssteuerung

Sicht ist Kraft »...die Fähigkeit des Nerv-Muskelsystems, durch Innervations- und Stoffwechselprozesse mit Muskelkontraktionen Widerstände zu überwinden (konzentrische Arbeit), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Arbeit) bzw. sie zu halten (statische Arbeit).« (Grosser et al. 2008, S. 40)

Kraft tritt im Alltag und bei sportlicher Betätigung in unterschiedlichen Ausprägungen auf. Menschen benötigen sie, um tägliche Belastungen zu bewältigen, ihre Körperhaltung aufrechtzuerhalten, einen Ortswechsel vorzunehmen oder schwere Lasten zu tragen.

Ausprägungen von Kraft

- Maximalkraft
- Schnellkraft
- Reaktivkraft
- Kraftausdauer

Schnellkraft, Reaktivkraft und Kraftausdauer sind als Subkategorien der Maximalkraft zu verstehen (Schmidtbleicher 1980). Deshalb kommt der Ausbildung der **Maximalkraft als Basisfähigkeit** eine herausragende Bedeutung zu. Wenn das Training der Maximalkraft im gesundheitsorientierten Training von Einsteigern überhaupt gewünscht oder möglich ist, bedarf es einer intensiven Vorbereitung. Schnell- und Reaktivkraft spielen im gesundheitsorientierten Training eher eine untergeordnete Rolle.

➤ Wichtig

Zu Beginn eines Trainingsprozesses dominiert die Kraftausdauer, bevor in einem späteren Stadium auf Muskelhypertrophie und Steigerung der Maximalkraft Wert gelegt werden sollte.

■ Anpassungsprozesse des passiven Bewegungsapparats

Die Anpassungsprozesse durch Krafttraining sind nicht allein auf die Muskulatur begrenzt, sondern wirken sich auf alle bei der Kraftübertragung beteiligten Strukturen wie Knochen, Bindegewebe und Gelenke aus.

Die mechanische Beanspruchung regt das Stoffwechselgeschehen im **Knochen** an und führt zu einer substanzialen Veränderung der chemischen Struktur der Knochensubstanz. Der Durchmesser der Röhrenknochen vergrößert sich und die Knochendichte nimmt zu. Die Knochenenden, die besonderen Zug- und Druckbelastungen ausgesetzt sind, erreichen durch innere Umbauvorgänge (Bälkchensystem) mit geringem Materialaufwand eine hohe statische Festigkeit. Verbunden mit einer Steigerung des Mineralhaushalts ergibt sich durch die verbesserte Stabilität eine geringere Bruchgefahr des Knochens. Weiterhin haben die Kraftbelastungen zur Folge, dass sich die Vorsprünge, an denen die Sehnen ansetzen, verstärken.

Generell ist deshalb ein »trainierter« Knochen stabiler und widerstandsfähiger als ein »untrainierter«. Deshalb ist Krafttraining auch ein zentraler Faktor bei der Prävention und Behandlung von Osteoporose (Albers 2009).

Von Bedeutung sind auch die Anpassungsreaktionen in den **Gelenken**, da mit zunehmendem Alter der Gelenkknorpel an Elastizität verliert und die Gelenke dann deutliche Abnutzungserscheinungen zeigen. Durch Trainingsbelastungen wird der Gelenkknorpel zum Wachstum angeregt. Er verdickt sich bereits nach kurzzeitigen Belastungen durch das Einlagern von Flüssigkeit. Nach wenigen Wochen vermehren sich die Knorpelzellen und die dickere Schicht sorgt für eine breitere Auflagefläche der Gelenkknorpel. Durch Kräftigung der gelenkumfassenden Bänder, Sehnen und Kapseln erhöht sich insgesamt die Stabilität des Gelenks. Eine bessere Durchblutung der gelenkbildenden Systeme optimiert das Stoffwechselgeschehen. Von der Durchblutung ausgeschlossen bleiben Gelenkknorpel und Bandscheiben. Sie ernähren sich über Diffusion durch abwechselnde Be- und Entlastung (Schwammmodell; ► Abschn. 6.3.1).

Erfahrungsgemäß geben beim gesundheitsorientierten Training die meisten Kunden nicht – so wie Kraftsportler oder Bodybuilder – vorrangig die Erhöhung ihrer Muskelmasse an, obwohl viele eine Verbesserung der Relation ihres Muskelanteils im Verhältnis zu ihrem Körperfettanteil als erklärtes Ziel formulieren. Als Begründung dafür wird häufig der steigende Grundumsatz bei Erhöhung der aktiven Körperzellmasse genannt. Dieser fällt allerdings recht bescheiden aus. 1 kg mehr an reiner Muskelmasse sorgt lediglich für einen Mehrverbrauch von 13–18 kcal/Tag (Albers 2009). Als weiteres Ziel wird die Erhaltung bzw. Wiederherstellung der muskulären Balance genannt.

Für den Trainer ergeben sich bei der Planung und Steuerung des Krafttrainingsprozesses mehrere **zentrale Fragen**:

- Für welche (sportlichen oder alltäglichen) Tätigkeiten oder Belastungen (Ziel des Kunden) soll welche Kraft ausgebildet und auf welches Niveau gebracht werden?
- Welche Methode führt in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit/Belastbarkeit des Kunden mit angemessenem Zeitaufwand zum Ziel?
- Welches Gewicht muss dazu wie viele Male in wie vielen Sätzen wie oft pro Woche bewegt werden?

Eine Beantwortung dieser Fragen kann nur für den Einzelfall erfolgen. Konzepte »von der Stange« erfassen nicht die Bedürfnisse und Rahmenbedingungen des einzelnen Kunden. Dennoch lassen sich einige Prinzipien des Krafttrainings im Gesundheitssport hervorheben, um die Beantwortung der Fragen zu erleichtern.

■ Prinzipien des Krafttrainings

➤ Wichtig

Prinzip 1 – Komplexität: Methoden der komplexen Kraftentwicklung (Gesundheits-, Fitness-, Anfänger- und Fortgeschrittenen-Methode) anwenden.

Je geringer die Belastbarkeit und Leistungsfähigkeit des Kunden, desto breiter sollte das Trainingsprogramm angelegt sein. Einsteiger sollten mit niedrigen Belastungen beginnen und dabei lernen, den Bewegungsablauf der ausgewählten Übung korrekt durchzuführen. Erst nach einem allgemeinen **Basistraining** geht es um das konkrete Ansteuern des vom Kunden formulierten Trainingsziels.

➤ Wichtig

Prinzip 2 – Korrektheit: Korrekte, langsame bis zügige Bewegungsausführungen durchführen.

Im Vordergrund des Basistrainings steht das Erlernen neuer Bewegungsabläufe. Die Bewegung muss – unter geringer Belastung – stabil und systematisch wiederholbar sein. Abweichungen von den erlernten Stereotypen unter steigender Belastung erfordern die Korrektur des Trainers. Kann die Bewegung durch den Trainierenden etwa wegen Ermüdung nicht korrigiert werden, ist die Übung abbrechen.

Erkennbare Zeichen der Übermüdung

- Veränderung der Bewegungsamplitude und/oder -geschwindigkeit
- Einsatz von »Hilfsmuskeln«
- Nachlassen des Bewegungsflusses (»Zahnradbewegung«) und/oder -rhythmus'

➤ Wichtig

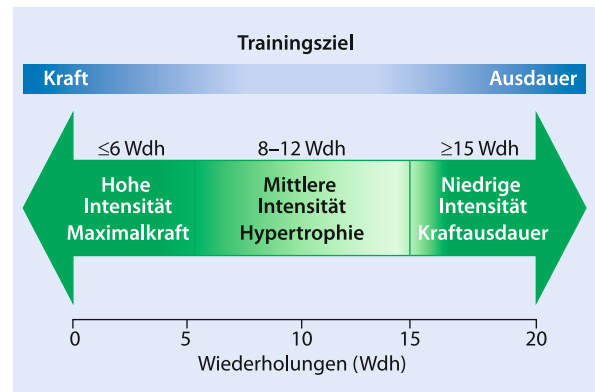
Prinzip 3 – Umfang vor Intensität steigern.

➤ Wichtig

Prinzip 4 – Belastung und Regeneration: mit steigender Intensität die Erholungszeiten verlängern.

■ Häufigkeit und Intensität des Krafttrainings

Zwischen der Höhe des Gewichts, der Wiederholungsanzahl und Dauer eines Satzes besteht eine direkte Abhängigkeit. Je niedriger das zu bewegende Gewicht ist, desto mehr Wiederholungen sind durchführbar und desto länger dauert eine Serie. Das Erlernen korrekter Bewegungen fordert anfänglich eine geringe Intensität (Kraftausdauerbelastungen), um für die späteren intensiven Belastungen vorbereitet zu sein.



■ **Abb. 8.2** Beziehung zwischen Trainingsziel, Wiederholungen und Belastungsintensität beim Krafttraining. (Mod. nach Wonisch 2013)

Praxistipp

Bereits einmaliges Training pro Woche führt beim Einsatztraining, bei dem pro Muskelgruppe nur einmal eine Serie von Wiederholungen durchgeführt wird, zu substantiellen Kraftzuwächsen von Einsteigern.

Generell stellt sich beim Einsatztraining allerdings die Frage, ob aufgrund des Einsatzes ganzer Muskelschlingen (-ketten) aus »Sicht des Muskels« tatsächlich nur *eine* Belastungsserie stattfindet, wenn ein Trainingsprogramm mehrere Übungen enthält (Wirth u. Schmidtbleicher 2007). Oft werden Muskeln trotz unterschiedlicher Übungen mehrfach belastet.

Ein 2-maliges wöchentliches Training wird mit höheren Steigerungen der Muskelkraft belohnt. Hingegen erzielen drei wöchentliche Trainingseinheiten nur noch geringfügig bessere Ergebnisse (Fröhlich u. Schmidtbleicher 2008; Boeckh-Behrens u. Buskies 2007).

Praxistipp

Unter Effizienzgesichtspunkten sind deshalb zwei (bis drei) Einheiten pro Woche empfehlenswert, um ein ausreichendes Kraftpotenzial für die Gesundheit aufzubauen.

Mit weniger Wiederholungen und höheren Intensitäten steigt die Kraftkomponente, mit mehr Wiederholungen und geringeren Gewichten die Ausdauerkomponente im Kraftbereich (■ Abb. 8.2).

Eine geringe bis mittlere Belastungsintensität (ab 30–70% der Maximalkraft) und ein hoher Umfang sprechen in erster Linie die **Kraftausdauerfähigkeit** an. Zur ihrer

Verbesserung sollte man die ausgewählten Übungen 15 bis 30-mal korrekt wiederholen können. Gelingen keine 15 korrekten Wiederholungen, so ist das Gewicht zu reduzieren. Ist nach 30 Wiederholungen keine mittelmäßige bis schwere Belastung spürbar (sanftes Krafttraining), ist das Gewicht zu erhöhen (Boeckh-Behrens u. Buskies 2006).

Belastungsparameter des Kraftausdauertrainings

- **Wiederholungen:** 15–20 (bis max. 30 Wiederholungen)
- **Zeitdauer:** lang; 45–90 s
- **Sätze:** viele; bis zu 6 oder mehr (bei Anfängern ab 1 Satz)
- **Pausen:** kurz; 30–90 s
- **Intensität:** gering bis mittel, 30–70% der Maximalkraft
- **Trainingseinheiten:** 1–3 pro Woche

Der erhöhte Sauerstoff- und Energiebedarf beim Basistraining führt zu einer verstärkten Durchblutung der belasteten Muskulatur. In der Folge kommt es zur Verbesserung des glykolytischen und oxidativen Stoffwechsels sowie zu vermehrter Kapillarisierung. In dieser ersten Phase des Krafttrainings (6–8 Wochen) entwickelt sich auch bei Einsteigern oder untrainierten Kunden bereits nach wenigen Stunden ein Kraftzuwachs, der allerdings nicht auf Muskelwachstum basiert. Dazu sind höhere Intensitäten und ein Training bis zur muskulären Ermüdung (oder sogar Erschöpfung) notwendig (hartes Krafttraining). Der Kraftzuwachs ist vielmehr auf neuronale Anpassungsvorgänge zurückzuführen, da der Trainierende die Übung durch Erlernen des Bewegungsablaufs ökonomischer ausführt (**intermuskuläre Koordination**).

Muskelwachstum wird mit dem Faktor Spannung und die damit verbundene Mikrotraumatisierung der Muskelfaser (»Muskeltäter«) in Verbindung gebracht. Hohe Spannungszustände gehen mit einer gesteigerten Proteinsynthese und der Folge einer vermehrten Produktion von Muskeleiweißen einher (Wirth u. Schmidtbleicher 2007). Ein Exkurs »Biologie des Muskelwachstums« ist als Zusatzmaterial zu diesem Buch online abrufbar (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>).

Eine **Hypertrophie der Muskulatur** erfolgt über die Methoden des **differenzierten Krafttrainings** (z. B. Maximalkrafttraining mit der Hypertrophiemethode, Methode der erschöpfenden submaximalen Krafteinsätze). Dazu sind Belastungen im mittleren bis submaximalen Bereich mit 70–90% der Maximalbelastung erforderlich.

Belastungsparameter des Hypertrophietrainings

- **Wiederholungen:** 8–12
- **Zeitdauer:** mittel; 15–45 s
- **Sätze:** bis zu 4 oder mehr (bei fortgeschrittenen Anfängern ab 1 Satz)
- **Pausen:** mittel; 2–4 min
- **Intensität:** mittel bis submaximal, 70–90% der Maximalkraft
- **Trainingseinheiten:** 2–3 pro Woche

Eine weitere Intensitätssteigerung führt zum **intramuskulären Krafttraining (IK-Training)**. Unter maximaler Belastung (90–100% der Maximalkraft) bezieht das Nervensystem mehr Muskelfasern in die Kontraktion ein (Rekrutierung) und es gelingt, die einzelnen Fasern mit einer höheren Innervationsfrequenz zu aktivieren (Frequenzierung). Die kraftsteigernden Effekte basieren auf diesem Niveau somit nicht auf einem weiteren Muskelwachstum, sondern durch Optimierung der nervalen und biochemischen Prozesse. Die konzentrische und auch exzentrische Muskelarbeit erfolgt bis zur lokalen Erschöpfung (**hartes Krafttraining**).

Belastungsparameter des intramuskulären Krafttrainings (IKT)

- **Wiederholungen:** 1–6
- **Zeitdauer:** gering; 3–15 s
- **Sätze:** hoch; bis zu 6 und mehr
- **Pausen:** lang; 3–5 min
- **Intensität:** hoch bis maximal; 75–100% der Maximalkraft
- **Trainingseinheiten:** 2–3 pro Woche

Die genannten Zahlen sind nicht als Dogma, sondern als Orientierungshilfe zu verstehen. In unterschiedlichen Quellen wird der Leser teilweise abweichende Angaben finden. Außerdem wird der Kunde sowieso Trainingsumfang und -häufigkeit von seinem Zeitbudget abhängig machen (müssen).

Fortgeschrittene mit großem Zeitbudget, die ihren Schwerpunkt auf Krafttraining legen und deshalb mehr als drei Trainingseinheiten pro Woche mit mehreren Serien pro Übung absolvieren möchten, benötigen eine ausführliche Beratung hinsichtlich des biologischen Prinzips von Belastung und Erholung (Regeneration, ► Abschn. 3.1.2). Ansonsten besteht die Gefahr, dass die Leistungsfähigkeit aufgrund mangelnder Regeneration abnimmt. Aufgabe des Trainers ist es, diesen Kunden die Bedeutung von Erholungsphasen zu erklären, damit sie das Erreichen ihrer Ziele in Abhängigkeit ihres Trainingsumfangs und ihrer -intensität abschätzen können.

Tab. 8.1 Regenerationszeiten in Abhängigkeit von der Trainingsmethode (Belastungsintensität). (Quelle: Pauls 2011, S. 102)

Methode	Beanspruchung	Regenerationszeit
Bewegungslernen, Techniktraining	Überwiegend neuronal, Gering metabolisch	3–6 h
Extensives Kraftausdauertraining	Mittelgradig metabolisch	24 h
Intensives Kraftausdauertraining, Moderates Hypertrophietraining, Moderates Sprungtraining	Intensiv metabolisch, Moderat strukturell, Moderat neuronal	48 h
Intensives Hypertrophietraining, Intensives Sprungtraining	Intensiv metabolisch, Intensiv neuronal, Intensiv strukturell	72–96 h
High-Intensity-Training (HIT, hochintensives Sprungtraining, Tiefsprünge)	Hochgradig metabolisch, Hochgradig strukturell	> 96 h bis 7 (10) Tage

Da die **Regenerationszeit** in Abhängigkeit zur Belastungsintensität steht, muss mit zunehmender Intensität der Abstand zwischen zwei Trainingseinheiten größer werden, um dem Muskel die Möglichkeit zur (vollkommenen) Regeneration zu geben (■ Tab. 8.1)

■ Muskelkater

Exzentrische Belastungen bedingen hohe Zugkräfte innerhalb der Fasern und induzieren ein Zerreißen der Sarkomere an den Z-Scheiben. Der damit verbundene Muskelkater (Delayed Onset Muscle Soreness = DOMS) beginnt meist 6–8 h nach der Belastung, erreicht sein Maximum 24–48 h danach und ist meist nach wenigen Tagen wieder vorüber.

➤ Wichtig

Die Neubildung der zerstörten Sarkomere nimmt ca. 1 Woche in Anspruch. Die Erbringung einer optimalen Leistung setzt die vollständig regenerierte Muskulatur voraus.

Für das Training bedeutet dies, dass sich vor Aufnahme neuer maximaler Belastungen die Muskelfasern erst wieder regeneriert haben müssen, da ansonsten die Gefahr größerer Schädigungen besteht. Die Einnahme von Schmerzmitteln (nichtsteroidaler Antirheumatika, NSAR),

die nicht nur im Leistungssport zum Einsatz kommen, ist abzulehnen, da diese einerseits die Regeneration verlangsamen und andererseits den körpereigenen Schutzfaktor Schmerz unterdrücken (Seidel et al. 2013; Tegtbur 2009).

➤ Wichtig

Unter Berücksichtigung des Trainingsprinzips der Variabilität ist es empfehlenswert, mit den genannten Methoden, Intensitäten, Wiederholungen und Sätzen zu »spielen« sowie die Übungen periodisch zu verändern.

➤ Wichtig

Längere Pausen durch Krankheit, berufliche Belastung oder den »inneren Schweinehund« (► Teil VI) führen zu erheblichem Kraftverlust, was der Nachhaltigkeit des Trainings zunehmende Bedeutung verleiht.

Der Kunde mit wenig Zeitbudget kann bereits bei einem 2-mal pro Woche durchgeführten Einsatztraining in den ersten 5 Monaten sehr gute und kontinuierliche Fortschritte erzielen. In Lebensphasen mit anderen Prioritäten sollte das Training zumindest einmal pro Woche (bis einmal alle 10 Tage) stattfinden, um die Muskulatur auf dem bestehenden Leistungsniveau zu stabilisieren.

Personen, die häufig auf Reisen sind, können ohne Geräte mit maxxF-Übungen effizient ihr Kraftpotenzial verbessern. Sie wurden an der Universität Bayreuth als Ergebnis 10-jähriger Krafttrainingsforschung entwickelt. Das Programm beinhaltet 16 Übungen ohne Geräte, die sich auf der Basis von EMG-Messungen (Elektromyogramm) als die effizientesten erwiesen haben. In nur ca. 30 min sind alle Übungen absolviert (Boeckh-Behrens u. Buskies 2007).

Die **Steigerung der Effizienz von Trainingsmaßnahmen** (bessere Trainingsergebnisse in kürzerer Zeit) ist häufig das Ziel der Forschung oder das Versprechen von Anbietern. In diesem Zusammenhang werden u. a. Vibrationsplatten und Elektrostimulationsverfahren genannt.

■ Vibrationstraining

Vibrationstraining wurde von russischen Wissenschaftlern für die Weltraumforschung entwickelt, um Kosmonauten in der Schwerelosigkeit des Weltalls ein Training zu ermöglichen. Das Prinzip ist, mithilfe einer vibrierenden Platte Schwingungen mit bestimmten, veränderbaren Frequenzen und Amplituden zu erzeugen und auf die Muskulatur zu übertragen. Dadurch werden reflektorisch Muskelkontraktionen ausgelöst.

Da der Kunde unter Anleitung des Trainers auf der Platte unterschiedliche Übungen in verschiedenen Positionen (stehend, liegend, sitzend, im Oberarmstütz) trai-

niert, sollen sich die aktiven Muskelkontraktionen und die über die Vibration ausgelösten reflektorischen Anspannungen in ihrem Effekt verstärken. Mittlerweile existieren sogar Bikes, bei denen die Vibration in der Achse des Tretlagers entsteht. Dadurch werden beim Treten in der Beinmuskulatur zusätzliche reflektorische Muskelkontraktionen ausgelöst.

Eine Metaanalyse, die die Ergebnisse von 30 Studien berücksichtigte, bescheinigt dem Training auf Vibrationsplattformen, dass es die Muskelkraft signifikant verbessert. Vibrationstraining wirkt demnach über eine nahezu 100%ige Rekrutierung der Muskelfasern – auch der unwillkürlichen Muskulatur in der Körpertiefe – durch den Dehnungsreflex (Visser et al. 2010).

Die optimale Frequenz der in vertikaler Richtung vibrierenden Geräte liegt bei 35–40 Hz (Schwingungen pro Sekunde). Personen über 50 Jahre scheinen von diesem Training mehr zu profitieren als unter 25-jährige. Die optimale Trainingsdauer liegt zwischen 6 und 12 min. Die Wirkung des Trainings scheint bei Variation der Übungen effizienter zu sein (Marin u. Rhea 2010).

Da Krafttraining in einer sportlichen Disziplin oder für Alltagsbewegungen sinnvollerweise (sportart)spezifisch ausgerichtet werden sollte (Weineck 2010b), stellt sich die Frage, inwieweit dies beim Einsatz von Vibrationsplatten, mit Ausnahme für das Skifahren, gewährleistet ist. Außerdem widerspricht der Ansatz einer möglichst kurzen Übungsdauer dem Bedarf des modernen Menschen, Bewegungsmangel abzubauen. Unter diesen Gesichtspunkten liefern die vorliegenden Studien bislang keine überzeugenden Argumente für einen wirklichen Vorteil dieser Trainingsform gegenüber konventionellem Krafttraining.

Wenn Kunden an dieser Trainingsform Spaß finden und diese ihre Motivation fördert, kann Vibrationstraining als Ergänzung zu konventionellem Krafttraining dienen. Allerdings sollte der Trainer vor Trainingsbeginn auf jeden Fall mögliche **Kontraindikationen** (Schwangerschaft, Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Bandscheibendegenerationen, Diabetes, akute Thrombosen oder Entzündungen, Herzschrittmacher, Tumore) ausschließen.

■ EMS-Training

Auch Elektromyostimulation (elektrische Muskelstimulation) ist keine Neuheit des Fitness- und Gesundheitsmarktes, sondern ein Verfahren aus der Physiotherapie (Elektrotherapie), das darauf beruht, dass jeder Muskel über Nerven mittels elektrischer Impulse innerviert wird. Gelangt Reizstrom über auf die Haut geklebte Elektroden mit einer bestimmten Frequenz und Intensität zu den Nervenzellen, nehmen diese den Reiz auf, transportieren ihn zu den Muskeln und lösen dort Kontraktionen aus. Beim EMS-Training sind diese Elektroden in eine Funktionskleidung integriert, sodass dadurch Muskelgruppen gezielt

angesteuert und zugleich auch Bewegungen aktiv ausgeführt werden können.

Die Stromstärke liegt im Bereich von <100 Milliampere (mA). Je größer der Impuls, desto stärker ist die Kontraktion der Muskulatur. Durch Veränderung der Impulsfrequenz lassen sich verschiedene Muskelfasertypen unterschiedlich stark ansprechen: bei niedrigen Frequenzen bis ca. 50 Hz mehr die langsamen Muskelfasern des Typs I, mit steigender Frequenz bis ca. 200 Hz die FT-Fasern der Typen IIA und IID. Da in vivo die schnellen Muskelfasern von dicken Nervenbahnen innerviert werden, die sehr schnell auf Strom von außen reagieren, ist fraglich, ob der Wirkungsmechanismus des EMS-Trainings dem in vivo entspricht.

Außerdem erfolgt bei der Elektrostimulation ein unkoordiniertes Zusammenziehen der Muskelfasern wie bei einem Krampf. Die Konsequenz ist, dass durch EMS-Training zwar die Kraft, jedoch nicht die Koordination verbessert werden kann. ZNS-gesteuerte Bewegungsprogramme in sportlichen Disziplinen und Alltagsbewegungen beziehen eine Vielzahl von Muskeln in Form von Muskelschlingen (-ketten) in die Bewegung mit ein (intermuskuläre Koordination). Beim Ablauf kommt es zeitlich abgestimmt nacheinander zu unterschiedlichen Arbeitsweisen der einzelnen Muskelfasern (konzentrisch, exzentrisch). Zu einer derartigen Simulation von natürlichen Bewegungen ist ein EMS-Training nicht in der Lage.

Außerdem kann Elektrostimulation, wie bereits beim Vibrationstraining erwähnt, dem zivilisationsbedingten Bewegungsmangel nur unzureichend entgegenwirken sowie die durch aktive Muskularbeit ausgelösten »Nebenefekte« auf emotionaler, vegetativer und hormoneller Ebene nicht erzielen. Auch für das EMS-Training liefern Studien, überwiegend durchgeführt von den Universitäten in Bayreuth und Köln, bislang keinen überzeugenden sportartspezifischen oder gesundheitlichen Nutzen gegenüber konventionellem Krafttraining (Vogelmann 2013).

Training »aus der Steckdose« kann eine Alternative für Personen mit Handicaps oder Verletzungen sein. Auch Einsteiger, die Bewegung mit unangenehmem Schwitzen, Erschöpfung, Schmerzen etc. in Verbindung bringen, können über diese Trainingsform langsam an das aktive Bewegen herangeführt werden, sofern die Stromimpulse aus medizinischer Sicht nicht **kontraindiziert** sind, wie bei fieberhaften Erkrankungen, akuten bakteriellen oder viralen Entzündungen, fortgeschrittener Arteriosklerose, Tumoren, Hautunverträglichkeiten, Herzschrittmacher, Tuberkulose, arteriellen Durchblutungsstörungen, Blutungen, Diabetes mellitus sowie schweren neurologischen Erkrankungen.

➤ **Im Einzelfall ist abzuwägen, welche Maßnahmen sinnvoll und zielführend sind.**

■ Trainingsorganisation

Die vielfältigen Möglichkeiten, das Kraftpotenzial von Kunden zu verbessern, wirft die Frage nach der Organisation des Trainings auf, d. h. wie die bei der Trainingsplanung ausgewählten Übungen mit ihren definierten Belastungsparametern durchgeführt werden sollen. Auch diese Frage kann keine allgemein gültige Antwort erhalten, da die räumlichen und gerätetechnischen Voraussetzungen vorab im Einzelfall zu prüfen sind. Da im gesundheitsorientierten Training meist ein Ganzkörpertraining dominiert, bietet sich als Organisationsform das Zirkeltraining (Circuit-, Kreistraining) oder Stations-training an.

- Beim **Zirkeltraining** bestimmt der Trainer die Anzahl und Art der Übungen, die der Kunde nacheinander absolviert. Meist werden die Hauptmuskelgruppen mit jeweils einem Satz belastet. Je nach Zielsetzung lassen sich bestimmte Körperpartien (Rumpf, obere, untere Extremitäten) mit Priorität trainieren (z. B. bei acht Stationen vier für den Rumpf und je zwei für Arme und Beine). Das Ziel des Kunden bestimmt die Intensität der Übungen. Je höher die Intensität, desto kürzer ist die Belastungsdauer und desto länger sind die Pausen beim Wechseln zur nächsten Station. Je nach Zeitbudget des Kunden erfolgt die Festlegung der Rundenzahlen vor der Trainingseinheit.
- Das **Stationstraining** ist ähnlich aufgebaut wie das Zirkeltraining. An definierten Stationen trainiert der Kunde je nach Ziel und Zeit seine Übung mit den festgelegten Gewichten, Pausen und Sätzen. Erst wenn alle Serien an der Station absolviert wurden, erfolgt der Wechsel zur nächsten Station. Bei der Festlegung der Gewichtsbelastungen (Belastungsintensität) an den Stationen kann ■ Tab. 8.2 helfen, ohne dass der Trainer dabei auf einen Maximaltest angewiesen ist.

Die **Stationen** beim Zirkel- oder Stationstraining können kreativ mit Krafttrainingsmaschinen, Seilzügen, freien Hanteln, als funktionsgymnastische Übungen oder mit jeglicher Art von Geräten in Sporthallen bestückt werden. Alles was der Physiologie nicht widerspricht und die Interessen des Kunden berücksichtigt, ist erlaubt, sofern es dem Erreichen seiner Trainingsziele dient. Ein weiterer Vorteil der genannten Organisationsformen besteht in der Möglichkeit, auch größere Gruppen (z. B. in Schulen, Vereinen, Studios und Unternehmen) zu betreuen.

Kunden, die mit oberster Priorität auf ein ganzkörperliches Krafttraining setzen und mehr als drei Einheiten pro Woche trainieren wollen, laufen Gefahr, dass sich ihre Muskulatur zwischen zwei Einheiten nicht ausreichend erholt. Für diesen Fall wurde **Splittraining** entwickelt (split = teilen), bei dem die Muskelgruppen an verschiedenen Tagen trainiert werden:

■ **Tab. 8.2** Berechnung der Belastungsintensität für Krafttraining prozentual zur Maximalkraft. (Quelle: Flicke 2009, S. 49)

Wiederholungszahl korrekt ausgeführter Bewegungen	Anteil (%) an der Maximalkraft
1	100
2	95
3–4	90
5–6	85
7–8	80
9–10	75
11–13	70
14–16	65
17–20	60
21–24	55

Beim 4-Tage-Split erfolgt das Training an 4 Tagen pro Woche z. B. an jeweils zwei aufeinander folgenden Tagen (z. B. Samstag, Sonntag) mit einem oder zwei trainingsfreien Tagen danach. Nach einem trainingsfreien Montag finden dienstags und mittwochs die Trainingseinheiten 3 und 4 statt. Am Donnerstag und Freitag ist wieder trainingsfrei. In den direkt aufeinander folgenden Einheiten werden unterschiedliche Muskelgruppen trainiert z. B. Bauch, Rücken, Beine, Gesäß in der 1. und 3. Trainingseinheit sowie Brust, Schulter, Arme in der 2. und 4. Trainingseinheit der Woche.

Prinzipien des Splittrainings

- Nicht alle großen Muskelgruppen in einer Einheit trainieren
- Übungen mit hoher koordinativer Beanspruchung sowie
- Schwache Muskelgruppen am Anfang einer Einheit trainieren

Eine weitere Organisationsform im Training mit Fortgeschrittenen ist das **Pyramidentraining**. Die klassische Form ist die spitze Pyramide (■ Abb. 8.3), bei der auf jeder Stufe das Gewicht von Satz zu Satz erhöht und die Wiederholungszahl reduziert wird, bis im letzten Satz nur noch eine Wiederholung möglich ist (Maximalkrafttraining). Durch Variation der Pyramidenform lässt sich diese Organisationsform auch im fortgeschrittenen Gesundheitstraining anwenden, wenn beispielsweise bei einer »stumpfen Pyramide« die Belastungsspitzen wegfallen und der letzte

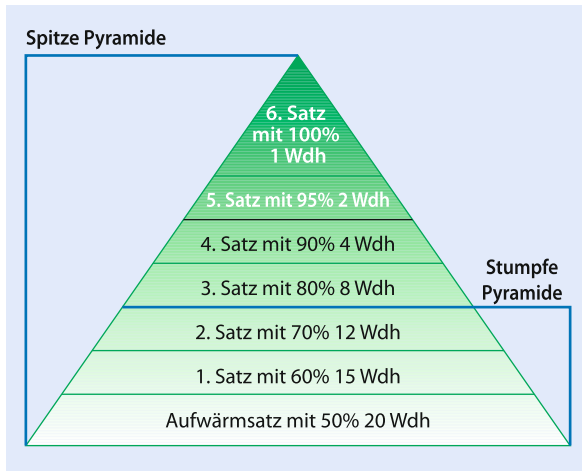


Abb. 8.3 Pyramidentraining (Beispiel)

Satz als Hypertrophietraining mit acht bis zwölf Wiederholungen endet.

Da jeder Trainer vermutlich in seinem Repertoire eine ausreichende Zahl von Übungen zur Verfügung hat und außerdem eine umfangreiche Literatur darüber existiert, soll an dieser Stelle auf konkrete Übungsvorschläge verzichtet werden. Stattdessen ist zu überlegen, wie das Training der Kunden abhängig von ihrer Leistungsfähigkeit angemessen geplant und betreut werden kann.

Wichtig

Oberste Priorität ist beim Training des Bewegungsapparats auf die Rumpfstabilität zu legen, denn Erkrankungen des Muskel- und Skelettsystems wie Rückenschmerzen sind Krankheitsursache Nr. 1 und verursachen in den Unternehmen die meisten AU-Tage (► Kap. 1).

Ein starker Rumpf ist demzufolge die beste Voraussetzung für ein gesundes, beschwerdefreies Leben. Viele Trainingskonzepte und Disziplinen wie Core-Training, Pilates oder Yoga legen einen Schwerpunkt darauf.

Praxistipp

Bei der Planung und Steuerung des Krafttrainings sind vorrangig Bauch- und Rückenmuskulatur balanciert zu kräftigen, bevor sich die Konzentration auf die Extremitätenmuskulatur richtet. Ein starker Bizeps hat weniger gesundheitliche als mehr ästhetische Bedeutung.

Wie soll ein Trainer erkennen, ob beispielsweise mehr die Bauch- und Rückenmuskulatur oder verstärkt die linke bzw. rechte Körperseite seines Kunden zu trainieren ist,

um eine Balance im Bewegungsapparat (wieder)herzustellen? Ohne qualifizierte Diagnostik (► Abschn. 7.1) ist dies unmöglich. Es besteht sogar die Gefahr, dass vorhandene Dysbalancen nicht abgebaut, sondern noch verstärkt werden.

Neben dem eigenen Körpergewicht oder geringen Zusatzgewichten in Form von Hanteln können Kettlebells, Medizinbälle, Therabänder o. Ä. eingesetzt werden. Als Organisationsform bietet sich das oben beschriebene Zirkeltraining mit variierenden Übungen an, um über den Faktor Abwechslung die Motivation für das Training nachhaltig zu fördern.

Je nach Vorliebe des Trainers lassen sich Übungen beispielsweise aus den Angeboten von **Pilates** entnehmen. Diese bereits im 19. Jahrhundert von Joseph Hubert Pilates (1883–1967) entwickelte Methode zielt auf die Balance aus Kraft und Flexibilität.

Wichtig

Besondere Beachtung finden bei Pilates Atmung, Kontrolle, Zentrierung, Konzentration, Präzision und Bewegungsfluss.

Da jede Bewegung vom stabilen Körperzentrum (Powerhouse) ausgeht, das Bauchmuskeln, Beckenboden und Tiefenmuskulatur der Wirbelsäule (autochthone Muskulatur) beinhaltet, wird deutlich, dass die Übungen gut geeignet sind, Einsteigern ein neues Körperbewusstsein, eine verbesserte Körperhaltung und eine kontrollierte Atmung zu vermitteln. Für Personen mit (chronischen) Rückenschmerzen sind die Übungen nicht grundsätzlich geeignet, sodass zur Sicherheit für Trainer und Kunden eine medizinische Unbedenklichkeitsbescheinigung hilfreich ist.

Gleiches gilt auch für das modernere **Core-Training** (Core = Kern), das durch den US-Amerikaner Versteegen 2006 in Deutschland bekannt wurde. Zur Core-Stabilität tragen Bauch-, Wirbelsäulen-, Becken- und Hüftmuskeln bei. Auch die kleineren autochthonen Muskeln entlang der Wirbelsäule unterstützen die Stabilität und Bewegungsfähigkeit der Wirbelsäule. Gemeinsam leisten sie den hauptsächlichen Beitrag zur Festigkeit von Rumpf und Hüfte, um externen Krafteinwirkungen auf den Körper entgegenzuwirken und den Extremitäten eine harmonische und verletzungsfreie Ausführung von Bewegungen zu ermöglichen.

Wichtig

Die Core-Stabilität sollte komplex in allen drei Bewegungsebenen der Wirbelsäule ausgebildet werden.

Während bei Funktionsgymnastik und Krafttraining früher mehr Wert auf die isolierte Beanspruchung einzelner Muskeln gelegt wurde, werden sowohl bei Pilates-Übun-

gen als auch beim Core-Training vorrangig komplexe Übungen durchgeführt, die ganze Muskelketten trainieren (Functional Training). Sie orientieren sich an den natürlichen alltäglichen oder sportlichen Bewegungsabläufen, die über das Functional Movement Screening (FMS, ► Abschn. 7.4.3) vor Trainingsbeginn analysiert werden können, um das Programm individuell gestalten zu können. Der Einsatz von freien Gewichten, Bällen und vor allem instabilen Unterlagen sorgt für eine sensomotorische Tiefenstabilisierung und bringt eine zusätzliche koordinative Komponente in den Trainingsprozess. Die Komplexität der Bewegungsabläufe erhöht das Anspruchsniveau und fordert deshalb ein allmähliches Heranführen untrainierter Kunden an die neuen Übungsaufgaben.

Besonders intensiv kommt dies beim Schlingentraining zum Tragen. Durch die Instabilität der Seile wird neben dem Kraftpotenzial das Zusammenspiel von Muskelketten (intermuskuläre Koordination), ZNS und Gelenken optimiert (propriozeptives neuromuskuläres Training).

Praxistipp

Die Auswahl geeigneter Übungen darf nicht von Vorlieben des Trainers geprägt sein, sondern muss sich an den Zielen, der Leistungsfähigkeit und dem Gesundheitszustand seiner Kunden orientieren.

Während bei dem einen kraft- und koordinationsbetonte Übungen angemessen sind, können sich bei einem anderen Kunden reine Kraft- oder Koordinationsübungen als sinnvoller erweisen. Meist bringt der systematische Wechsel von Übungen mit jeweils unterschiedlichen Schwerpunkten die besten Erfolge.

Im Rahmen der Prävention oder Behandlung von Rückenschmerzen kann ein **Training an Kraftmaschinen** beim Aufbau und der Balance der Rumpfmuskulatur zielführend sein.

Praxistipp

Ein Training der Bauchmuskeln kommt anfänglich ohne Geräte aus. Gymnastische Übungen für die Rückenmuskulatur – auch mit Zusatzgewichten – kommen dagegen schnell an die Grenze ihrer Wirksamkeit.

Um nachhaltig überschwellige Reize zu setzen, ist deshalb der Einsatz von geeigneten Maschinen unerlässlich.

Vorteile des Trainings an Kraftmaschinen

- Ermöglicht genaue Belastungsdosierung
- Lässt gering abgestufte Belastungen zu
- Kann Muskelgruppen gezielt isoliert ansprechen
- Bewegung kann geführt und dadurch kontrolliert ausgeführt werden
- Trainer kann die Bewegung besser kontrollieren
- Gewährleistet gleichmäßige muskuläre Beanspruchung über die gesamte Bewegungsamplitude
- Muskuläre Ermüdung vom Trainer besser zu erkennen

Besonders die Möglichkeiten einer genauen Belastungsdosierung und die kontrolliert geführte Bewegung machen sie für Einsteiger mit wenig Bewegungserfahrung attraktiv. So kann nach relativ kurzer Zeit die Intensität und damit die Wirksamkeit des Trainings ohne Verletzungsrisiko erhöht werden. Das isolierte Training einzelner Muskelgruppen und die dadurch bedingte geringere Komplexität der Bewegungsabläufe gegenüber dem Training mit freien Gewichten oder mit dem eigenen Körpergewicht lässt sich bei der Trainingsplanung durch Kombination mit anderen Trainingsformen kompensieren.

Da sich die Bewegungsamplitude an manchen Kraftmaschinen konstruktionsbedingt nicht einstellen lässt, ist zu entscheiden, ob der Kunde bestimmte Übungen besser mit freien Gewichten trainiert, sofern er darauf entsprechend vorbereitet ist.

■ Training nach dem FPZ-Konzept (nach Denner 1998, 2009)

Als diagnostisches Verfahren wurde in ► Abschn. 7.1.1 exemplarisch die biomechanische Funktionsanalyse (BMFA) der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur des FPZ-Konzepts dargestellt. Daher werden hier nun die daraus resultierenden Prinzipien für das Training erläutert. Diese lassen sich generell auf andere Konzepte übertragen, die vergleichbare apparative Diagnostik- und Trainingsbedingungen gewährleisten.

Das dynamische Training nach dem FPZ-Konzept erfolgt über die gesamte Bewegungsamplitude mit langsamer und kontrollierter Geschwindigkeit ohne Pausen an den Bewegungsübergängen. Die Geräte ermöglichen eine gleichmäßige Intensität sowohl bei konzentrischen als auch exzentrischen Muskelaktionen. Durch die Vordehnung der kontraktiven und elastischen Komponenten der Muskulatur während der exzentrischen Phase wird die Kraft in der konzentrischen Phase verstärkt (Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus).

Kontrolle der Belastungsintensität Die Belastungsintensität ist anhand des **muskulären Versagens** exakt zu bewerten. Beim **konzentrischen** Versagen kann der Kunde die Widerstandslast nicht mehr selbstständig überwinden, aber in einer Position noch isometrisch halten. Ist auch diese Position nicht mehr eigenständig zu stabilisieren (**isometrisches** Versagen), muss der Trainer unterstützend eingreifen, bis der Kunde auch hierbei das Limit erreicht (**konzentrisch-assistiertes** Versagen). Ab dann sind noch zwei bis drei ausschließlich exzentrische Muskelaktionen möglich, sodass der Trainer die Widerstandslast in die Ausgangsposition zurückbringt (dynamisch-positive Phase) und der Kunde mit höchster Willenskraft die dynamisch-negative Arbeit bis zum **exzentrischen** Versagen der Muskulatur übernimmt.

Je nach Dekonditionierungsstadium startet der Kunde mit dem Aufbauprogramm A10, wenn seine muskulären Insuffizienzen auf primär koordinative Defiziten bzw. funktionelle Atrophie zurückzuführen ist, oder mit dem Aufbauprogramm A24, wenn multiple muskuläre Insuffizienzen vorliegen.

■ ■ Aufbauprogramm A10

➤ Wichtig

Primärziel des Aufbauprogramms A10 ist es, die neuromuskuläre Aktivierung und Steuerung der vorhandenen Muskulatur zu verbessern.

Nach den zehn Trainingseinheiten in 6–8 Wochen sollte der Kunde seine wirbelsäulenstabilisierenden Muskeln an den speziell dafür entwickelten Hightechgeräten innerhalb einer Belastungsserie bis zum konzentrischen Versagen maximal aktivieren und ausbelasten können.

In den ersten 2–3 Trainingseinheiten erlernt er den korrekten Bewegungsablauf der Übungen bei kontinuierlichem Anstieg von 5–10% der Widerstandslast pro Einheit. Danach wird die Widerstandslast so erhöht, dass die beanspruchte Muskulatur jeweils ca. 20 vollständige Wiederholungen bis zur starken Ermüdung durchführen kann. Ab der 6. Trainingseinheit wird jede Belastungsserie bis zum konzentrischen, im Einzelfall bei der 9. und 10. Trainingseinheit sogar bis zum isometrischen Versagen durchgeführt.

Da die Regenerationszeiten in Abhängigkeit zur Belastungsintensität stehen, erfolgen die ersten fünf Trainingseinheiten alle 3–4 Tage (Regenerationszeit 72–96 h) und danach alle 5 Tage (Regenerationszeit 120 h).

■ ■ Aufbauprogramm A24

Ziele

- Intra- und intermuskuläre Koordination verbessern
- Funktionelle Atrophie reduzieren
- Strukturelle Atrophie mindern oder stoppen
- Körperliche Belastbarkeit steigern

Phase 1: Die ersten 6 Trainingseinheiten dienen primär dem Erlernen und Üben der Bewegungstechnik. Demzufolge ist die muskuläre Belastung gering. Während der Reizdauer von 75 s sollten ca. 20 korrekt ausgeführte Wiederholungen durchgeführt werden. Pro Trainingseinheit wird die Widerstandslast um etwa 5% erhöht.

Phase 2: Ab der 7. Trainingseinheit sollte der Kunde die Bewegungen jeder Übung unter muskulärer Kontrolle und Beachtung der Atemtechnik (Ausatmung während der konzentrischen, Einatmung während der exzentrischen Muskelaktion) durchführen können. Dadurch sind die Voraussetzungen für das zukünftig ermüdende bzw. erschöpfende Maximalkrafttraining geschaffen. Die Widerstandslasten werden pro Trainingseinheit um 3–5% erhöht, sodass in dieser zweiten Phase hohe Intensitäten mit ca. 12–20 Wiederholungen realisiert werden können. Durch die hohe Belastung verlängert sich die Erholungszeit auf 72–96 h.

Phase 3: Für die Trainingseinheiten 19–24 sollte der Kunde vorbereitet sein, jede Übung mindestens bis zum konzentrischen Versagen durchzuführen. Die Wiederholungszahl sollte bei jeder Übung 20 überschreiten. Die hohe Intensität und die damit verlängerte Regenerationszeit bedingt, alle 5 Tage eine Trainingseinheit durchzuführen. Das Aufbauprogramm A24 sollte nach 3–4 Monaten beendet sein.

■ ■ Weiterführende Prävention

Nach der Abschlussanalyse schließt sich direkt an die Aufbauprogramme A10 oder A24 die weiterführende Prävention an.

Ziele

- Noch verbleibende strukturelle Atrophien und neuromuskuläre Dysbalancen beseitigen
- Biologische Anpassungserscheinungen langfristig stabilisieren
- Kunden für ein weiterführendes Ganzkörpertraining motivieren

Weiterführende Prävention geschieht durch Fortsetzung der intensiven Belastungen mit einem einmaligen Training pro Woche. Da die Nacken- und Halsmuskeln ein häufige-

res Training benötigen als die Rumpfmuskeln, genügt bei überwiegend vorhandenen Defiziten der Rumpfmuskulatur ein Training alle 7–10 Tage. Die Notwendigkeit dafür ergibt sich aus den Diagnostiken.

Wegen der hohen Intensität dauern die Pausen zwischen zwei Übungen 3–5 min, damit sich der Kunde ausreichend physisch und psychisch von der absolvierten Übung erholen und auf die kommende Übung vorbereiten kann. Diese Zeit wird durch gezielte mechanische Entlastung und muskuläre Entspannung in Form von Mobilisations-, Extensions-, Lagerungs- oder Selbstmassageübungen genutzt.

➤ Wichtig

Die Wirbelsäule mit ihren widersprüchlichen Aufgaben der Gewährleistung von Stabilität bei gleichzeitiger Mobilität verdeutlicht die Notwendigkeit, die sie umgebende Muskulatur durch Kräftigungs-, Stabilisations-, Mobilisations- und Dehnungsübungen komplex zu trainieren.

■ Dehnübungen zur Verbesserung der Beweglichkeit

Dehnübungen der Muskulatur werden häufig im Zusammenhang mit dem Abbau **muskulärer Dysbalancen** erwähnt (► Abschn. 6.2). Lange Zeit herrschte die Meinung vor, dass die zu Abschwächung neigenden phasischen Muskeln (Halsbeuger, langer Rückenmuskel, Gesäßmuskel etc.) mit vorwiegend Bewegungsfunktion eher einer Kräftigung bedürften, die tonischen Muskeln mit vorwiegend Haltefunktion (Nackенmuskeln, großer Brustmuskel, Wadenmuskel etc.) dagegen eher zur Verkürzung tendieren und deshalb zu dehnen seien. Diese Ansicht, die sich Jahrzehntlang besonders in der Physiotherapie, aber auch in der Sportwissenschaft hielt, wird mittlerweile kritisch betrachtet.

Die **Muskellänge** ist mit Ausnahme bei konzentrischen oder exzentrischen Kontraktionen immer gleich, da sich Anzahl und Länge der hintereinander geschalteten Sarkomere nicht verändern. Nach einer Kontraktion geht der Muskel in seine Ausgangslage zurück. Echte Verkürzungen in dem Sinne, dass es zu einer Verminderung der Sarkomere kommt, treten nur nach wochenlanger Immobilisation in einer verkürzten Position auf.

➤ Wichtig

Arbeitsweise und Zusammensetzung der Muskulatur sind hauptsächlich haltungs- und funktionsabhängig zu betrachten.

Da diese Betrachtung neben den genetischen Voraussetzungen in hohem Maße von der Bewegungsaktivität und den alltäglichen Belastungen auf den Bewegungsapparat des einzelnen Menschen abhängig ist, kann nur eine Diagnostik die individuellen Gegebenheiten feststellen.

Die häufig diagnostizierten Muskelverkürzungen sind meist keine strukturellen Längenverkürzungen, die über Dehnübungen (synonym häufig als »Stretching« bezeichnet) behoben werden können, sondern eher **funktionelle Einschränkungen** der Flexibilität, die über eine Kräftigung des nur scheinbar verkürzten Muskels und seines Antagonisten über eine möglichst große Bewegungsamplitude zu beheben sind (Moosburger 2012). Dies bedeutet keinesfalls, dass Dehnübungen »out« sind. Sie haben ihre Bedeutung aber mehr in Verbindung mit der **Beweglichkeit**.

➤ Wichtig

Beweglichkeit ist gekennzeichnet »durch die Amplitude, die durch innere oder mithilfe äußerer Kräfte in der Endstellung des Gelenks erreicht werden kann« (Grosser et al. 2008, S. 152). Der Begriff umfasst die Summe der Eigenschaften der an der Funktion eines Gelenks beteiligten aktiven und passiven Strukturen.

Häufig werden die Begriffe Flexibilität, Dehnfähigkeit oder Gelenkigkeit als Synonyme von Beweglichkeit verwendet. Diese beziehen sich auf die unterschiedlichen organischen Strukturen, die an der Beweglichkeit beteiligt sind: Während **Gelenkigkeit** das Ausmaß der durch die jeweilige Gelenkstruktur bedingten Bewegung meint, stehen die Begriffe **Dehnfähigkeit** und **Flexibilität** mehr im Zusammenhang mit den Eigenschaften der Muskeln und ihrer sie umgebenden Bindegewebestrukturen (Sehnen, Bänder und Gelenkkapseln).

Bewegungseinschränkungen kommen durch Hemmung der unterschiedlichen am Gelenkaufbau beteiligten Strukturen zustande, sei es an den Knochen, Bändern und/oder Muskeln. Auch die lokale Anreicherung von Körperfett- oder Muskelmasse können die Beweglichkeit beeinträchtigen (»Weichteilhemmung«).

Bei der Planung und Durchführung von Dehnübungen herrscht noch immer große Unsicherheit. Grundsätzlich ist zwischen statischem und dynamischem sowie aktivem und passivem Dehnen zu unterscheiden. Doch welche Dehntechnik (■ Abb. 8.4) ist in welcher Situation die Richtige? Richtiges Dehnen berücksichtigt gezielt das unterschiedliche Verhalten der verschiedenen Gewebetypen (Muskel-, Bindegewebe), sodass der »verkrampfte«, unelastische Muskel sowie das ihn umgebende Bindegewebe allmählich ihre Funktionsfähigkeit zurückgewinnen. Auch wenn der Muskel selbst – wie oben erwähnt – durch Dehnen langfristig nicht strukturell länger wird, kann sich dennoch die Beweglichkeit des Gelenks verbessern, wenn die Dehntechniken korrekt zum Einsatz kommen.

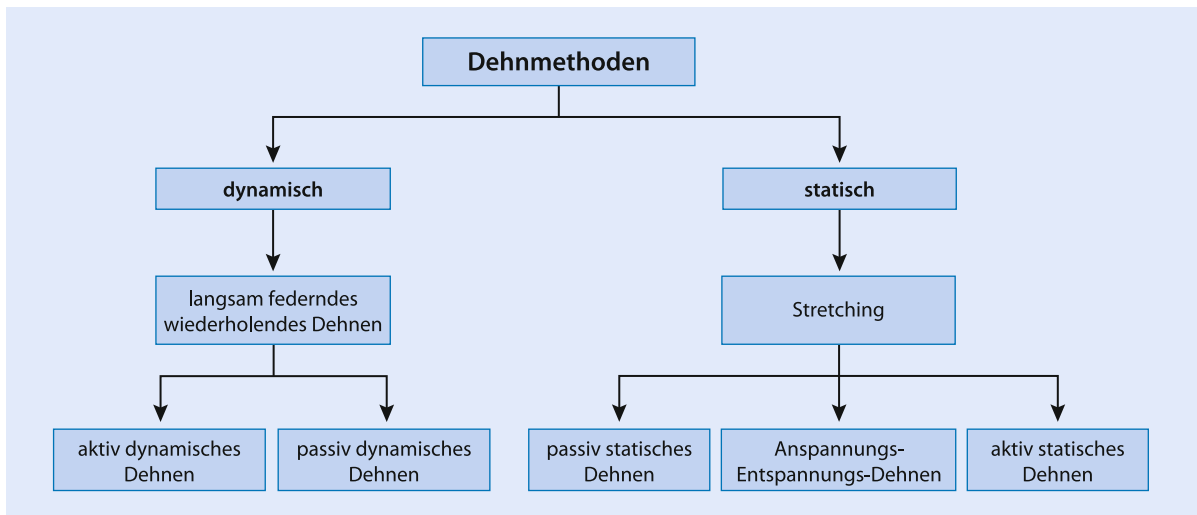


Abb. 8.4 Systematik der Dehnmethoden

■ ■ Dynamisches Dehnen

➤ Wichtig

Beim dynamischen Dehnen (intermittierendem oder ballistischem Dehnen) wird durch wiederholte, langsam federnde und wippende Bewegungen in der fast vollständigen Endstellung der Bewegungsamplitude versucht, den Ausschlag der Gelenke zu erweitern.

In diese Position gelangt der Trainierende entweder **aktiv** (aktives dynamisches Dehnen) durch Kontraktion des Antagonisten oder **passiv** durch Ausnutzen der Schwerkraft bzw. assistiert durch den Trainer (passives dynamisches Dehnen).

Bei der Ausführung dynamischer Dehnübungen erreicht der Muskel mit zunehmender Wiederholungszahl eine größere Bewegungsamplitude. Pro Serie können bis zu 30 Wiederholungen stattfinden. Je nach Zeitbudget werden bis zu fünf Serien empfohlen.

Dynamische Dehnübungen haben den Vorteil, dass jede Bewegung aktiv vom ZNS gesteuert und gebahnt werden muss. Dies wirkt sich positiv auf die inter- und intramuskuläre Koordination aus. Außerdem kommt es durch die dynamischen Bewegungen zu einer vermehrten lokalen Muskeldurchblutung.

Durch zu intensiv federnde Bewegungen kann der Dehnungsreflex (► Abschn. 6.1.4) ausgelöst werden, da das Ausmaß der reflektorischen Kontraktion auch von der Dehngeschwindigkeit abhängt. Deshalb gilt: Schnelle, ruckartige Bewegungen sind beim dynamischen Dehnen stets zu vermeiden.

■ ■ Statisches Dehnen – Stretching

Bis in die 1980er Jahre war die dynamische Dehnmethode verpönt, da die Meinung vorherrschte, die Auslösung des

Dehnungsreflexes führe eher zu einem gegenteiligen Effekt in der Muskulatur. Aus dieser Überzeugung entwickelte sich das statische Dehnen (neuronale Stretching-Methoden), das durch das Einnehmen und Halten einer Dehnposition über einen bestimmten Zeitraum gekennzeichnet ist (Sölveborn 1983; Knebel 1987).

Auch Stretching-Übungen können aktiv durch den Übenden selbst oder passiv durch Nutzung der Schwerkraft, von Hilfsmitteln oder eines geschulten Trainers durchgeführt werden.

Passives statisches Dehnen (gehaltenes Dehnen) Dabei wird der zu dehnende Muskel eines Kunden durch den Trainer langsam und kontrolliert in die Dehnposition gebracht, bis der Spannungszustand deutlich spürbar ist. Durch das langsame Einnehmen der Dehnposition wird der Dehnungsreflex vermieden und die Muskelspindel durch das Halten der Position auf die neue Muskellänge eingestellt. Wenn der Spannungszustand nachlässt, wird die Gelenkstellung »nachjustiert«, sodass erneut die Muskelspannung spürbar ist (»Development Stretch«). Dies lässt sich mehrere Male wiederholen.

Die Kunst des passiven Stretchens liegt auf der Seite des Trainers, der aufgrund seiner Erfahrung mit Menschen den Dehnungsreiz so gestalten sollte, dass er physiologisch wirksam ist und zugleich das Schmerzempfinden des Trainierenden berücksichtigt.

Unter Schmerz ist der Kunde nicht in der Lage, seine Muskulatur zu entspannen und den Dehnungsreiz ohne muskuläre Gegenspannung einwirken zu lassen. Die Zeitdauer pro Übung ist variabel dem Kunden anzupassen. Zur Orientierung dienen 30 s. Bei starken Bewegungsdefiziten können Haltezeiten bis 90 s oder länger erfolgreich sein.

Praxistipp

Der Trainer darf sich nicht mit Stoppuhr an den in der Literatur genannten Zeitangaben orientieren, sondern muss auf das Nachlassen der Spannung im gedehnten Muskel und die Reaktion des Kunden achten.

Aktives statisches Dehnen Dieses geschieht durch langsame Einnahme der Position des zu dehnenden Muskels (Agonists) durch Kontraktion des Antagonisten. Die Kontraktionskraft bestimmt die Intensität des Dehnvorgangs. Über die reziproke antagonistische Hemmung gelangt der Agonist reflektorisch in eine entspannte Position (► Abb. 6.6). In dieser Dehnstellung verharrt der Kunde 10–30 s oder bei Bedarf auch länger. Zwei bis drei Wiederholungen pro Übung werden auf diese Weise durchgeführt.

Eine Sonderstellung im Bereich der statischen Dehnmethode genießt das **Anspannung-Entspannungs-Dehnen (AED)**, das auch als **CHRS-Methode** (Contract-Hold-Relax-Stretch) bekannt ist. Dabei geht der Muskeldehnung eine isometrische Vorspannung des zu dehnenden Muskels voraus. Zwischendrin erfolgt eine Lösung der Muskelspannung. Der gesamte Prozess umfasst folgende vier Schritte:

1. Einnahme der Dehnposition und (maximale) isometrische Anspannung des zu dehnenden Muskels bis zu 30 s
2. Lösen der Spannung
3. Dehnposition innerhalb von 2–3 s bis zum Spüren eines leichten Dehnungsreizes einnehmen
4. Position bis zum Nachlassen des Dehnungsreizes ca. 10–30 s halten

Dieser Zyklus kann mehrmals hintereinander durchlaufen werden.

Die Sonderstellung ergibt sich aus der maximalen isometrischen Vorspannung des zu dehnenden Muskels. Sie bewirkt über die Golgi-Organen eine autogene Hemmung (► Abb. 6.6), die mit zunehmender Dauer des Dehnungsreizes den sog. **Creeping-Effekt** auslöst. Dieses Phänomen beschreibt, dass sich das kollagene Material der Sehne nach langsamem Dehnen in Zugrichtung ausrichtet und nur schleichend in seine Ursprungslänge zurückzieht (Dehnungsrückstand). Bei gleicher Dehnungsamplitude lässt die Spannung im gedehnten System (Muskel–Sehne) nach. Außerdem ist die Erregbarkeit des Alpha-Motoneurons und der Muskelspindeln direkt nach der maximalen isometrischen Kontraktion erniedrigt, sodass diese Hemmungsmechanismen den Dehneffekt vergrößern.

Die isometrische Kontraktion erhöht die Muskeldurchblutung, verstärkt damit eine lokale Erwärmung und sorgt zugleich für eine Kräftigung des betreffenden Muskels.

Dehnübungen

- Bei der Auswahl geeigneter Dehnübungen darf der Trainer keinesfalls unreflektiert eine bevorzugte Dehntechnik anwenden.
- Generell eignen sich Dehnübungen nicht zur Erwärmung, da unabhängig von der Technik nur eine geringe lokale Durchblutung auftritt. Dazu dienen besser allgemeine Ausdauerbelastungen oder Kraftübungen mit niedrigeren Belastungen als beim folgenden Training geplant.
- Dehnen vor sportlichen Belastungen reduziert weder die Verletzungsanfälligkeit, noch beugt es Muskelkater vor, sondern begünstigt diesen eher.
- Bei muskulären Dysbalancen sind Dehnübungen wenig zielführend. Besser ist es, den geschwächten Muskel über die volle Bewegungsamplitude (von maximaler Dehnung bis maximaler Verkürzung) zu trainieren.
- Maximalkraft- und Schnellkraftleistungen (z. B. Sprungkraft) nehmen direkt nach dem Dehnen ab. Deshalb sind Dehnübungen vor solchen Belastungen zu vermeiden.
- Auch direkt nach der Belastung ist es wenig sinnvoll, statisch zu dehnen, da durch die große Spannung innerhalb der Muskulatur die Blutkapillaren zusammengedrückt und dadurch die Blutzirkulation zum Abtransport von Stoffwechselprodukten unterbrochen werden kann.
- Dies spricht dennoch keinesfalls generell gegen Dehnübungen, sondern lediglich gegen falsche Erwartungen, die teilweise an die Durchführung von Dehnprogrammen geknüpft werden (Freiwald 2006; Klee 2007; Weineck 2010a, b; Wiemann u. Klee 2002; Moosburger 2012).
- Überall, wo es um die Verbesserung der Bewegungsamplitude zur Erhaltung der allgemeinen Beweglichkeit geht, sind Dehnübungen angebracht. Generell haben dabei dynamische Methoden mehr Vorteile als Stretchingübungen.
- Manchen Menschen dienen Dehnübungen zur Verbesserung ihres Wohlbefindens und zur Regeneration. Warum sollten sie dann auf diese verzichten?

■ **Faszientraining**

Beim Training der Faszien (► Abschn. 6.1.3) sollen mittels dynamischer Dehnübungen und elastischer Federungen die Fibroblasten (bewegliche Bindegewebszellen, die u. a. Kollagen produzieren) angeregt werden, das Bindegewebe in »eine jugendliche Architektur« (Schleip u. Müller 2013b) umzugestalten. Bei der Planung und Umsetzung

eines Faszientraining gilt es vier **Prinzipien** zu berücksichtigen (Schleip u. Müller 2013b).

- **Rebound Elasticity:** Das Prinzip bezieht sich auf den Katapultmechanismus, mit dem Kängurus in der Lage sind, bis zu 13 m weit zu springen. Diese enorme Sprungkraft lässt sich nicht allein auf die Kontraktionskraft der Beinmuskulatur zurückführen. Sehnen und Faszien der Beine sind vielmehr wie elastische Gummibänder vorgespannt. Beim Loslassen wird die darin gespeicherte Energie frei und ermöglicht derartige Sprungleistungen. Die kinetische Speicherenergie in den Beinfaszien des Menschen soll mit denen der Kängurus vergleichbar sein. Mit kreativen Elastic Jumps und Stick Jumps, bei denen vielfältige Sprünge ausgeübt werden, lässt sich dieses Prinzip trainieren. Je sanfter die Sprünge über den Fuß abgefedert werden, umso besser ist der Effekt. Die Bewegungen entsprechen denen japanischer Ninja-Krieger, die sich geräuschlos und nahezu unsichtbar ihrem Opfer nähern.
- **Fascial Stretch:** Dieses Prinzip beinhaltet endgradig wippende Bewegungen in allen Ebenen. Nach einem kurzen Aufwärmen beginnt das Programm mit langsamen dynamischen Dehnübungen, bevor später auch schnellere (keine hektischen, ruckartigen Bewegungen) in das Programm integriert werden. Besonderer Wert wird auf das Dehnen der kompletten myofaszialen Ketten, etwa des Rückens, gelegt. Beginnend in Stand- oder Sitzposition werden später die Hüfte und die Rückseite der Beine einbezogen. Danach können Bewegungen in anderen Ebenen (z. B. Rotationen) und Gelenkwinkeln folgen. Der Kreativität sind mit Ausnahme der Physiologie keine Grenzen gesetzt.
- **Fascial Release:** Dieses Prinzip ist aus Manualtherapie und Rolfing entnommen und beinhaltet eine Behandlung mit Schaumstoffrollen unterschiedlicher Härtegrade. Für kleinere Körperpartien sind auch (Tennis-)Bälle zweckdienlich. Durch Rollen über die Körperfazien mit unterschiedlichem Druck lassen sich schmerzhaftes Verklebungen oder Adhäsionen lösen. Wichtig ist das langsame, einfühlsame Hineingehen in das Bindegewebe und das gleichmäßige Weiterbewegen entlang der Faszie in kleinen wechselnden Winkeln. Die Behandlung soll spürbar, aber nicht schmerzhaft sein. Durch die Massage wird Flüssigkeit wie aus einem Schwamm aus dem Gewebe gepresst. In der folgenden Zeit fließt sie aus dem umliegenden Gewebe wieder zurück (vgl. »Schwammmodell« der Bandscheibe ► Abschn. 6.3.1). Der Wechsel aus Be- und Entlastung führt zu einer Regeneration des »Bewässerungssystems« Bindegewebe (Schleip u. Klinger 2007; Müller u. Schleip 2012).

- **Fascial Refinement:** Bei diesem Prinzip geht es um die bewusste Ausführung und Wahrnehmung von Bewegungen über die in den weichen Geweben liegenden Propriozeptoren.

Im Unterschied zu den Gelenkrezeptoren, die nur in extremen Gelenkpositionen anspringen, sprechen die Mechanorezeptoren innerhalb des Bindegewebes auch auf gering intensive mechanische Stimulationen durch Zug-, Druck- und Vibrationsreize an. In Kenntnis der Funktion der Formatio reticularis (Neuronennetzwerk im ZNS, das vom verlängerten Mark bis ins Zwischenhirn reicht), die regelmäßig auftretende, gleichförmige Reize filtert, folgt der Schluss, dass ein wirkungsvolles propriozeptives Training die »Wahrnehmungsfähigkeit« des Bindegewebes fördern und fordern muss (Müller u. Schleip 2012).

➤ Wichtig

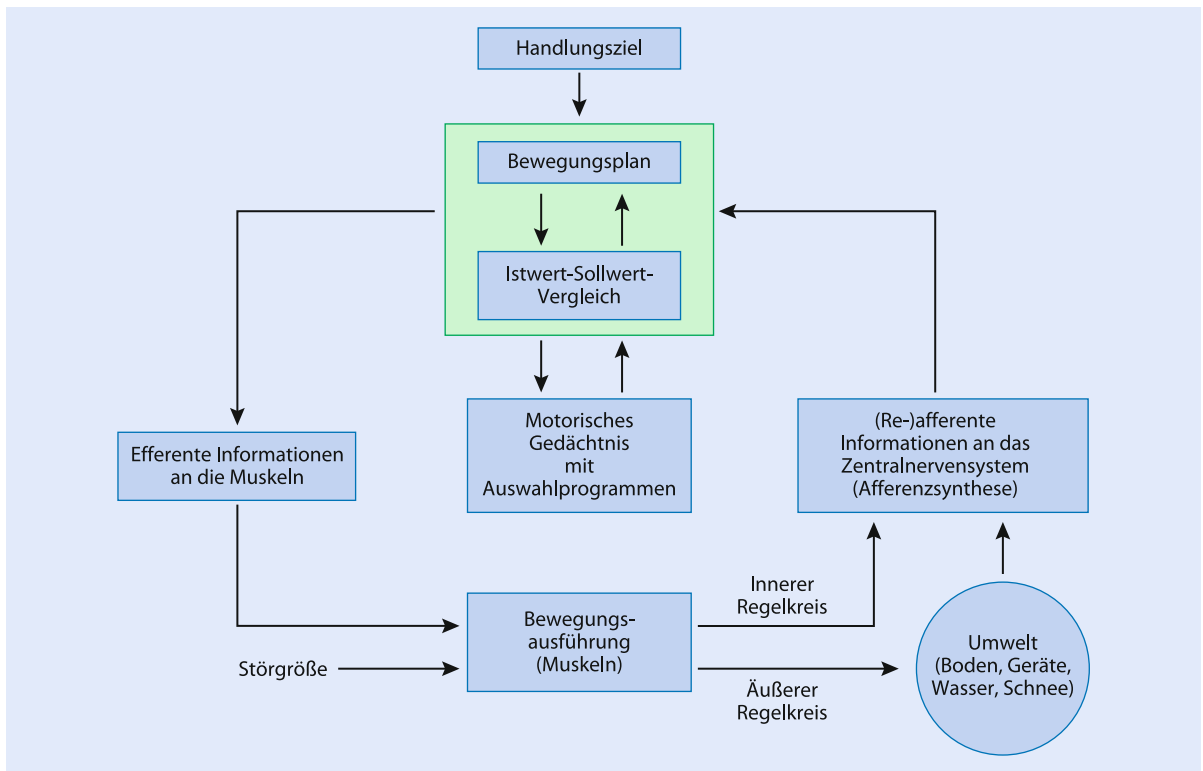
Faszientraining ist eine wichtige, sanfte Ergänzung des komplexen Trainingsprozesses. Dabei gilt es, dem Organismus Bewegungs- und Erlebnismultifazialität zu vermitteln, um »verlorene« Körperregionen neu zu entdecken und die Wahrnehmungskapazität der im Bindegewebe vorhandenen Sinneszellen zu erweitern.

Das ist einerseits zu erreichen über die Variation der Geschwindigkeit bei der Ausführung von Bewegungen und andererseits durch Veränderung der Gewichtsbelastungen (Einsatz des eigenen Körpergewichts, Nutzung der Erdanziehung, Wechsel der Körperposition, Einbeziehung eines Partners oder Trainingsgeräts).

Der Trainer hat die Aufgabe, seinem Kunden die Vorzüge bewusst zu machen und Einheiten von 2- bis 3-mal pro Woche je 10–15 min mit Übungen nach den vier Prinzipien auszuwählen oder selbst zu entwickeln und in den Trainingsprozess zu integrieren. Da zum bewussten Wahrnehmen der Bewegungen ein »Reinhorchen« in den Körper gehört, ist darauf zu achten, den Kunden in Ruhe üben zu lassen und (neue) Erfahrungen mit seinem Körper anzustoßen.

8.2 Planung und Steuerung von Koordinationstraining

Im Unterschied zu den konditionellen Eigenschaften Ausdauer, Kraft und Beweglichkeit, die meist isoliert voneinander Beachtung finden, geht es bei den koordinativen Fähigkeiten um das **Erlernen einer komplexen Bewegungstechnik**. An Bewegungen sind die einzelnen konditionellen Fähigkeiten mit unterschiedlichen Anteilen beteiligt. Dies erfordert ein optimales »Zusammenwirken von Zentralnervensystem und Skelettmuskulatur innerhalb eines Bewegungsablaufes« (Hollmann u. Hettinger



■ Abb. 8.5 Modell der Bewegungskoordination. (Mod. nach Meinell u. Schnabel 1998)

2000). Je komplizierter eine Bewegung ist, desto komplexer sind die fein abgestimmten, harmonischen Wechselbeziehungen zwischen den Rezeptoren (Sinnesorganen), den Nervenfasern des zentralen (Gehirn und Rückenmark) und peripheren Nervensystems sowie der Muskulatur.

■ Afferenzen und Efferenzen

Von den Sinnesorganen leiten afferente Nervenbahnen (**Afferenzen**) die Informationen aus der Umwelt zum ZNS. Von dort gelangen die Nervenimpulse über efferente motorischen Fasern oder **Efferenzen** zu den Muskeln bzw. Drüsen, den **Effektoren**, und veranlassen dort eine Reaktion. Die (sensiblen) Afferenzen enthalten sensorische Fasern (► Abschn. 6.1.4). Viszerale Afferenzen informieren das ZNS über die Zustände in den Eingeweiden. Die Efferenzen veranlassen die Muskeln oder Drüsen zu angemessenen Reaktionen auf die zentral eingegangenen Informationen.

➤ Wichtig

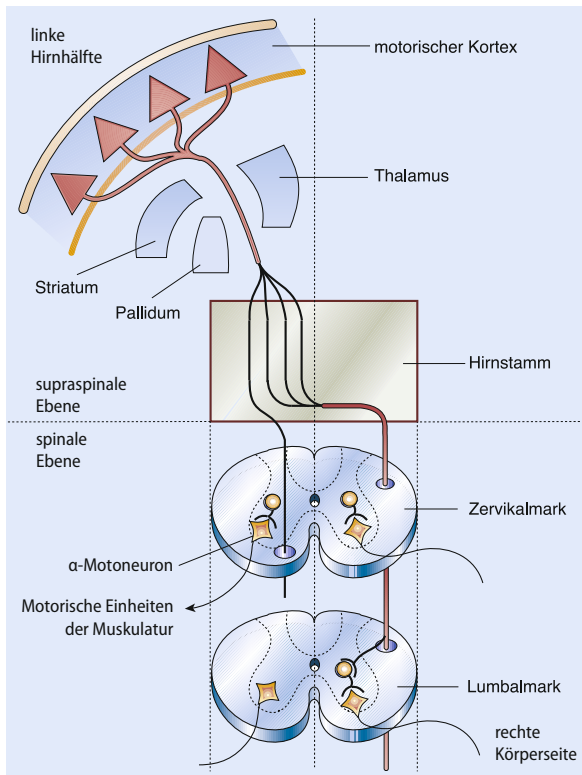
Die Qualität einer motorischen Reaktion (Bewegungsablauf, Handlung) ist abhängig davon, wie das Zusammenspiel zwischen Nervensystem und allen an der Bewegung beteiligten Muskeln (Agonisten, Antagonisten) funktioniert (inter-muskuläre Koordination).

Während der Bewegung informieren **kinästhetische Signale** aus den **Propriozeptoren** permanent über den Zustand und die Veränderungen innerhalb des Bewegungsapparats (**bewegungssteuernde Reafferenz**). Dieses Feedback-Prinzip aus ineinander verschachtelten äußeren und inneren Regelkreisen (■ Abb. 8.5) ermöglicht, neue Bewegungen zu erlernen, um zielgerichtet und koordiniert auf »störende« Umweltreize zeitnah und flexibel zu reagieren.

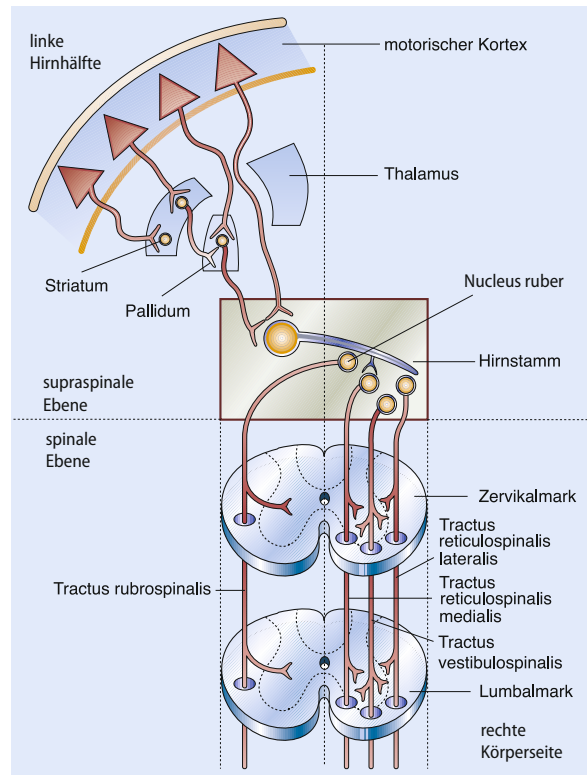
■ Willkürmotorik

Der Entscheidung, bewusst Bewegungen (Handlungen) auszuführen, geht eine **intensive Analyse der Umweltbedingungen** in den Motivationsarealen der Gehirnrinde und verschiedenen subkortikalen Zentren (Teile des Frontalhirns, limbisches System etc.) voraus. Das detaillierte **Bewegungsprogramm** entsteht dann im Zusammenwirken zwischen Motorkortex, Basalganglien und Kleinhirn.

Vom Motorkortex der Hirnrinde (Gyrus praecentralis) werden all jene Nervenzellen aktiviert, die an der gewünschten Bewegung beteiligt sind. Über die **pyramidalen Fasern** (■ Abb. 8.6), von denen die meisten auf der Höhe des Stammhirns auf die kontralaterale Seite kreuzen, gelangen die Nervenimpulse durch die weiße Substanz des Rückenmarks meist über ein Zwischenneuron direkt zu den **Alpha-Motoneuronen in den Wirbelsäulensegmen-**



■ Abb. 8.6 Pyramidales System. (Mod. nach Spornitz 2010)



■ Abb. 8.7 Extrapyramidales System. (Mod. nach Spornitz 2010)

ten. Von dort aus werden die motorischen Einheiten der Muskulatur innerviert.

In enger Kooperation mit dem pyramidalen steht das **extrapyramidale System** (■ Abb. 8.7). Dazu gehören verschiedene Kerne, die fast ausschließlich zu den Basalganglien (Striatum, Pallidum) zählen, sowie weitere motorische Integrationszentren (Kleinhirn, Thalamus, Formatio reticularis etc.). Die beiden Systeme ergänzen sich gegenseitig und unterstützen sich funktionell bei der Ausführung der Willkürmotorik. Auf diese Weise werden neben den direkt angesprochenen Zielmuskeln gleichzeitig unbewusst andere Muskelgruppen innerviert, die als sog. Mitbewegungen den gesamten Bewegungsablauf abrunden (Armpendeln beim Gehen, Gleichgewicht halten beim Radfahren etc.) (Hollmann u. Strüder 2009; o. A. 2014)

Auf der untersten Ebene sind die **Reflexbögen** zu finden, die das Bewegungssystem ständig nachjustieren (► Abb. 6.6). Die Informationen dazu stammen aus den optischen, statikodynamischen und kinästhetischen Rezeptoren innerhalb des Bewegungsapparats. Bei plötzlichen Abweichungen von der aufrechten Körperposition (z. B. beim Stolpern im Alltag oder Drehungen beim Sport) gelangen sie zum Mittelhirn. Reflexartig werden von dort Muskeln mit dem Ziel aktiviert, die Person zurück in die Aufrechte zu »stellen« (**Stellreflex**).

■ Erlernen einer Bewegungskoordination

➤ Wichtig

Beim Erlernen neuer Bewegungsmuster werden auf der Basis einer Bewegungsvorstellung (durch visuelle Informationen oder Erklärungen des Trainers) motorische Handlungen bewusst geplant (Entwicklung eines Handlungsplans zur Durchführung einer Bewegungsübung oder Technik) und danach über die Aktivierung von Muskeln in Bewegung umgesetzt.

Je fremder die Bewegung, desto schwieriger ist der Transfer von der Bewegungsvorstellung in die Erstellung des konkreten Bewegungsplans. Bei den ersten Ausführungen ist eine grobmotorische Bewegung als Ergebnis sichtbar (**Ebene der Grobkoordination**). Der Kunde selbst ist in dieser Phase noch nicht in der Lage, aus der Menge an eingehenden Informationen die wesentlichen Bewegungsfehler selbst zu erkennen oder gar Feinabstimmungen während der Bewegung vorzunehmen. Er ist auf ein akustisches (Sprache) und/oder visuelles (Demonstration oder Darstellung der Übung mittels Bilder oder Filmen) Feedback seitens des Trainers angewiesen.

Vollzieht sich die Prozessschleife Bewegungsausführung – Bewegungskorrektur kontinuierlich, dann wird mit

der Zeit die Steuerung der Bewegung immer mehr von subkortikalen (unterhalb des Großhirns liegenden) Zentren übernommen (**zunehmende Automatisierung**). Treten jedoch plötzlich unerwartete Störeffekte auf, dann schleichen sich erneut Fehler in den sonst harmonisch wirkenden Bewegungsablauf ein.

Die mittlerweile vorhandene Bewegungserfahrung entlastet die bewusste Bewegungssteuerung und ermöglicht den kinästhetischen Analysatoren (überall im Bewegungsapparat verteilten Propriozeptoren), korrigierend in den Bewegungsablauf einzugreifen (reafferente Bewegungskontrolle). Das Bewusstsein kann sich auf neue Aufgaben zur Verbesserung der Grob- hin zur Feinmotorik konzentrieren, die der Trainer mit seinen Feedbacks weiterhin unterstützt.

Irgendwann liegt auch die **Feinmotorik** als Bewegungsprogramm im Kleinhirn vor. Bewegungen können nun in ihrem räumlichen, zeitlichen und dynamischen Verlauf optimal aufeinander abgestimmt werden. Verstärkt ist der Organismus in der Lage, auf plötzlich auftretende Störgrößen zu reagieren. Das Erreichen dieses Stadiums der **Feinstmotorik** (situativ-variablen Verfügbarkeit) kann allerdings Jahre in Anspruch nehmen und ist mehr für den Sportler beim Erlernen und späteren Beherrschen einer komplizierten Technik relevant. Dennoch kann sich jeder vorstellen, dass das spontane Reagieren auf plötzlich auftretende Störungen im Bewegungsablauf von Alltagshandlungen mit zunehmendem Alter an Bedeutung gewinnt.

Je länger Menschen in der Lage sind, auf störende Einflüsse bei Alltagshandlungen flexibel zu reagieren, desto größer ist ihre Chance, unabhängig von anderen Personen zu sein und mit hoher Qualität das Leben bis ins hohe Alter zu genießen.

Je ökonomischer eine Bewegung abläuft, desto weniger Sauerstoff und Energie verbraucht die Muskulatur. In der Folge setzt die Ermüdung des Körpers später ein. Bewegungen lassen sich länger und sicherer ausführen. Zudem wirken Menschen mit guter Bewegungskoordination nach außen sicherer und selbstbewusster. Je komplizierter die Bewegung, desto größere Bedeutung hat die Koordination, da die Impulse sowohl zeitlich, räumlich als auch von ihrer Intensität und ihrem Umfang miteinander abgestimmt sein müssen.

➤ Wichtig

Das Vermitteln vielfältiger Bewegungsprogramme und die Förderung umfangreicher Bewegungserfahrungen gehören in jede Planung und Steuerung eines gesundheitsorientierten Trainings.

Bei der Planung und Steuerung von Koordinationstraining (Abb. 8.1) geht es um die Optimierung von Bewegungen, Erweiterung von Bewegungserfahrungen und die Fähigkeit, schnell auf neue Situationen reagieren zu können.

Koordination ist in jedem Alter trainierbar. Die optimalen Lernphasen im koordinativen Bereich liegen bei den 10- bis 12-Jährigen und bei den 14- bis 18-Jährigen. Ab etwa 30 Jahren beginnt ein starker Abbau der koordinativen Leistungsfähigkeit, wenn dem nicht durch ein regelmäßiges Koordinationstraining entgegengewirkt wird.

■ Sieben Komponenten der Koordinationsfähigkeit

Nach dem Modell beinhaltet die Koordinationsfähigkeit sieben Komponenten (Hirtz 1985; Blume 1978), die bei allen Bewegungen oder sportlichen Disziplinen mit jeweils anderer Gewichtung deren Qualität bestimmen.

Koordinative Fähigkeiten

- Gleichgewichtsfähigkeit
- Orientierungsfähigkeit
- Reaktionsfähigkeit
- Kopplungsfähigkeit
- Rhythmisierungsfähigkeit
- Differenzierungsfähigkeit
- Umstellungsfähigkeit

Die **Gleichgewichtsfähigkeit**, d.h. die Fähigkeit, den Körper in unterschiedlichen Positionen und während einer Bewegung im Gleichgewichtszustand zu halten, hat aus gesundheitssportlicher Sicht eine hohe Bedeutung, denn Gleichgewichtsübungen stehen im Zusammenhang mit Sturzprophylaxe. Kraft- und Gleichgewichtsübungen helfen Menschen am besten, ihr Sturzrisiko zu senken (Müller 2012).

Übungsbeispiele und Anregungen

- Einbeinstand (mit offenen bzw. geschlossenen Augen)
- Aus dem Einbeinstand wiederholte Seitneigung des Körpers oder Vorwärtsneigung (Standwaage) ohne den angehobenen Fuß auf dem Boden aufzusetzen
- Im Einbeinstand Ball gegen Wand werfen und wieder fangen (oder partnerweise) oder Tennisring mit angehobenem Fuß fangen, wieder in die Höhe schnicken und mit der Hand fangen
- Im Vierfüßlerstand seitengleich oder diagonal Bein- sowie Armheben und in dieser Position halten oder bewegen
- Übungen auf Minitrampolin durchführen
- Sitz auf dem Pezziball und ein Bein, dann beide Beine anheben und balancieren, gleichzeitig Übungen mit den Armen durchführen
- In Bauchlage auf dem Pezziball mit Bodenkontakt beider Hände/Füße oder einer Hand/einem Fuß (gleichseitig oder diagonal), angehobene Körperteile halten oder bewegen

- In Seitlage auf dem Pezziball, Stütz mit der unteren Hand auf dem Boden, oberer Arm und/oder Beine anheben und halten oder bewegen
- Übungen auf instabilem Untergrund (Boden oder Gerätehilfe) durchführen
- Trainer stößt Kunden leicht an, um ihn bei der Übung aus der Balance zu bringen
- Training auf dem S3 (► Abschn. 7.4.1)

Motorische Leistungsfortschritte lassen sich für Trainer und Kunden gut nachvollziehen, wenn er beispielsweise in Bauchlage über dem Pezziball zu Beginn des Trainings beide Hände und beide Füße benötigt, um sich im Gleichgewicht zu halten. Nach einiger Zeit ist er in der Lage, mit beiden Füßen auf dem Ball und den Händen auf dem Boden in Balance zu bleiben, bevor er bei dieser Übung sogar mit den Händen auf einem Therapiekreisel sein Gleichgewicht behält (Humburg 2013).

Die Fähigkeit zur Bestimmung der Lage und Bewegung des Körpers in Raum und Zeit wird als **Orientierungsfähigkeit** bezeichnet.

Übungsbeispiele und Anregungen

- Bewegen mit geschlossenen oder verbundenen Augen im Raum, innerhalb von Markierungen, ohne und mit Hindernissen, mit mehreren Personen
- Parcours aus Pylonen mit geschlossenen oder verbundenen Augen durch Zuruf (vor, zurück, links, rechts) überwinden (Wichtig: Volle Konzentration des Trainers, um die Kunden vor möglichen Verletzungen durch andere Personen oder Hindernisse zu schützen!)
- Ball mit der Hand durch Parcours prellen oder in Gruppe um ebenfalls ballprellende Personen unterschiedlich schnell gehend oder laufend dribbeln
- Zwei zeitlich versetzt zugerollte oder geworfene Bälle (Größe, Material unterschiedlich) stoppen oder fangen

Auch die **Reaktionsfähigkeit** auf spontan auftretende Umweltreize ist von gesundheitlicher Relevanz, wenn es darum geht, Schaden vom Körper abzuwenden. Da sie allerdings die motorische Schnelligkeit anspricht, ist sie nur begrenzt trainierbar.

Übungsbeispiele und Anregungen

- Auf Kommando vom Trainer vorgegebene Markierungen schnell mit Hand oder Fuß berühren (z. B. Trainer steht Kunde gegenüber und hält eine Pratze aus dem Boxtraining in unterschiedlicher Höhe und Entfernung)
- Senkrecht am unteren Ende gehaltenen Stab loslassen und möglichst weit am oberen Ende fangen (► Abschn. 7.4.1)

- Zugeworfenen Ball auf Kommando nach Umdrehen fangen (Kunde steht mit Rücken zum Trainer)
- Auf Kommando schnelle Körperpositionswechsel (Sitz, Stand, Bauch-, Seit-, Rückenlage) durchführen
- Vom Trainer auf den Boden gestellten Stab nach Loslassen fangen, bevor er auf den Boden fällt

Die **Koppelungsfähigkeit** bezieht sich auf die Organisation von Teilkörperbewegungen untereinander bzw. von mehreren Bewegungen.

Übungsbeispiele und Anregungen

- Zwei mittig seitlich des Körpers gehaltene Stäbe in verschiedenen Ebenen bewegen (einer wird z. B. seitlich nach oben in Schulterhöhe gebracht, der andere vor- und rückwärts geführt)
- Vor den Körper gehaltenen Ball gerade nach oben werfen und durch Überkreuzen der Arme mit der gegenseitigen Hand fangen, danach Ball erneut nach oben werfen und durch Entkreuzen der Arme den Ball mit der gleichseitigen Hand fangen
- Steigerung der Schwierigkeit (Komplexität): Gleiche Übung mit zwei Bällen (bleiben immer auf derselben Seite, während die Arme im Wechsel kreuzen und entkreuzen)
- Gleiche Übung, aber Bälle nach unten fallen lassen und mit gekreuzten Armen fangen
- Gleiche Übung, aber während die Arme kreuzen, die gekreuzten Beine gleichzeitig entkreuzen, und umgekehrt.

Bewegungen rhythmisch zu erfassen und umzusetzen wird als **Rhythmisierungsfähigkeit** bezeichnet. Jeder Bewegungsablauf unterliegt einer gewissen Rhythmisierung. Ihn verändern und abwechslungsreich zu gestalten vermittelt dem Kunden neue Bewegungserfahrungen und erhöht seine Motivation.

Übungsbeispiele und Anregungen

- Geschwindigkeit von Bewegungsausführungen variieren und Atemrhythmus anpassen
- Bewegung dem Rhythmus unterschiedlicher Musikstücke anpassen (z. B. beim Laufen oder bei gymnastischen Übungsformen)
- Umdrehungszahlen beim Ergometertraining verändern
- Bälle im Rhythmus einer Musik (über Hindernisse) prellen

Die **Differenzierungsfähigkeit** verlangt verschiedene Teilkörperbewegungen, Bewegungsphasen und die Fähigkeit, die Gesamtbewegung möglichst exakt und ökonomisch auszuführen. Diese Fähigkeit ist bei vielen Sportarten leistungsfähig.

tungsbestimmend. Ihre Bedeutung steigt mit dem bewegungstechnischen Schwierigkeitsgrad (im Turnen höher als beim Marathon). Übungen dazu lassen sich ausschließlich in Abhängigkeit einer konkreten Technik entwickeln.

Die **Umstellungsfähigkeit** beschreibt die Fähigkeit, sich während eines Bewegungsablaufs einer plötzlich verändernden Situation mit zielführenden Bewegungsmustern anzupassen. Da sie als weitere Eigenschaft der Koordination mehr bei (Ball-)Sportarten in Erscheinung tritt, findet sie hier keine nähere Betrachtung (Meinel u. Schnabel 2004).

➤ Wichtig

Die sieben koordinativen Teilfähigkeiten sind bei jeder Bewegung mit unterschiedlichen Anteilen beteiligt.

Jeder Trainer hat die Aufgabe, im konkreten Fall aufgaben-, situations- und personenspezifisch Übungen zusammenzustellen. Die in ► Abschn. 7.4 beschriebenen Testverfahren ermöglichen einen personellen Bezug zum Leistungsstand (Feststellung des Istwerts) herzustellen. Aus der Zielsetzung des Kunden (Sollwert) ergibt sich die Aufgabe, situationsspezifische Übungen zum Erreichen seiner Ziele auszuwählen oder zu entwickeln. Das Training der komplexen Koordinationsfähigkeit unterliegt der **methodischen Grundformel** (Roth 2003):

Koordinationsschulung = einfache Fertigkeiten + Vielfalt + Druckbedingungen

Die einfache (automatisierte) Fertigkeit Gehen oder Laufen kann beispielweise durch vielfältige Aufgabenstellungen und Erschwerung durch Druckbedingungen einen immer komplexeren Bewegungsablauf erhalten. In der Folge steigen das Anspruchsniveau bei der Bewegungsausführung und damit der Lerneffekt, sofern die Aufgabe keine Überforderung, aber auch keine Unterforderung des Kunden darstellt.

Beispiele für Druckbedingungen beim Gehen oder Laufen

- Unter **Zeitdruck** durch Parcours mit Hindernissen gehen oder laufen
- Unter **Präzisionsdruck** auf Linien, in einer Formation oder rhythmisch gehen oder laufen
- Unter **Komplexitätsdruck** gehen oder laufen mit Knieheben, Anfersen, Drehungen
- Unter **Organisationsdruck** gehen oder laufen bei gleichzeitiger Kombination mit anderen Bewegungen (z. B. Armkreisen vorwärts, rückwärts, gegengleich)
- Unter **Variabilitätsdruck** durch Schatten-/Spiegeläufe mit dem Trainer
- Unter **Belastungsdruck** nach konditionellen Vorbelastungen gehen oder laufen

Nach demselben Prinzip lassen sich Mobilisations-, Stabilisations- Kräftigungs- und Beweglichkeitsübungen kreieren.

Die Komplexität der Übungen rückt das Training der Koordination in die Nähe des Functional Trainings. Die wichtigste Methode ist die **Variation von Übungen**. Je mehr Zutaten gewählt werden, desto geschmackvoller wird die »Speise Training«. Deshalb sollten Trainer Koordinationsübungen im gesundheitsorientierten Training als wichtigen Motivationsfaktor beim Kampf gegen den »inneren Schweinhund« der Kunden nutzen (► Teil VI).

➤ Wichtig

Koordinationstraining ist Fitness fürs Gehirn!

Dies haben Voelcker-Rehage et al. (2009) von der Jacobs University Bremen in der Längsschnittstudie »Bewegtes Alter« dokumentiert. 91 Probanden im Alter zwischen 65 und 75 Jahren wurden 1 Jahr lang 3-mal wöchentlich in unterschiedlichen Gruppen (Nordic Walking, Koordinations- und Gleichgewichtstraining, sowie Stretching- und Entspannungsprogramm) trainiert. Die Nordic Walker und die Teilnehmer am Koordinationstraining zeigten anschließend bessere Leistungen bei der Aufmerksamkeitssteuerung, da sie in der Lage waren, ihr Gehirn effizienter zu nutzen. Außerdem erzielten sie positive Effekte bei kognitiven Prozessen.

Ein Exkurs »Bewegter Geist und kluger Kopf« ist als Zusatzmaterial zu diesem Buch online abrufbar (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>).

Zusammenfassung

Von den motorischen Eigenschaften sind Ausdauer, Kraft, Beweglichkeit und Koordination für ein gesundheitsorientiertes Training relevant. Deshalb sind sie sorgsam bei der Planung und Steuerung von Training zu berücksichtigen. Ausgehend von den persönlichen Daten und diagnostischen Ergebnissen der Testperson muss der Trainer die Prinzipien des Trainings berücksichtigen, geeignete Methoden auswählen und Belastungsnormative auf die Trainingsziele abstimmen. Spannende Inhalte und interessante Mittel führen den Trainingsprozess nachhaltig zum Erfolg. Erfolg bedeutet an dieser Stelle, alle Maßnahmen daraufhin abzustimmen, dass sie gezielt Anpassungsprozesse im Organismus und damit eine Leistungsverbesserung des Trainierenden bewirken. Muskulatur aufzubauen, Körperfett zu reduzieren, Beweglichkeit zu verbessern oder Koordinationsparameter zu optimieren bedarf genauer Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen sportwissenschaftlichen Prinzipien und ihren biologischen Folgen.

Literatur

- Albers T (2009) Krafttraining in der Prävention sowie als Ergänzung der medizinischen Therapie. *Z Med Fitness Healthcare*, Erstausgabe November: 6–9
- Blume DD (1978) Zu einigen wesentlichen theoretischen Grundpositionen für die Untersuchung der koordinativen Fähigkeiten. *Theorie und Praxis der Körperkultur*, Berlin
- Boeckh-Behrens WU, Buskies W (2003a) Supertrainer Bauch. Die effektivsten Übungen. Rowohlt, Reinbek
- Boeckh-Behrens WU, Buskies W (2003b) Supertrainer Beine und Po. Die effektivsten Übungen. Rowohlt, Reinbek
- Boeckh-Behrens WU, Buskies W (2005) Supertrainer Schulter, Arme, Brust. Die effektivsten Übungen. Rowohlt, Reinbek
- Boeckh-Behrens WU, Buskies W (2006) Supertrainer Rücken. Die effektivsten Übungen. Rowohlt, Reinbek
- Boeckh-Behrens WU, Buskies W (2007) maxxF. Das Super-Krafttraining. Rowohlt, Reinbek
- Denner A (2009) Das Kraftprinzip. Das Programm, das Menschen in Bewegung bringt. FPZ AG, Köln
- Denner A (1998) Analyse und Training der wirbelsäulenstabilisierenden Muskulatur. Springer, Heidelberg
- Flicke T (2009) Sport u. Fitness. Sportfachlich beraten und betreuen. Cornelsen, Berlin
- Freiwald J (2006) Stretching für alle Sportarten. Rowohlt, Reinbek
- Friedmann B (2007) Neuere Entwicklungen im Krafttraining. Muskuläre Anpassungsreaktionen bei verschiedenen Krafttrainingsmethoden. *Dtsch Z Sportmed* 58, Nr. 1, S. 12–18
- Fröhlich M, Schmidtbleicher D (2008) Trainingshäufigkeit im Krafttraining – ein metaanalytischer Zugang. *Dtsch Z Sportmed* 59(2) 4–12
- Grosser M et al. (2008) Das neue Konditionstraining. Sportwissenschaftliche Grundlagen. Leistungssteuerung und Trainingsmethoden, Übungen und Trainingsprogramme. BLV, München
- Güllich A, Schmidtbleicher D (1999) Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. *Dtsch Z Sportmed* 7+8: 223–234
- Heinichen MG (2005) Insulin-like Growth Factor-1, Mechano Growth Factor und Myosin Schwereketten Transformation beim Krafttraining. Dissertation. Medizinische Fakultät der Universität Ulm
- Hirtz P (1985) Koordinative Fähigkeiten im Schulsport. Volk und Wissen, Berlin
- Hollmann W, Hettinger T (2000) Sportmedizin. Grundlagen für Arbeit, Training und Präventivmedizin. Schattauer, Stuttgart
- Hollmann W, Strüder HK (2009) Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. Schattauer, Stuttgart
- Humburg H (2013) Funktionelles Training. Vorzüge und Einsatzmöglichkeiten. *Medicalsports network* 07, S. 14–16, Succidia, Darmstadt
- Klee A (2007) Zur Wirkung des Dehnungstrainings als Verletzungsprophylaxe. In: Freiwald A. et al. (Hrsg.) Prävention und Rehabilitation. 7. Gemeinsames Symposium der dvs-Sektionen Biomechanik, Sportmotorik und Trainingswissenschaft, S. 337–346
- Knebel KP (1987) Funktionsgymnastik. Rowohlt, Reinbek
- Liu Y et al. (2007) Satellitenzellenaktivierung beim Krafttraining. *Dtsch Z Sportmed* 58 (1) 6–11
- Marin PJ, Rhea MR (2010) Effects of vibration training on muscle power: a meta-analysis. *J Strength Cond Res* 24(3) 871–878
- Meinel K, Schnabel G (2004) Bewegungslehre – Sportmotorik. Südwest, München
- Mießner W (2004) Muskeltrainingsbuch. BLV, München
- Moosburger KA (2012) Was ist dran am Dehnen? Fakten und Mythen. Innsbruck. Online abrufbar unter: <http://www.dr-moosburger.at/pub/pub046.pdf> (Zugriff am 26.02.2014)
- Müller T (2012) Gleichgewichtstraining. Öfter mal auf einem Bein stehen – das verhindert Stürze. Online abrufbar unter: <http://www.springermedizin.de/oefter-mal-auf-einem-bein-stehen-das-verhindert-stuerze/3186250.html> (Zugriff am 26.02.2014)
- Müller DG, Schleip R (2012) Faszien-Fitness, Teil 2. Faszienorientiertes Training für Sport, Gymnastik und Bewegungstherapie. *GymNess* 02: 10–15
- Pauls J (2011) Das große Buch vom Krafttraining. Copress, München
- Pette D (1999) Das adaptive Potential des Skelettmuskels. *Dtsch Z Sportmed* 50: 262–271
- Roth K (2003) Wie verbessert man koordinative Fähigkeiten? In: Bielefelder Sportpädagogen (Hrsg.) Methoden im Sportunterricht. Hofmann, Schorndorf. S. 85–102
- Ruiz JR et al. (2008) Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ* 337; doi: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.a439> (Zugriff am 26.02.2014)
- Schleip R, Müller D (2013a) Faszinierende Faszien. *medicalsports network* 05, S. 26–28, Succidia, Darmstadt
- Schleip R, Müller D (2013b) Faszientraining. *medicalsports network* 06, S. 20–23, Succidia, Darmstadt
- Schleip R, Klinger W (2007). Fascial strain hardening correlates with matrix hydration changes. In: Findles TW, Schleip R (Hrsg.) Fascia research – basic science and implications to conventional and complementary health care. Elsevier, München. S. 51
- Schmidtbleicher D (1980) Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit. Limpert, Bad Homburg
- Seidel EJ (2013) Muskelkater. DOMS – Muskelschmerz nach exzentrischer Belastung. *medicalsports network* 01, S. 20–23, Succidia, Darmstadt
- Sölveborn SA (1983) Das Buch vom Stretching. Mosaik, München
- Spornitz U (2010) Anatomie und Physiologie 16. Auflage. Springer, Berlin Heidelberg
- Steinacker JM et al. (2002) Strukturanpassungen des Skelettmuskels auf Training. *Dtsch Z Sportmed* 53(12) 354–360
- Tegtbür U et al. (2009) Körperliches Training und zelluläre Anpassung des Muskels. *Unfallchirurg* 4: 262–271
- Thews T et al. (2007): Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart
- Visser D et al. (2010) Effect of long-term whole body vibration training on visceral adipose tissue: a preliminary report. *Obes Facts* 3: 93–100
- Voelcker-Rehage C et al. (2009) Fitness fürs Gehirn. Im Alter schneller und genauer denken. *Jacobs University Bremen, Ü-Magazin* 6: 9–18
- Vogelmann T (2013) Elektromyographische Muskelstimulation/ Muskelaktivierung (EMS/EMA) im Leistungs- und Breitensport. Trainingseffekte im Vergleich zu konventionellem Training. Diplomica, Hamburg
- Weineck J (2010a) Sportbiologie. Spitta, Balingen
- Weineck J (2010b) Optimales Training. Spitta, Balingen
- Wiemann K, Klee A (2002) Die Bedeutung von Dehnungsübungen für die Aufwärmphase. *Leistungssport* 30(4) 5–9
- Wirth K, Schmidtbleicher D (2007) Ein- oder Mehrsatztraining. *medicalsports network* 03, S. 22–24, Succidia, Darmstadt
- Wonisch M (2013) Krafttraining bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen. *medicalsports network*, 1.13, S. 52–55, Succidia, Darmstadt
- O. A. 2014 <http://www.ims.uni-stuttgart.de/phonetik/joerg/sgtutorial/motorik.html> (Zugriff am 26.02.2014)

Körpermanagement am Beispiel eines chronischen Rückenschmerzpatienten

Bernd Gimbel

■ Kundeninformationen

Männlich, Jahrgang 1949, 193 cm, 102 kg.

Aus dem Anamnesebogen

- Beruf: Lehrer im Ruhestand
- Tägliches Radfahren
- Ärztliche Diagnose: Koxarthrose links, multiple Bandscheibenvorfälle
- Regelmäßige Rückenschmerzen im BWS-/LWS-Bereich
- Unregelmäßige Schmerzen im HWS-Bereich

Historie der Wirbelsäulenproblematik

- August 1983: Schmerzen im Bein und muskuläre Ausfallserscheinungen des Fußhebers, diagnostizierter Bandscheibenvorfall L5/S1 und Auffälligkeiten L4/L5, Operation, geringe postoperative Problematik
- September 1983: Krankengymnastik, Besserung der postoperativen Problematik, aber Fußheber bleibt schwach
- März 1989: Klinikaufenthalt mit Anwendungen zur Stabilisierung der Wirbelsäule, weitere Besserung der Gesamtproblematik, aber ohne Auswirkungen auf Fußheber
- Juni 1995: erneute Beschwerden, CT und MRT, Massenprolaps L4/L5 u. a.
- Juli 1995: medikamentöse Behandlung, Massenprolaps resorbiert
- April 2011: vermehrt Rückenschmerzen nach Radfahren
- Mai 2011: MRT, Massenprolaps L2/L3 u. a., nach nervennaher Infiltration innerhalb von 8 Tagen praktisch schmerzfrei
- Ab Mai 2011: Krankengymnastik
- Juli 2011: 2. Infiltration nahezu ohne Wirkung
- August 2011: nach 3. Infiltration wieder nahezu schmerzfrei
- August bis Oktober 2011: Krankengymnastik, »Hüft-nerv« verursacht leichtes Kribbeln im Oberschenkel, alte Schmerzsymptome beginnen zurückzukehren, Besserung bei Massage und Bewegung
- Dezember 2011: medizinische Empfehlung für Krankengymnastik am Gerät (FPZ-Konzept) und Bewegungstherapie für Hüftgelenk

Ziele

- Schmerzreduktion, Erhöhung der Lebensqualität
- Verbesserung der Kraft, Beweglichkeit und Koordination
- Gewichtsreduktion auf unter 90 kg

Eingangsdiagnostik

- BMFA der Wirbelsäule (► Abschn. 7.1.1)
- Stufentest auf dem Fahrradergometer mit Laktatdiagnostik
- Körperanalyse (BIA)

Da hier die Wirbelsäulenproblematik des Kunden im Mittelpunkt steht, wird auf die Darstellung der Körperanalyse und Laktatdiagnostik verzichtet.

■ BMFA der Wirbelsäule

Die Eingangsanalyse vom 05.12.2011 (■ Abb. 9.1) ergibt bei der Mobilität der Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule bei allen Messungen überdurchschnittliche Werte (Hypermobilität). Deshalb besteht für eine Verbesserung der Beweglichkeit *kein* Trainingsbedarf.

Deutliche Unterschiede sind bei der isometrischen Maximalkraft zu erkennen. Alle Messergebnisse der Halsmuskeln liegen im unteren Referenzbereich bzw. im erheblich defizitären Bereich. Insbesondere die **seitlichen Halsmuskeln** (–31/–26%) bedürfen einer beidseitigen Kräftigung (P1). Auch die Extensoren der HWS sind mit –14% Abweichung vom Mittelwert im unteren Referenzbereich und müssen gekräftigt werden (P2).

Im Rumpf besteht eine erhebliche Dysbalance zwischen Bauch- und Rückenmuskulatur (■ Abb. 9.1, ■ Tab. 9.1): Während die Rückenmuskeln im oberen Referenzbereich (+11%) angesiedelt sind, ist die **Bauchmuskulatur** erheblich defizitär ausgebildet (–34%).

➤ Wichtig

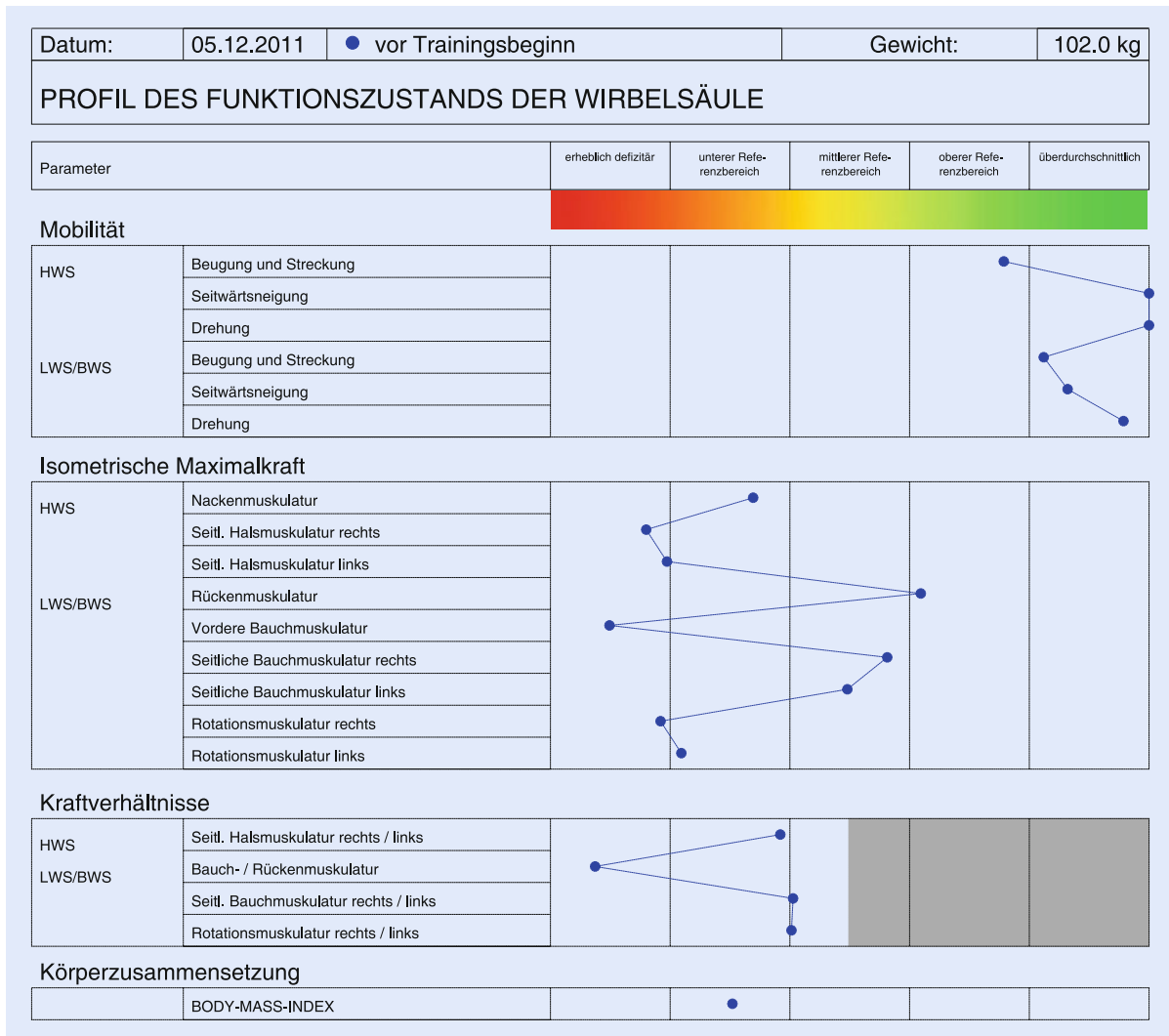
Aus dem disharmonischen Kraftverhältnis leitet sich mit höchster Priorität (P1) ein Training der Bauchmuskulatur ab.

Sowohl die Lateralflexoren der HWS als auch die **Rotatoren der BWS/LWS** besitzen ein beidseitig ausgeglichenes, aber defizitäres Kraftverhältnis (HWS Lateralflexoren: –31%/–26%; LWS/BWS Rotatoren: –28%/–25%), sodass sie unbedingt gekräftigt werden müssen (P1). Die Werte für die Lateralflexoren liegen dagegen im mittleren Referenzbereich, sodass sich daraus zunächst kein zwingender Trainingsbedarf ergibt (P3).

■ Trainingsplanung und -steuerung

Die teilweise erheblichen Defizite, das Beschwerdebild und die langjährige Krankengeschichte des Kunden erfordern die Durchführung eines A24-Programms mit zwei Trainingseinheiten pro Woche. Die Trainingsinhalte ergeben sich aus der Prioritätenliste der Eingangsdiagnostik (■ Tab. 9.1). Demnach liegen die Schwerpunkte des Trainings auf:

- Kräftigung HWS-Lateralflexoren beidseitig
- Kräftigung HWS-Extensoren



■ Abb. 9.1 BMFA vor Trainingsbeginn

- Kräftigung Abdominalmuskulatur
- Kräftigung BWS-/LWS-Rotatoren

■ ■ Trainingsprogramm A24

Die Belastungsstruktur der 24 Einheiten ist ■ Tab. 9.2 zu entnehmen.

Da im Verlauf eines Trainings bis zu drei Personen gleichzeitig von einem qualifizierten Trainer betreut werden, sind aus organisatorischen Gründen jeweils 2 min Trainingsdauer pro Übung eingeplant, die mit steigender Intensität der Gewichtsbelastung in Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit des Kunden geringer ausfällt.

Der Kunde trainierte die **Lateralflexoren und Rotatoren der BWS/LWS**. Obwohl die Lateralflexoren mit ihrem Kraftniveau im Referenzbereich liegen, wurden sie ins Training einbezogen, da ein großer Anteil der Bauchmus-

kulatur daran beteiligt ist und der Kunde hier unter einem erheblichen Defizit leidet. Die extrem starken Extensoren wurden nur jede 2. Einheit mobilisiert bzw. im Kraftausdauerbereich mittrainiert. Im **HWS-Bereich** wurden die Extensoren und Lateralflexoren in den Trainingsprozess einbezogen.

Das Ziel einer kontinuierlichen Intensitätssteigerung bei jeder Trainingseinheit konnte in einigen Fällen (BWS/LWS: Flexoren TE 7–9 und 14–16, Rotatoren TE 5–7 und 14–17; HWS: TE 6–8) aufgrund der körperlichen Verfassung des Kunden nicht eingehalten werden.

Das Aufbauprogramm endete mit der 1. Folgeanalyse (■ Abb. 9.2). Zwischenzeitlich gab es noch einige Kontrollmessungen (hier nicht dargestellt). Im Gespräch vor der Diagnostik am 17.04.2012 gab der Kunde an, dass die zuvor regelmäßigen Rückenbeschwerden nur noch unregel-

Tab. 9.1 Prioritätenliste für das Training nach der Eingangsanalyse

Name					
Datum	05.12.2011 (vor Trainingsbeginn)				
Gewicht	102,0 kg				
		Abweichungen (%)			
Priorität		P1	P2	P3	P4
Mobilität					
HWS	Sagittal				15
	Frontal				46
	Transversal				44
LWS/BWS	Sagittal				20
	Frontal				23
	Transversal				33
Kraft					
HWS	Extensoren		-14		
	Flexoren				
	Lateralflexoren rechts	-31			
	Lateralflexoren links	-26			
	Rotatoren rechts				
	Rotatoren links				
LWS/BWS	Extensoren				11
	Flexoren	-34			
	Lateralflexoren rechts			6	
	Lateralflexoren links			8	
	Rotatoren rechts	-28			
	Rotatoren links	-25			

mäßig auftraten und im HWS-Bereich sogar Beschwerdefreiheit vorlag (vorher unregelmäßige Beschwerden).

Die subjektive Verbesserung des Zustands lässt sich objektiv über die Messwerte nachweisen (Abb. 9.2). Die überdurchschnittliche Mobilität in nahezu allen Bereichen ging vermutlich durch den starken Kraftzuwachs und eine verbesserte muskuläre Sicherung der gesamten Wirbelsäule zurück (Ausnahme: HWS-Beugung und -Streckung sowie BWS-/LWS-Rotation). Alle Messwerte der Kraft verbesserten sich unterschiedlich stark und zum Teil erheblich. Mit Ausnahme der Bauchmuskulatur (P3) besitzen nun alle Muskeln ein überdurchschnittliches Kraftpotenzial (P4) (Tab. 9.3).

In der HWS besteht nach wie vor eine Dysbalance bei den Lateralflexoren, allerdings auf höherem Kraftniveau

als vor dem Training. Ebenso konnte das Verhältnis zwischen Bauch- und Rückenmuskulatur nicht ausgeglichen, aber auf ein höheres Kraftpotenzial angehoben werden.

■ Weiterführende Prävention

Um die Ergebnisse auf diesem Niveau zu stabilisieren und die noch bestehenden Dysbalancen abzubauen, entschied sich der Kunde nach entsprechender Beratung für ein 1-jähriges weiterführendes Präventionsprogramm mit einer Trainingseinheit pro Woche. In 13 Monaten absolvierte der Kunde 32 Trainingseinheiten (Unterbrechungen wegen Urlaub und aus gesundheitlichen Gründen).

Der Schwerpunkt des Trainings lag auf der Stabilisierung des derzeitigen Kraftniveaus und dem Ausgleich der noch bestehenden Dysbalancen. Danach kam es am 07.05.2013 zu einer erneuten Diagnostik. Das Ergebnis dieser 2. Folgeanalyse im Anschluss an das weiterführende Präventionsprogramm ist Abb. 9.3 zu entnehmen.

Mittlerweile hat sich die Kraftkurve harmonisch entwickelt. Alle Messwerte liegen ausnahmslos im oberen Referenzbereich bzw. sind überdurchschnittlich ausgeprägt (P4). Die zuvor bestehenden Dysbalancen der seitlichen Halsmuskulatur (+33/+41%) und zwischen Rücken- und Bauchmuskulatur (+31/+20%) sind nahezu ausgeglichen (Tab. 9.4). Außerdem hat sich das Beschwerdebild weiter erheblich verbessert. Zur Erhaltung des Zustands wurde eine Fortführung des Trainings mit einer Trainingseinheit alle 10 Tage empfohlen und vom Kunden akzeptiert.

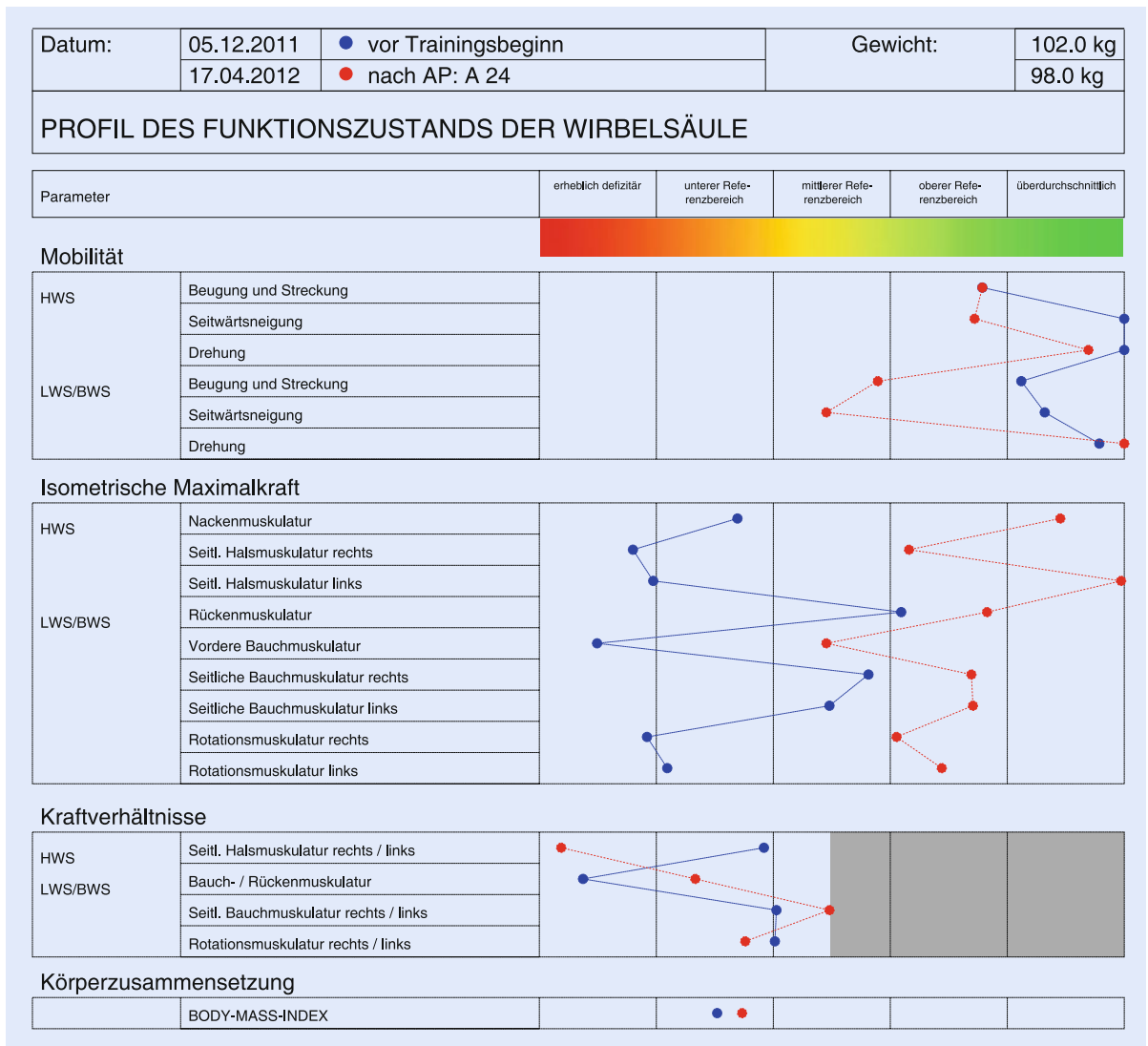
Zusammenfassung

Wegen der exponierten gesellschaftlichen Bedeutung des Themas Rückenschmerz wird die Gestaltung eines 13-monatigen Trainingsprozesses am Beispiel eines Patienten mit chronischem Rückenschmerz detailliert beschrieben. Ausgehend von der Anamnese mit detaillierter Historie seiner Wirbelsäulenproblematik und Zielformulierung werden die Ergebnisse der biomechanischen Funktionsanalyse dargestellt. Aus den Ergebnissen der Eingangsanalyse ergeben sich erhebliche Kraftdefizite, die im Verlauf eines 24 Einheiten umfassenden Trainingsplans erfolgreich verbessert werden, wie die Folgeanalyse zeigt. Nach weiteren 24 Trainingseinheiten gelingt es im Rahmen der weiterführenden Prävention, die Kraftdefizite auszugleichen, das Kraftniveau harmonisch zu entwickeln und das Beschwerdebild erheblich zu verbessern. Die Dokumentation stellt anschaulich die Beziehung zwischen Diagnostik und Training in ihrer zeitlichen Folge dar.

Tab. 9.2 Belastungsstruktur der Trainingseinheiten während des Aufbauprogramms A24

Trainingseinheit (TE)				BWS/LWS								HWS											
				Extension		Flexion		Lateralflexion				Rotation				Extension				Lateralflexion			
				Gew. (kg)	Zeit		Gew. (kg)	Zeit	Gew. (kg)	re	li		Gew.*(kg)	re	li		Gew.*(kg)	Zeit	Zeit	Gew.*(kg)	re	li	Zeit
TE	vom			Gew. (kg)	Zeit	Gew. (kg)	Zeit	Gew. (kg)	re	li	Zeit	Gew. (kg)	re	li	Zeit	Gew. (kg)	re	li	Zeit	Gew. (kg)	re	li	Zeit
1	07.12.11			30		32,5		30				30				6				6			
2	12.12.11					35		32,5				32,5				7				7			
3	15.12.11			30		37,5		40				37,5				7,5				7,5			
4	20.12.11					40		45				42,5				8				8			
5	23.12.11			30		42,5		47,5				47,5				9,5				8,5			
6	27.12.11					45		50				47,5				10				9			
7	30.12.11			30		47,5		50				47,5				10				9			
8	05.01.12					47,5		52,5				50				10				9,5			
9	09.01.12			35		47,5		57,5				55				11				10			
10	12.01.12					50		62,5				60				12				11,5			
11	16.01.12			35		52,5		67,5				65				13				12,5			
12	19.01.12					55		72,5				70				13,5				13			
13	30.01.12			40		57,5		75				75				14				14			
14	02.02.12					60		75				77,5				14,5				14,5			
15	06.02.12			45		60		75				77,5				15				15			
16	09.02.12					60		77,5				77,5				15				15			
17	13.02.12			45		62,5		77,5				77,5				15,5				15,5			
18	16.02.12					62,5		80				80				15,5				15,5			
19	20.02.12			45		65		80				80				16				16			
20	23.02.12					65		82,5				82,5				16				16,5			
21	27.02.12			50		67,5		85				85				16,5				17			
22	05.03.12					70		87,5				87,5				17				17,5			
23	12.03.12			50		67,5		90				90				17,5				18			
24	19.03.12					67,5		90				90				17,5				18			

* Notierte Werte bei HWS entsprechen der ZentimeterEinstellung eines Schieberreglers am FPZ-Messgerät; je höher der Wert, desto größer die Gewichtsbelastung.



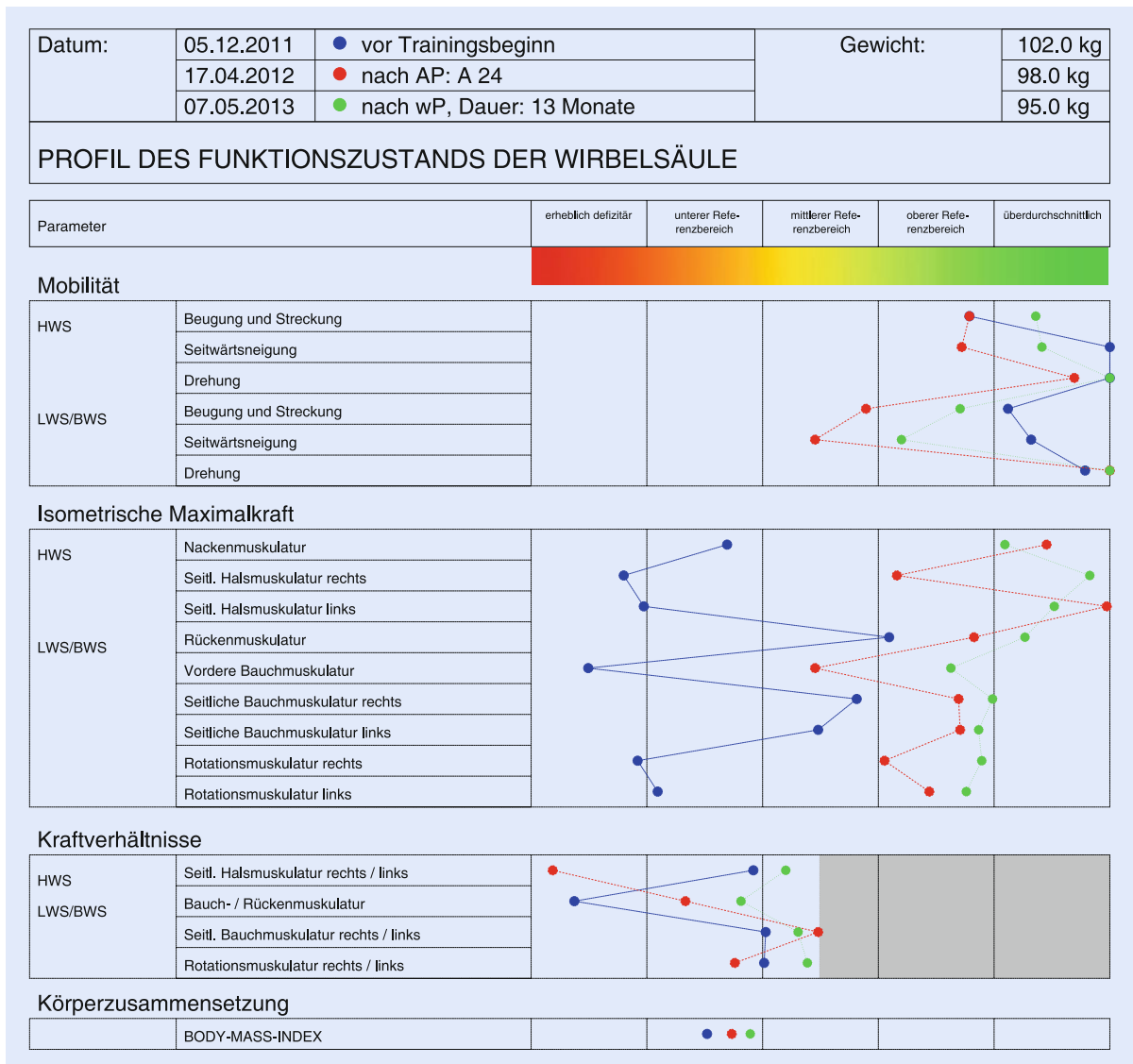
■ Abb. 9.2 BMFA-Folgeanalyse nach dem Aufbauprogramm A24

Tab. 9.3 Prioritätenliste für das Training nach Durchführung des Aufbauprogramms (AP) A24

Name					
Datum	17.04.2012 (nach AP A24)				
Gewicht	98,0 kg				
		Abweichungen (%)			
Priorität		P1	P2	P3	P4
Mobilität					
HWS	Sagittal				15
	Frontal				22
	Transversal				26
LWS/BWS	Sagittal			5	
	Frontal			0	
	Transversal				39
Kraft					
HWS	Extensoren				35
	Flexoren				
	Lateralflexoren rechts				12
	Lateralflexoren links				46
	Rotatoren rechts				
	Rotatoren links				
LWS/BWS	Extensoren				25
	Flexoren			-1	
	Lateralflexoren rechts				22
	Lateralflexoren links				21
	Rotatoren rechts				10
	Rotatoren links				17

Tab. 9.4 Prioritätenliste für das Training nach der 13-monatigen weiterführenden Prävention (WP)

Name					
Datum	07.05.2013 (nach WP Dauer: 13 Monate)				
Gewicht	95,0 kg				
		Abweichungen (%)			
Priorität		P1	P2	P3	P4
Mobilität					
HWS	Sagittal				22
	Frontal				33
	Transversal				34
LWS/BWS	Sagittal			10	
	Frontal			6	
	Transversal				39
Kraft					
HWS	Extensoren				29
	Flexoren				
	Lateralflexoren rechts				33
	Lateralflexoren links				41
	Rotatoren rechts				
	Rotatoren links				
LWS/BWS	Extensoren				31
	Flexoren				20
	Lateralflexoren rechts				31
	Lateralflexoren links				21
	Rotatoren rechts				22
	Rotatoren links				26



■ **Abb. 9.3** BMFA-Folgeanalyse nach 13-monatiger weiterführender Prävention

Sauerstoff und Nährstoffe – Energie für leistungsfähige Organe

Kapitel 10 **Muskularbeit erfordert Sauerstoff und Energie** – 147
Bernd Gimbel

Kapitel 11 **Diagnostische Verfahren
der Ausdauerleistungsfähigkeit** – 169
Bernd Gimbel

Kapitel 12 **Planung und Steuerung des Ausdauertrainings** – 193
Bernd Gimbel

Kapitel 13 **Körpermanagement an praktischen Beispielen** – 201
Bernd Gimbel

Muskelarbeit erfordert Sauerstoff und Energie

Bernd Gimbel

**10.1 Grundbegriffe und Basisparameter
der Stoffwechselphysiologie – 148**

10.2 Kraftwerk Muskulatur – 155

**10.3 Pyruvat – Laktat: Schnittstelle
der Energiebereitstellung – 162**

Literatur – 167

10.1 Grundbegriffe und Basisparameter der Stoffwechselphysiologie

Damit die Muskulatur ihre Aufgaben erfüllen kann, benötigt sie Energie. Deshalb verstoffwechselt sie die über die Nahrung aufgenommenen energiereichen Kohlenhydrate und Fette (**Energiestoffwechsel**). Eiweiße oder Proteine sind als Energieträger mehr für den **Baustoffwechsel** zur Bildung von Muskulatur, Enzymen und Hormonen etc. zuständig und werden nur in Ausnahmesituationen (Hungerbedingungen wie »Nulldiät«, extrem langen Ausdauerbelastungen wie beim Marathonlauf) zur Energiegewinnung herangezogen.

➤ Wichtig

Stoffwechselprozesse benötigen Sauerstoff. Sauerstoffdepots stehen im Körper nicht zur Verfügung.

Im Unterschied zu den Energieträgern, die in Körperdepots (Fettgewebe, Muskulatur, Leber) gespeichert werden können, muss Sauerstoff ständig über die Atmung nachgeliefert werden. Je mehr Sauerstoff in der Lunge aufgenommen, im Blutgefäßsystem zu den Muskelzellen transportiert und dort in Energie umgesetzt werden kann, desto besser sind die Voraussetzungen zur Erbringung von Ausdauerleistungen.

Bei der Energiebereitstellung verbraucht der Organismus in den Körperzellen Sauerstoff und erzeugt Kohlendioxid (Gewebeatmung). Die Atemgase müssen in der Lunge ausgetauscht werden (Lungenatmung), um die Energieproduktion »am Laufen zu halten«.

Die **Einatmung** stellt einen aktiven Vorgang dar, bei dem das Zwerchfell und die Atemhilfsmuskeln sich kontrahieren. Die Kontraktion der Zwischenrippenmuskulatur hebt den Brustkorb (Brustatmung). Gleichzeitig zieht sich das Zwerchfell zusammen und verlagert sich in Richtung Bauchhöhle (Zwerchfellatmung). Als Folge davon vergrößert sich der Innenraum des Brustkorbs (Einatmungsstellung). Der entstandene Unterdruck saugt die Atemluft in die Lunge.

Die **Ausatmung** erfolgt passiv, indem die nunmehr gedehnte Lunge infolge ihrer Elastizität wieder in den Ausgangszustand zurückstrebt.

■ Parameter der Leistungsfähigkeit

Bei einem Atemzug in Ruhe gelangen ca. 500 ml (7 ml/kg Körpergewicht [KG]) Atemluft in die Lunge bzw. aus der Lunge nach außen. Da der Erwachsene in der Minute je nach Alter, Geschlecht, Umgebungstemperatur und körperlicher Verfassung ca. 12–20 Mal atmet, ergibt sich aus dem Produkt von Atemzugvolumen und -frequenz ein **Atemminutenvolumen** von 6–10 l in unbelastetem Zustand. Dieses entspricht also der pro Minute ein- und wieder ausgeatmeten Luftmenge.

Bei Anstrengung lassen sich zusätzliche Einatmungs- und Ausatemreserven von ca. 3000 ml und 1200 ml mobilisieren. Darüber hinaus verbleibt ein Restvolumen an Luft von ca. 1500 ml in der Lunge, das selbst bei tiefster Ausatmung nicht entweichen kann (■ Abb. 10.1). Das Atemminutenvolumen lässt sich bei Belastung über die Erhöhung der Atemfrequenz und des Atemzugvolumens für einen längeren Zeitraum auf ca. 50–60 l/min anheben. Dabei ist der Steigerung des Atemzugvolumens Vorrang zu geben: Zum einen verbessert sich dadurch das Verhältnis von eingeatmeter Frischluft und verbrauchter Luft in der Lunge, zum anderen gelangt das venöse Körperblut wegen des entstehenden Unterdrucks im Brustraum besser in die rechte Herzvorkammer zurück.

Eine Aussage über den Funktionszustand des Atmungssystems liefert die **Vitalkapazität** (VC; ■ Abb. 10.1).

➤ Wichtig

Die Vitalkapazität ist die Luftmenge, die nach tiefer Einatmung maximal ausgeatmet werden kann. Sie umfasst die Parameter Atemzugvolumen, Einatmungs- und Ausatemreservolumen sowie indirekt den Trainingszustand der Atemmuskulatur. Der Referenzwert der Vitalkapazität beträgt 3500–5000 ml.

Die Vitalkapazität ist trainierbar. Allerdings ist die mögliche Verbesserung um 15–30% relativ gering.

Mithilfe eines Nomogramms (■ Abb. 10.2) lassen sich die Durchschnittswerte in Abhängigkeit von Alter, Größe und Geschlecht ermitteln. Beim Verbinden der Achsenwerte für Alter und Körpergröße mit einer Geraden ergibt sich im Schnittpunkt mit der mittleren Skala die Vitalkapazität in Litern [VC (l)]. Eine 28-jährige Frau mit einer Körpergröße von 160 cm hat z. B. 3,45 l Vitalkapazität (■ Abb. 10.2, links).

Parameter der Atmung

- Atemfrequenz = Anzahl der Atemzüge pro Zeit
- Atem(zug)volumen = Luftmenge, die bei einem Atemzug durch Ein- und Ausatmung bewegt wird
- Atemminutenvolumen = Produkt aus Atemzugvolumen und -frequenz
- Vitalkapazität = Lungenvolumen, das nach tiefer Einatmung maximal ausgeatmet werden kann
- Ausatemreservolumen (expiratorisches Reservolumen) = Luftmenge, die nach normaler Ausatmung durch aktive Ausatmung mobilisiert werden kann
- Einatemreservolumen (inspiratorisches Reservolumen) = Luftmenge, die nach normaler Einatmung durch aktive Einatmung mobilisiert werden kann

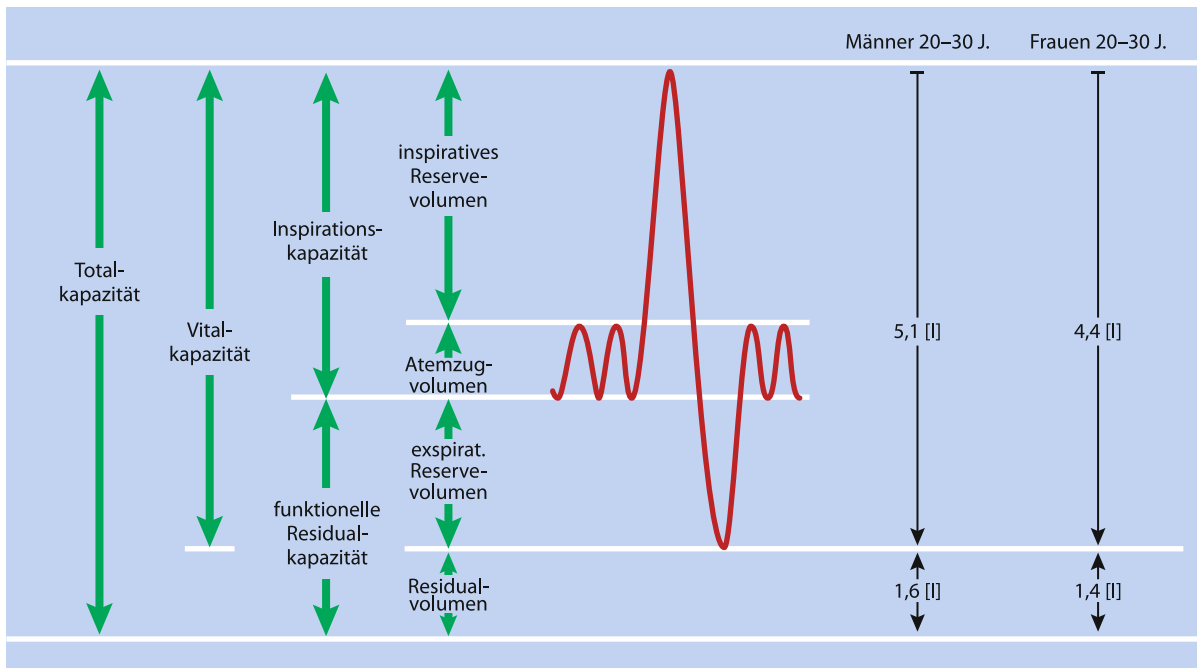


Abb. 10.1 Verschiedene Parameter der Vitalkapazität

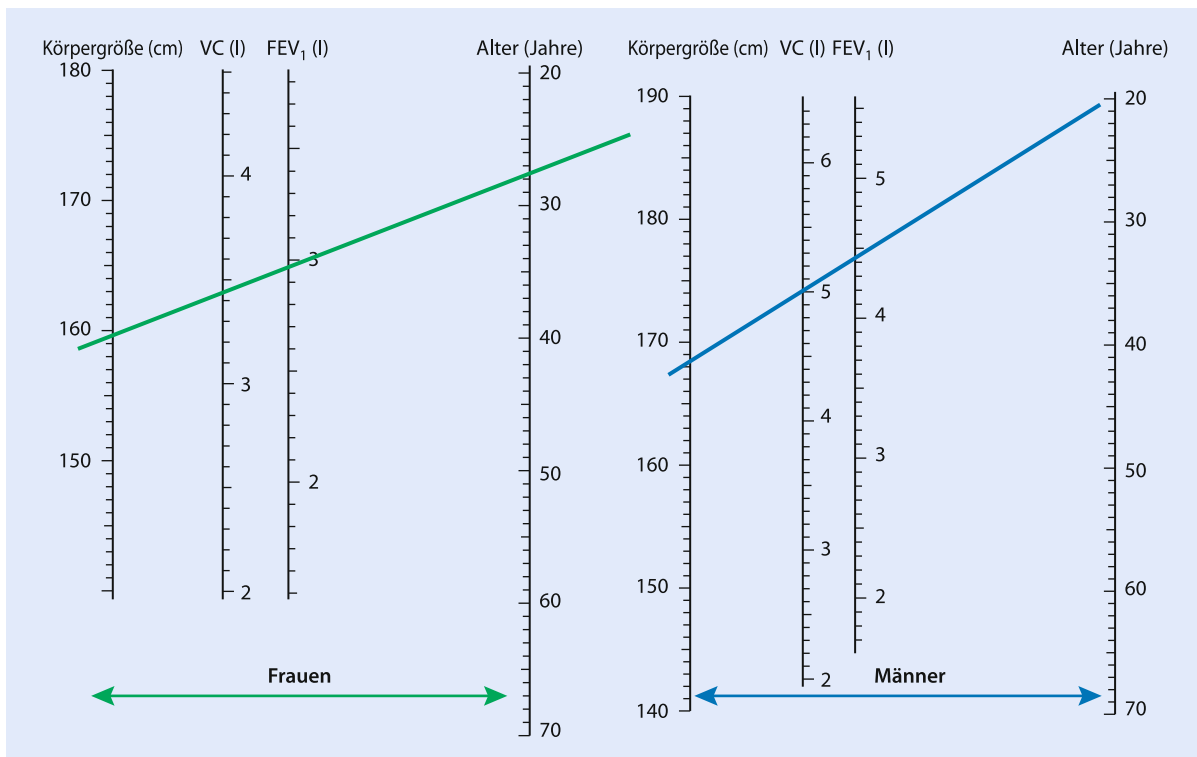
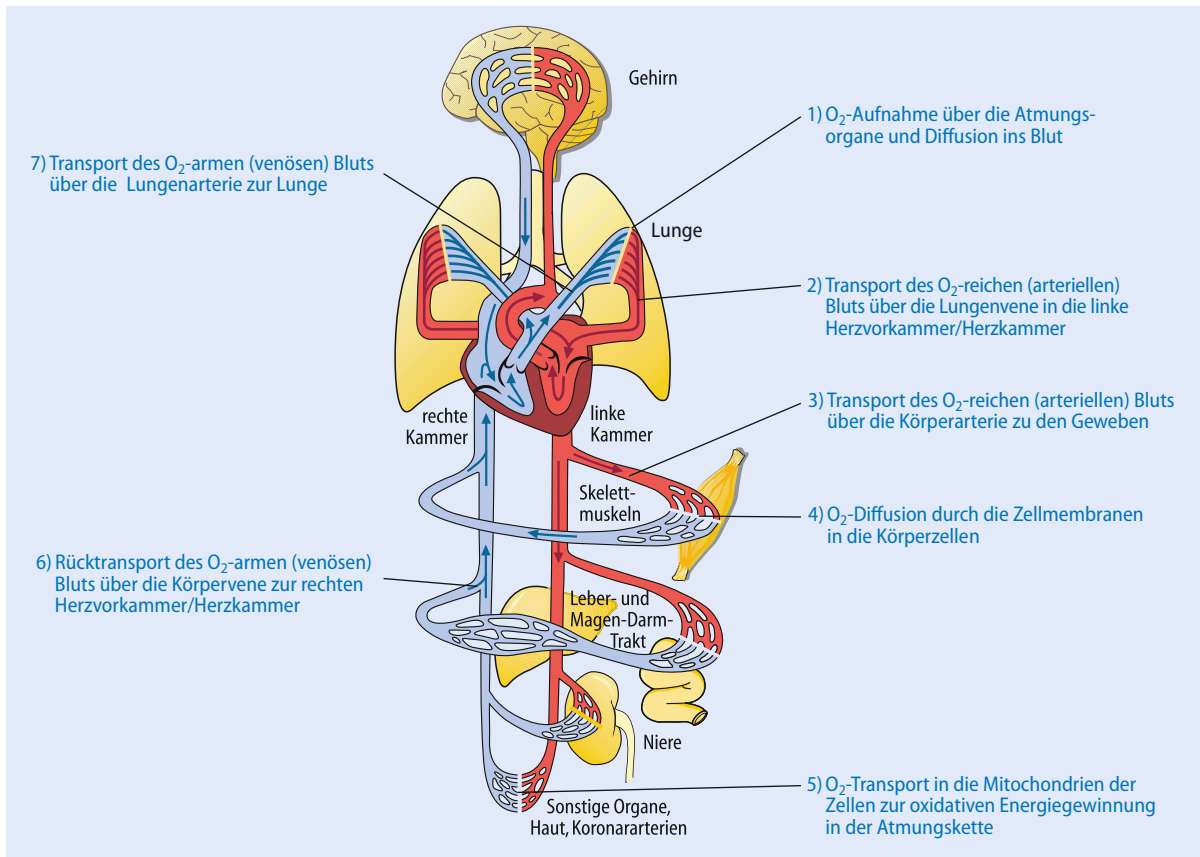


Abb. 10.2 Nomografische Bestimmung der Vitalkapazität (VC=Vitalkapazität; FEV=Forciertes expiratorisches Volumen in einer Sekunde (Ein-Sekundenkapazität))



■ **Abb. 10.3** Der Weg des Sauerstoffs im Organismus (Mod. nach Birbaumer u. Schmidt 2006)

Für den Sauerstofftransport im Blut ist der rote Blutfarbstoff, das Hämoglobin, verantwortlich. Er ist zu etwa 32% am Aufbau der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) beteiligt. Ihre Konzentration im Blut ist demzufolge die entscheidende Größe für die Sauerstoff-Transportkapazität. In der gesamten Blutmenge von normalerweise ca. 5–6 l sind etwa 25 Billionen Erythrozyten enthalten, die auf einer Oberfläche von etwa 3500 m² (halbes Fußballfeld) die Sauerstoffbindung ermöglichen.

■ Der Blutkreislauf – ein geschlossenes Röhrensystem

Der Blutkreislauf stellt ein geschlossenes Röhrensystem dar, in dem das Blut lebenslang zirkuliert:

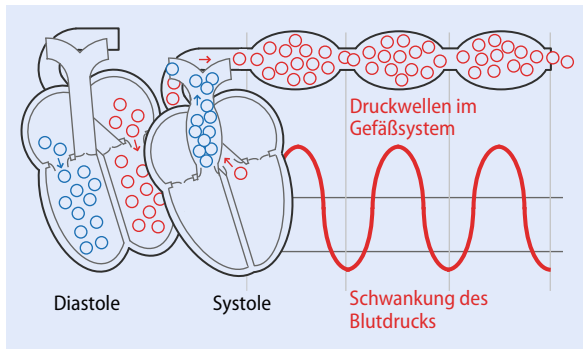
Aus der Lunge fließt das mit Sauerstoff beladene (arterielle) Blut über die Lungenvene in die linke Herzvorkammer und von dort in die linke Herzkammer (■ Abb. 10.3). Bei Kontraktion des Herzmuskels wird es aus der linken Herzkammer über die größte Körperarterie, die Aorta, ausgestoßen und gelangt über die sich immer mehr in Arteriolen und Kapillaren verästelnden Arterien zu den Körperzellen.

Dort kommt es aufgrund unterschiedlicher Konzentrationsverhältnisse (Partialdrücke) der Atemgase in Muskelzellen und Kapillaren zum **Gasaustausch**: Sauerstoff wird aus den Kapillaren in die Muskelzelle aufgenommen, CO₂ wird in entgegengesetzter Richtung aus der Muskelzelle in die Kapillaren abgegeben.

Das sauerstoffarme (venöse) Blut fließt nun aus den Kapillaren in Venolen zusammen, die sich zu Körpervenen vereinigen und in die rechte Herzvorkammer münden. Von dort aus gelangt das venöse Blut in die rechte Herzkammer und bei Kontraktion des Herzmuskels über die Lungenarterie in die Lunge, wo es erneut aufgrund der unterschiedlichen Konzentrationsverhältnisse (Partialdrücke) mit Sauerstoff beladen wird.

■ Das Herz im Zentrum des Kreislaufs

Im Mittelpunkt des Blutgefäßsystems steht das Herz. Es ist ein Hohlmuskel, der wie eine Druck-Saug-Pumpe arbeitet. Eine Scheidewand trennt die linke und rechte Herzhälfte. Beide Hälften sind nochmals in Vor- und Hauptkammer unterteilt. Das gesamte Kreislaufsystem stellt zwei ineinandergreifende Blutkreisläufe dar:



■ **Abb. 10.4** Systole und Diastole des Herzmuskels und Auswirkung auf den Blutdruck in den Gefäßen. (© Dr. Jutta Karl, mit freundl. Genehmigung)

- Der kleine **Lungenkreislauf** umfasst die Gefäße von der rechten Herzkammer zur Lunge und zur linken Herzvorkammer zurück.
- Der große **Körperkreislauf** führt das Blut von der linken Herzkammer durch die verschiedenen Körpergewebe wieder zurück zur rechten Herzvorkammer.

In den Körperkreislauf integriert ist das **Pfortadersystem**. Eine von Magen, Darm, Milz und Bauchspeicheldrüse abführende Vene sorgt dafür, dass das Blut zunächst zur Leber geleitet wird. Dort wird es von den im Magen-Darm-Trakt mit den Nährstoffen aufgenommenen Giftstoffen befreit. Die Nährstoffe werden zu den Zielorganen weitergeleitet, um sie dort zu verarbeiten oder zu speichern.

Die Sauerstoffversorgung des Herzens selbst ist über die **Herzkranzgefäße** gesichert. Sie führen dem Herzen ständig sauerstoffreiches Blut zu.

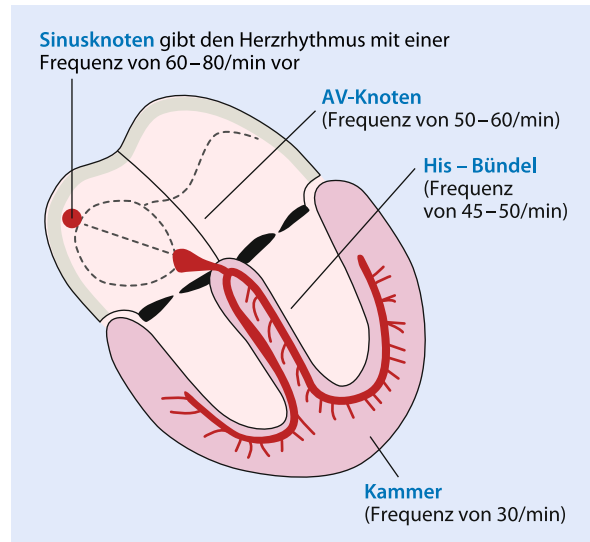
➤ Wichtig

Alle Gefäße, die vom Herzen wegführen, werden als Arterien bezeichnet, alle, die zum Herzen hinführen, als Venen. Da sauerstoffreiches auch als arterielles Blut und sauerstoffarmes als venöses Blut bezeichnet wird, führen im Lungenkreislauf die Lungenarterien venöses und die Lungenvenen arterielles Blut.

■ Herztätigkeit als autonomer Rhythmus

Beim Herzrhythmus wechseln sich zwei Phasen kontinuierlich ab (■ Abb. 10.4):

- Während der **Systole** kontrahieren die Hauptkammern und das Blut wird aus dem Herzen in den Körper und die Lunge getrieben.
- In der **Diastole** erschlafft das Herz, der Blutstrom füllt die Vorkammern und durch deren Kontraktion wird erneut Blut in die Herzkammern gepumpt.



■ **Abb. 10.5** Autonome Erregungsleitung bei der Kontraktion des Herzmuskels

Die Herztätigkeit unterliegt einem autonomen Automatismus. Der **Sinusknoten** im rechten Vorhof ist der primäre elektrische Rhythmusgeber und sorgt dafür, dass sich der Herzmuskel 60–80 Mal in der Minute kontrahiert. Die elektrische Erregung breitet sich über die Vorhofmuskulatur aus und gelangt zunächst zum **AV-Knoten** (Atrioventrikularknoten), der sich zwischen den Vorhöfen (Atrium) und den Herzkammern (Ventrikeln) befindet. Von dort aus gelangt die elektrische Erregung über das **His-Purkinje-System** zu den Herzkammern (■ Abb. 10.5).

Die **elektrische Erregungsausbreitung** ist hierarchisch geordnet: Im Normalfall übernimmt der Sinusknoten die Regie. Fällt er aus, können die untergeordneten Zentren den Takt übernehmen, allerdings mit niedrigerer Frequenz. Durch diese autonome elektrische Erregungsleitung zieht sich das Herz lebenslang regelmäßig zusammen und pumpt Blut in den Körper.

Die elektrischen Erregungsvorgänge des Herzmuskels werden im **Elektrokardiogramm (EKG)** abgebildet (■ Abb. 10.6):

- Die **P-Welle** ist Ausdruck der Vorhoferregung und dauert normalerweise 0,06–0,11 s.
- Das **PR-Intervall** entspricht dem Beginn der Vorhoferregung und dem Anfang der Kammererregung. Normalerweise schwankt die Überleitungszeit frequenzabhängig zwischen 0,12–0,20 s.
- Ausdauertrainierte haben häufig eine **PQ-Verlängerung** von über 0,2 s, die sich aber unter Belastung normalisiert.
- Die gesamte **QT-Dauer** entspricht der Kammererregung.

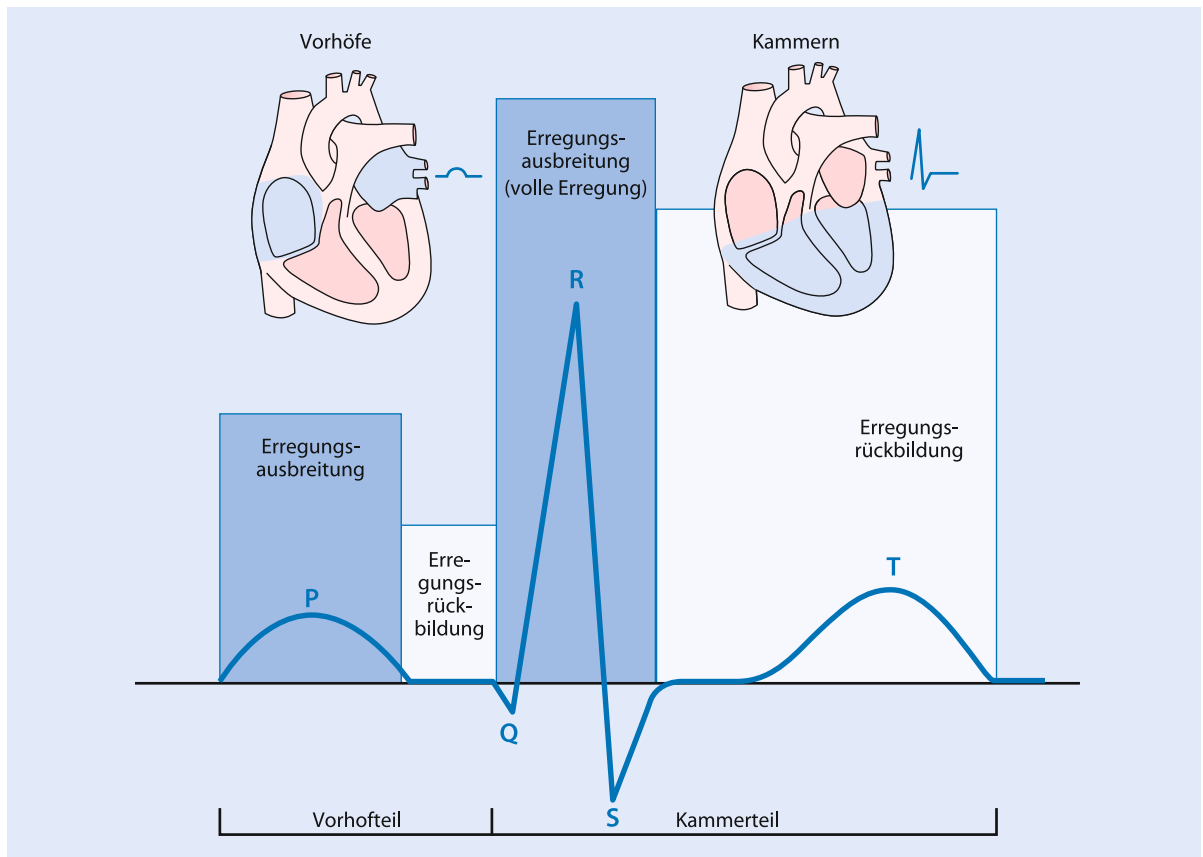


Abb. 10.6 Zusammenhang zwischen EKG-Kurve und Kontraktion des Herzmuskels

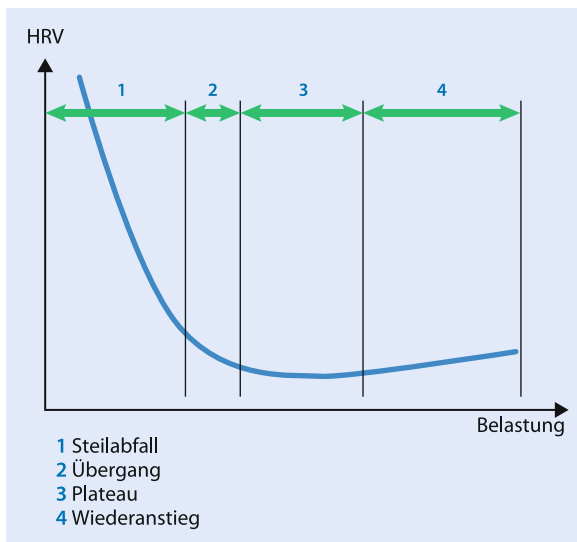


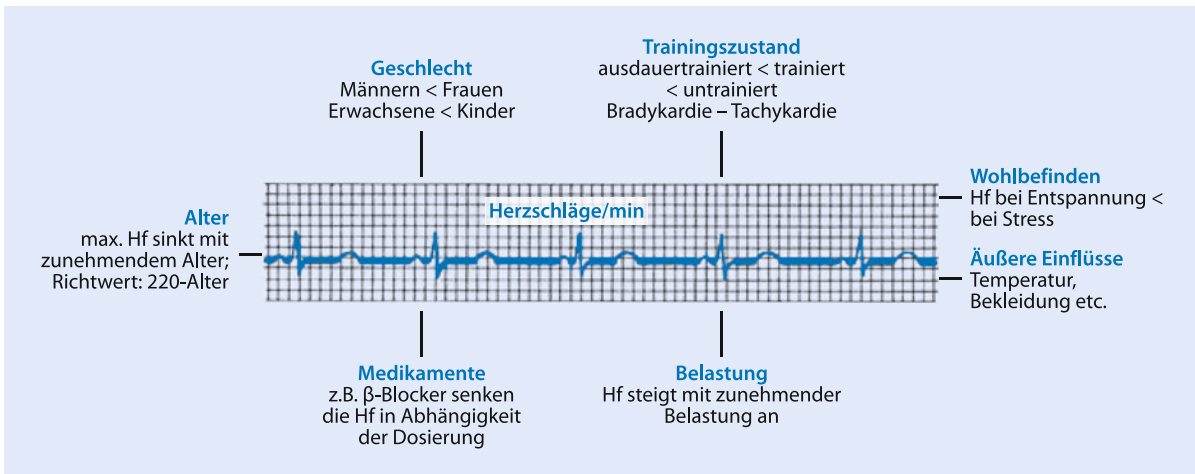
Abb. 10.7 Verlauf der Herzratenvariabilität (HRV) bei Steigerung der Belastung

- Der **QRS-Komplex** (Q-Zacke) dokumentiert die Kammeranfangsschwankung. Eine QRS-Dauer von mehr als 0,10 s ist pathologisch.
- Die **T-Welle** bildet die Repolarisierung oder Kammer-nachschwankung ab (Klinge 1997).

■ Herzratenvariabilität als Parameter guter Anpassung

Aus der rhythmischen Wiederholung der Herzmuskelkontraktion im EKG-Diagramm lässt sich anhand der wiederkehrenden R-Zacken die Herzfrequenz (HF) und ihre Variabilität bestimmen. Bei einer Herzfrequenz in Ruhe von 60 Schlägen pro Minute erfolgt jeder Herzschlag nicht exakt nach einer Sekunde, sondern variiert bei gesunden Menschen als Folge normaler Anpassungsreaktionen im Millisekundenbereich (**Herzratenvariabilität, HRV**).

Physiologische Grundlage der HRV ist das Zusammenspiel von Sympathikus und Parasympathikus innerhalb des vegetativen Nervensystems (► Abschn. 3.3.2.1). Für die Gesundheit ist eine Balance zwischen beiden regulatorischen Systemen vorteilhaft. Während bei physischer und/oder psychischer Belastung die Herzfrequenz unter Einfluss des Sympathikus steigt, sinkt sie bei Entspannung



■ Abb. 10.8 Einflussfaktoren auf die Herzfrequenz

unter Einfluss des Parasympathikus (■ Abb. 10.7; Hottenrott 2002, S. 32 ff):

- Die HRV erreicht **im Ruhezustand** unter Einfluss des Parasympathikus ihr Maximum, d. h., die zeitlichen Abstände der aufeinanderfolgenden R-Zacken variieren stark. Unter Einfluss des Sympathikus nimmt die Variation ab.
- Bei Belastung** sinkt diese Variabilität zunächst überproportional zum Anstieg der Herzfrequenz und strebt unter Sympathikuseinfluss ab einer Intensität von ca. 50% der maximalen Sauerstoffaufnahme und 65% der maximalen Herzfrequenz gegen Null. Es kommt vorübergehend zu einer Plateaubildung, die bei weiterer Erhöhung der Intensität wieder leicht ansteigt.

➤ **Wichtig**
Herzfrequenz und HRV geben Auskunft über die Anpassungsfähigkeit des Organismus an äußere und innere Reize.

Diverse Geräte messen die HRV. Am bekanntesten sind Polar-Uhren, die über die HRV eine »OwnZone« für aerobes Ausdauertraining auf der Basis des aktuellen physischen und psychischen Zustandes einer Person berechnen. Auch beim Entspannungstraining über Biofeedback-Methoden kommt die HRV-Messung zum Einsatz.

■ Herzfrequenz als einfacher Messparameter

Die Herzfrequenz ist ein einfach zu messender Parameter. Er variiert je nach Lebensalter, Körpertemperatur, körperlicher und seelischer Belastung, Trainingszustand, Koffeengenuss, Medikamenteneinnahme (Betablocker etc.) (■ Abb. 10.8). Unter Einfluss des Sympathikus (z. B. unter Stress) wird die gesamte Tätigkeit des Herz-Kreislauf-Systems angeregt und die Herzfrequenz steigt. Maximal kann

sie auf ca. 220 Schläge/Min (226 Schläge/Min bei Frauen) minus Lebensalter ansteigen (Richtwert; ► Abschn. 5.1.2). Der Parasympathikus wirkt dagegen auf das Herz-Kreislauf-System beruhigend (z. B. beim Einsatz von Entspannungstechniken).

Beim Erwachsenen liegt die Herzfrequenz in Ruhe normalerweise bei 60–80 Schlägen in der Minute (Ruhepulsmessung). Ihre Messung liefert morgens vor dem Aufstehen wegen fehlender Vorbelastungen die genauesten Ergebnisse. Im späteren Tagesverlauf lässt sie sich nach 5-minütiger körperlicher Ruhe im Sitzen oder Liegen (z. B. als Vorbelastungspuls vor einer Diagnostik) messen.

■ Herzgröße und -gewicht

Die Größe des Herzens ist abhängig vom Alter, Geschlecht und Trainingszustand. Sie lässt sich mithilfe von Röntgendiagnostik und Echokardiografie bestimmen. Bei Männern beträgt die normale Herzgröße 10–12 (z. T. bis 13) ml/kg KG, bei Frauen bei 9–11 (z. T. bis 12) ml/kg KG. 20 ml/kg KG gilt als oberer Grenzwert, der normalerweise nicht überschritten wird.

➤ **Wichtig**
Das kritische Herzgewicht beträgt im Mittel 500 g (7,5 g/kg KG).

Das früher in der Literatur besonders bei Ausdauerathleten als überdimensioniertes Sportherz bezeichnete Phänomen kommt seltener vor als angenommen. Auch bei gesunden Sportlern sollten ein enddiastolischer Durchmesser der linken Herzkammer von 60 mm und Kammerwanddicken von 13 mm nicht überschritten werden. Andernfalls sind differenzialdiagnostische Untersuchungen zu veranlassen (Kindermann 2000).

■ Herzminutenvolumen als Ausdruck von Leistungsfähigkeit

Das **Schlagvolumen** (SV) ist die Menge Blut, die bei der Kontraktion des Herzmuskels aus der linken Kammer ausgestoßen wird.

➤ Wichtig

Das Produkt aus Schlagvolumen und Herzfrequenz ergibt das Herzminutenvolumen (HMV), die Blutmenge, die das Herz pro Minute zu fördern vermag.

In Ruhe stößt das Herz bei jedem Schlag ca. 60–90 ml Blut aus. Bei einem Bedarf von ca. 5 l Blut in Ruhe zur Aufrechterhaltung der Lebensfunktionen bedeutet dies, dass die Ruhefrequenz von Menschen normalerweise bei ca. 70 Schläge/min liegt.

Der Trainierte – im Speziellen der Ausdauertrainierte – kann mit weniger Schlägen pro Minute seinen Ruhebedarf decken, da mit Erweiterung seiner Herzkammern das Herzvolumen ansteigt, sodass bei einem Herzschlag mehr Blut ausgeschüttet werden kann. Darüber hinaus führt die trainingsbedingte Vagotonie (größerer Einfluss des Parasympathikus im Ruhezustand) und die bessere Sauerstoffausnutzung in der Peripherie zu einer Senkung der Herzfrequenz in Ruhe: Das Herz eines Untrainierten, das z. B. 25 Schläge pro Minute mehr leisten muss als das eines Trainierten, schlägt an einen Tag bereits 36.000-mal mehr. Dies ergibt einen Mehraufwand von 13.140.000 Schlägen pro Jahr.

Wenn unter Belastung Untrainierte ca. 100 ml, Trainierte dagegen ca. 200 ml Blut und mehr pro Herzschlag auszustoßen, wird deutlich, dass bei gleichen Belastungs-herzfrequenzen **trainierte Personen** etwa doppelt so viel Blut bewegen und somit Sauerstoff zu den Muskelzellen transportieren können wie Untrainierte.

■ $VO_{2\max}$ – Bruttokriterium der Ausdauerfähigkeit

Als Beurteilungskriterium für die Ausdauerleistungsfähigkeit gilt die **maximale Sauerstoffaufnahmekapazität** ($VO_{2\max}$) (Hollmann u. Strüder 2009, S. 297). Darunter ist die größte Menge an Sauerstoff zu verstehen, die von einer Person bei Belastung in der Lunge aufgenommen, über das Blutgefäßsystem zur Muskelzelle transportiert und dort verstoffwechselt werden kann.

In Ruhe benötigt der menschliche Organismus pro Minute ca. 350 ml Sauerstoff. Für jede Belastung sind pro Watt (W) pro Minute weitere 12 ml O_2 erforderlich: Sauerstoffbedarf und Energieumsatz steigen also linear zur Belastungsintensität an. Daraus ergibt sich für die Erbringung einer Leistung folgender Bedarf:

$$VO_2 \text{ (ml/min)} = 350 + 12 \times W$$

Die $VO_{2\max}$ errechnet sich als Produkt aus Herzfrequenz (HF), Schlagvolumen (SV) und arteriovenöser Sauerstoff-

■ **Tab. 10.1** Arteriovenöse Sauerstoffdifferenz in Ruhe und bei Muskeltätigkeit (Hoffmann-La Roche 2003)

	O_2 (Vol.-%)	CO_2 (Vol.-%)
Arteriell Blut	20	48
Venöses Mischblut		
In Ruhe	14	53
Bei starker Muskeltätigkeit	7	60
Arteriovenöse Differenz		
In Ruhe	+6	–5
Bei starker Muskeltätigkeit	+13	–12

differenz ($avDO_2$). Da das Herzminutenvolumen das Produkt aus HF und SV ist, ergibt sich zur Berechnung der $VO_{2\max}$ die Formel:

$$VO_{2\max} = HMV \times avDO_2$$

Die **arteriovenöse Sauerstoffdifferenz $avDO_2$** ist die Differenz des Sauerstoffgehalts zwischen arteriellem und venösem Blut. Sie gibt einen Hinweis auf die periphere Sauerstoffausschöpfung. Im Ruhezustand des Organismus liegt sie bei ca. 6 Vol.-% und kann bei starker Muskelaktivität je nach Trainingszustand auf das Doppelte bis Dreifache ansteigen (■ Tab. 10.1).

Parameter des Herz-Kreislauf-Systems

- Herzfrequenz (HF) = Anzahl der Herzschläge pro Zeit
- Schlagvolumen (SV) = Menge an Blut, die bei einem Herzschlag aus der linken Herzkammer ausgeworfen wird
- Herzminutenvolumen (HMV) = Produkt aus HF und SV
- Herzfrequenz- (HFV) oder Herzratenvariabilität (HRV) = Variation der Abstände zwischen den einzelnen Herzschlägen (R-Zacken im EKG)
- Arteriovenöse Sauerstoffdifferenz ($avDO_2$) = Unterschied der Sauerstoffkonzentration zwischen arteriellem und venösem Blut
- Maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit ($VO_{2\max}$) = Produkt aus HMV und $avDO_2$
- Respiratorischer Quotient (RQ) = Verhältnis ausgeatmetes CO_2 zu eingeatmeten O_2

Je besser der Sauerstoff in den Muskelzellen verwertet und zur Energiegewinnung umgesetzt wird, desto mehr kann vom Blut wieder in der Lunge aufgenommen und zur

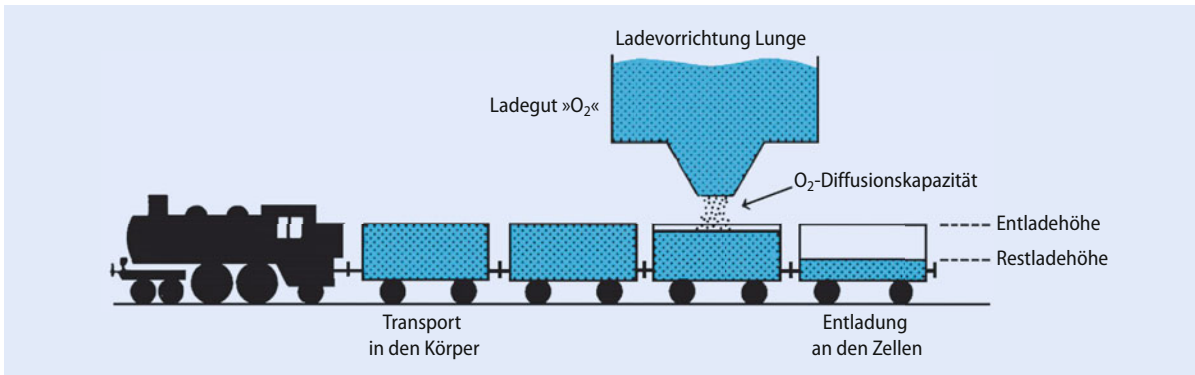


Abb. 10.9 Modell zur Erläuterung der maximalen O₂-Aufnahme: Waggongröße = Schlagvolumen (VS), Waggonzahl/Zeit = Herzfrequenz (HF), Endladehöhe = arterieller O₂-Gehalt, Restladehöhe = zentral-venöser O₂-Gehalt, Entladehöhe – Restladehöhe = arterio-venöse O₂-Differenz ΔDO_2 . (Aus de Marees 2002, mit freundl. Genehmigung)

Muskulatur nachgeliefert werden (Abb. 10.9). Eine gesunde, untrainierte Person hat ein $\text{VO}_{2\text{max}}$ von etwa 3 l/min und kann somit eine Leistung von ca. 220 W erbringen, während der trainierte Sportler mit einer Aufnahmekapazität von mindestens 6 l/min Sauerstoff in der Lage ist, ca. 470 W zu leisten.

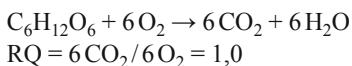
Da die Energielieferung über die Oxidation der Nährstoffe nur langsam anläuft, geht der Organismus in Abhängigkeit von der Belastungsintensität anfänglich ein »Sauerstoffdefizit« ein, um den Energiebedarf zu decken. In dieser Zeit liefern der Zerfall energiereicher Phosphatverbindungen (Adenosintri-phosphat, Kreatinphosphat) und der Abbau von Kohlenhydraten zu Laktat (dem Salz der Milchsäure) ohne Verwendung von Sauerstoff (über die Glykolyse, Abschn. 10.2) die notwendige Energie. Die Messung von Laktat ist deshalb ein wichtiger Parameter der Leistungsdiagnostik (Kap. 11).

Der **respiratorische Quotient (RQ)** ist ein Parameter des Stoffwechselgeschehens und beschreibt das Verhältnis von ausgeatmetem CO₂ zu eingeatmetem O₂.

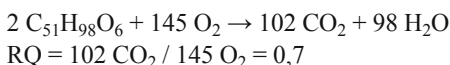
Wichtig

Bei Oxidation von Fettsäuren beträgt der RQ 0,7, bei Kohlenhydraten 1,0 und bei Eiweißen 0,8.

Beispiel reine Glukoseoxidation



Beispiel reine Fettsäureoxidation (Tripalmitin)



Die Beispiele dienen nur der Veranschaulichung, da in vivo niemals eine reine Glukose-, Fettsäure- oder Eiweißverbrennung, sondern stets ein Mischstoffwechsel mit unter-

schiedlichen Anteilen vorliegt. Die Berechnung des RQ ist Grundlage der Spiroergometrie (Abschn. 11.2) und ermöglicht es, momentane Stoffwechselzustände zu beschreiben sowie die absoluten und relativen Kohlenhydrat- und Fettsäureanteile in der belasteten Muskulatur zu ermitteln (Meyer 2003).

10.2 Kraftwerk Muskulatur

Das Kraftwerk menschlicher Bewegung ist die Muskulatur. Hier wird die notwendige Energie produziert. Die Mechanismen der Energiebereitstellung laufen in jeder Zelle gleich ab. Die Gehirnzellen bilden eine Besonderheit. Obwohl sie nur mit ca. 2% an der Körpermasse beteiligt sind, verbrauchen sie etwa ein Fünftel der Energiemenge des Organismus (O. A. 2014).

Bei Kontraktion der Muskelfasern gleiten Eiweiße ineinander (Gleitfilamenttheorie). Diese Aktivität beruht auf einer Wechselwirkung zwischen Aktin und Myosin (Abschn. 6.1.2). Die dafür aufzuwendende mechanische Energie muss biochemisch abgesichert werden (Abb. 10.10). Dies kann ausschließlich vorrätiges **Adenosintri-phosphat (ATP)** leisten, dessen Energie aber nur für wenige Kontraktionen ausreicht.

Sind die ATP-Reserven verbraucht, wird **Kreatinphosphat (KP)** – der Phosphatspeicher des Muskels – dephosphoryliert (eine Phosphatgruppe abgespalten) und die Phosphatgruppe auf Adenosindiphosphat (ADP) übertragen (Phosphorylierung), wodurch sich ATP regeneriert. Insgesamt sind so ca. 30 maximale Muskelkontraktionen oder ca. 10 s hochintensive Arbeit (z. B. bei einem Top-100-m-Läufer) möglich.

Für die Rückgewinnung der energiereichen Phosphate benötigt der Körper die Energie aus der biologischen Oxidation der Nährstoffe. Hiervon sind genügend vorhanden. Die Kohlenhydratspeicher in der Leber und in den Mus-

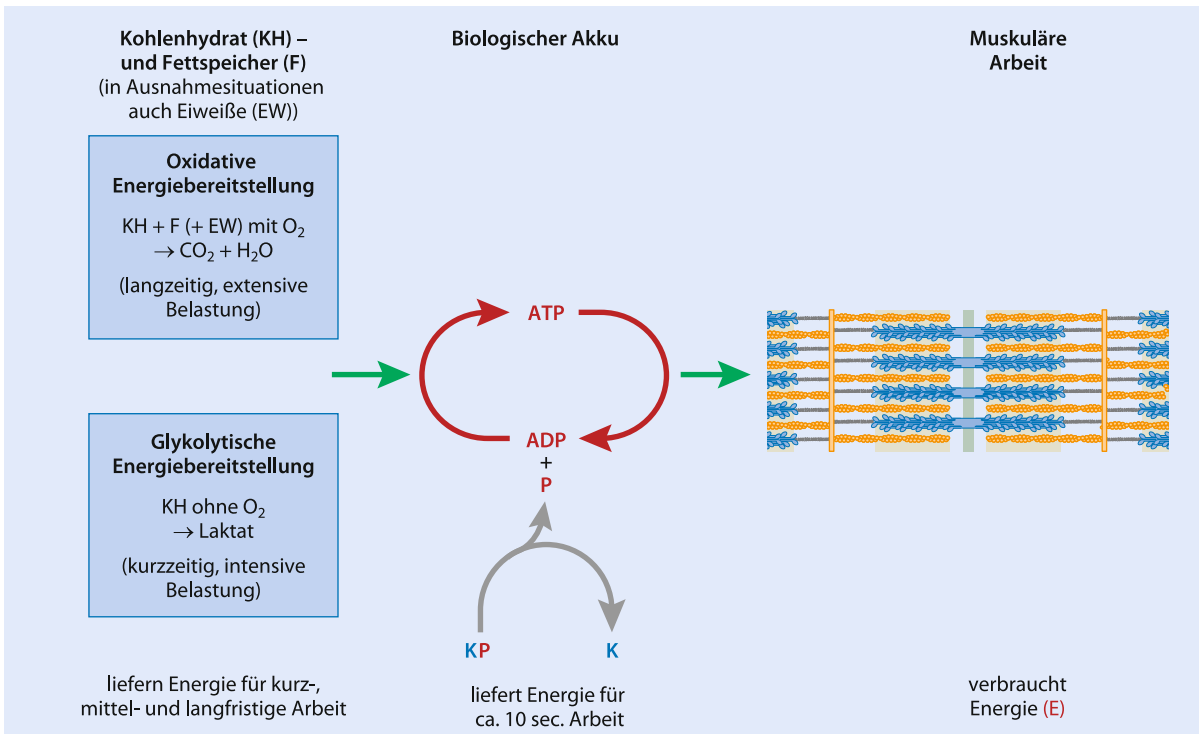


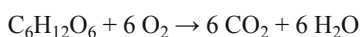
Abb. 10.10 Vereinfachte Darstellung der Energiebereitstellung

kelzellen – bei trainierten Sportlern bis zu 600 g bzw. 1 g pro kg Muskelmasse – reichen aus, um 60–90 min intensive Belastungen zu leisten. Die Fettreserven betragen bei durchtrainierten Sportlern sogar noch 10–15 kg, eine Energiemenge, die 15.000 min Wandern oder 4000 min Marathonlaufen ermöglicht. Viele »Wohlbstandsbürger« verfügen leicht über das Doppelte und mehr.

Wichtig
Der ATP-Akku lässt sich nicht nur über das Kreatinphosphat, sondern auch über die glykolytische und oxidative Energiebereitstellung wieder »aufladen«.

Beim Beschreiten des oxidativen Weges werden Kohlenhydrate und Fette mithilfe von Sauerstoff zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Über den glykolytischen Weg werden ausschließlich Kohlenhydrate zu Laktat verstoffwechselt. In allen Lebenssituationen beschreitet der Organismus stets beide Stoffwechselwege gleichzeitig. Intensität und Dauer der Belastung sowie der Trainingszustand der Person entscheiden über die Anteile an energiereichen Substraten, die an der Energieproduktion beteiligt sind.

Bei Betrachtung der Reaktionsgleichung als Summenformel sehen die Vorgänge relativ überschaubar und unkompliziert aus:



Wichtig
Traubenzucker (C₆H₁₂O₆), ein Molekül mit 6 C-Atomen (C6-Körper), wird mithilfe von Sauerstoff (6 O₂) zu 6 Kohlendioxidmolekülen (6 CO₂ = 6 × C1-Körper) und 6 Wassermolekülen (6 H₂O) chemisch abgebaut.

Da Kohlenstoff- und Wasserstoffatome der beiden Endprodukte CO₂ und H₂O ausschließlich aus dem Ausgangsprodukt Glukose stammen können, wird deutlich, dass Glukose bei diesem Vorgang chemisch abgebaut werden muss. Dahinter stehen komplizierte biochemische Reaktionen. Im Folgenden geht es nicht darum, jedes einzelne chemische Detail zu betrachten, sondern eher das Prinzip dieses Geschehens zu verstehen.

Glykolyse

Ausgangspunkt ist der Traubenzucker, die **Glukose**. Im 1. Schritt wird dieses Molekül aus 6 C-Atomen (C6-Körper) unter Verbrauch (!) von 2 ATP-Molekülen als Aktivierungsenergie in einen reaktionsbereiten Zustand versetzt. Vergleichbar ist dieser Vorgang mit dem Anzünden von Papier (Investition von Energie), um die Energie, die im Papier steckt, als Wärme nutzen zu können. Im weiteren Verlauf der Reaktion entsteht ein neuer C6-Körper, ein zweifach aus ATP mit einem Phosphatrest aktiviertes Molekül mit dem Namen Fruktose-1,6-diphosphat. Es ist energiereicher als das Ausgangsmolekül Glukose.

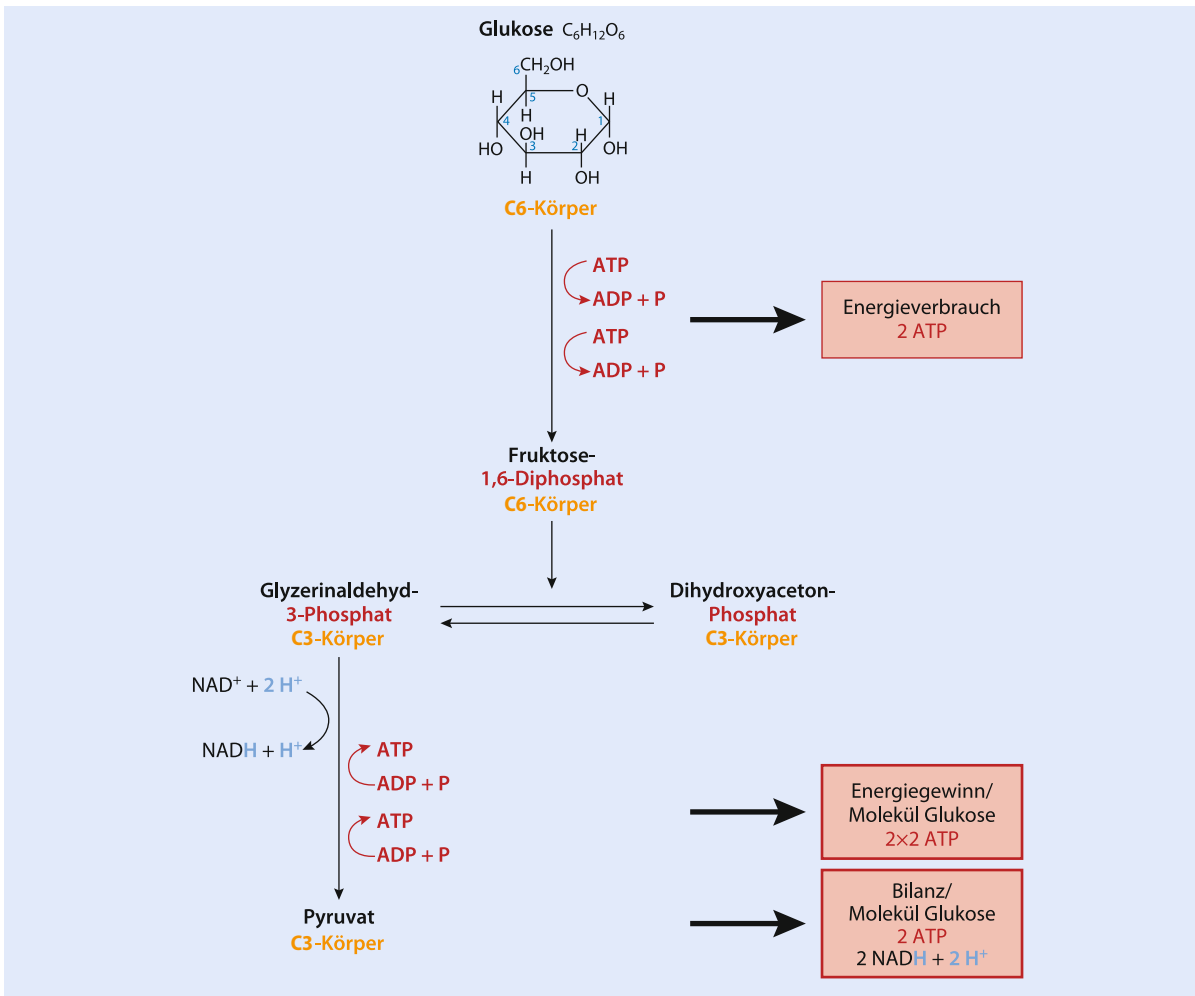


Abb. 10.11 Vereinfachte Darstellung der Glykolyse

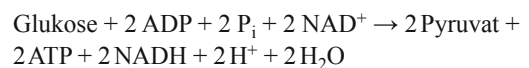
Im folgenden Reaktionsschritt zerfällt dieser C6-Körper in zwei jeweils einfach mit Phosphatresten aktivierte C3-Moleküle. Für den weiteren Verlauf der Glykolyse ist das Glyzerinaldehyd-3-phosphat von Bedeutung, das in einen anderen C3-Körper, das **Pyruvat** (Salz der Brenztraubensäure), umgebaut wird. Dabei wird Energie freigesetzt (exergonische Reaktion) und in Form von ATP gebunden. Pro C3-Körper entstehen 2 ATP-Moleküle (Abb. 10.11).

Auf dem Weg von der Glukose zum Pyruvat werden außerdem Wasserstoffionen und Elektronen frei. Das Coenzym $NAD^+/NADH + H^+$ (Nicotinamidadenindinukleotid) fungiert als sog. **Reduktionsäquivalent**, weil es nach Aufnahme von Wasserstoffionen und Elektronen (chemisch: Oxidation) diese bei späteren Reaktionen auf andere Partner übertragen kann (chemisch: Reduktion). Außerdem entstehen bei dem Vorgang 2 H_2O -Moleküle (in Abb. 10.11 aus Übersichtsgründen nicht dargestellt).

Wichtig

Bei der Glykolyse ergibt sich als Bilanz 2 ATP-Moleküle Energiegewinn. Außerdem werden entstehende Wasserstoffionen und Elektronen in Form von 2 $NADH + 2 H^+$ gebunden.

Bilanz der Glykolyse



Wichtig

Pyruvat ist die Schnittstelle zwischen oxidativer und glykolytischer Energiebereitstellung.

Bei anhaltend intensiven Belastungen werden Pyruvatmoleküle durch $NADH + H^+$ im Zellplasma zu Laktat reduziert (Abb. 10.12). Das dabei entstehende NAD^+ kann erneut Wasserstoffionen und Elektronen aus der Glykolyse aufnehmen.

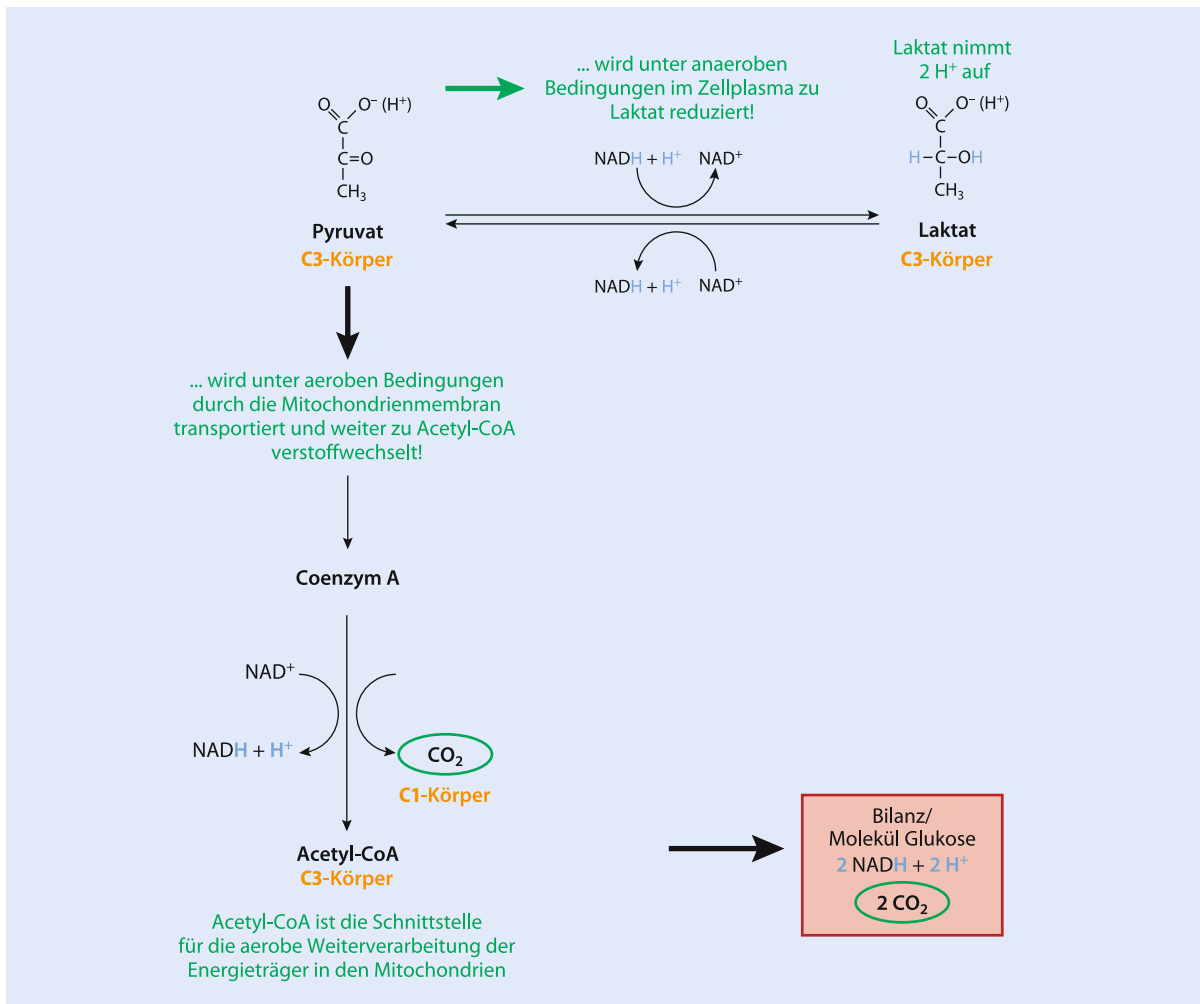


Abb. 10.12 Schnittstelle zwischen oxidativer und glykolytischer Energiebereitstellung (vereinfachte Darstellung)

Die Menge der Laktatproduktion hängt von der metabolischen Umsatzrate ab. Ist der Energiebedarf gering und langfristig zu decken, stellt sich alsbald ein dynamisches Gleichgewicht (steady state) zwischen dem Sauerstoffbedarf der Muskulatur und dem Nachschub über Lunge und Herz-Kreislauf-System ein. Ein Teil des Laktats wird zu Pyruvat oxidiert. Die Moleküle gelangen durch die Membran ins Innere der Mitochondrien. Dort entsteht im nächsten Reaktionsschritt **Acetyl-CoA**. NAD⁺ bindet wie bekannt die entstehenden Wasserstoffionen und Elektronen zu 2 weiteren NADH + H⁺ pro Molekül Glukose. Außerdem wird erstmals in der Reaktionsfolge Kohlendioxid (CO₂) frei. Aus dem C3-Körper Pyruvat entsteht so durch Abspaltung eines CO₂-Moleküls (C1-Körper) der C2-Körper Acetyl-CoA.

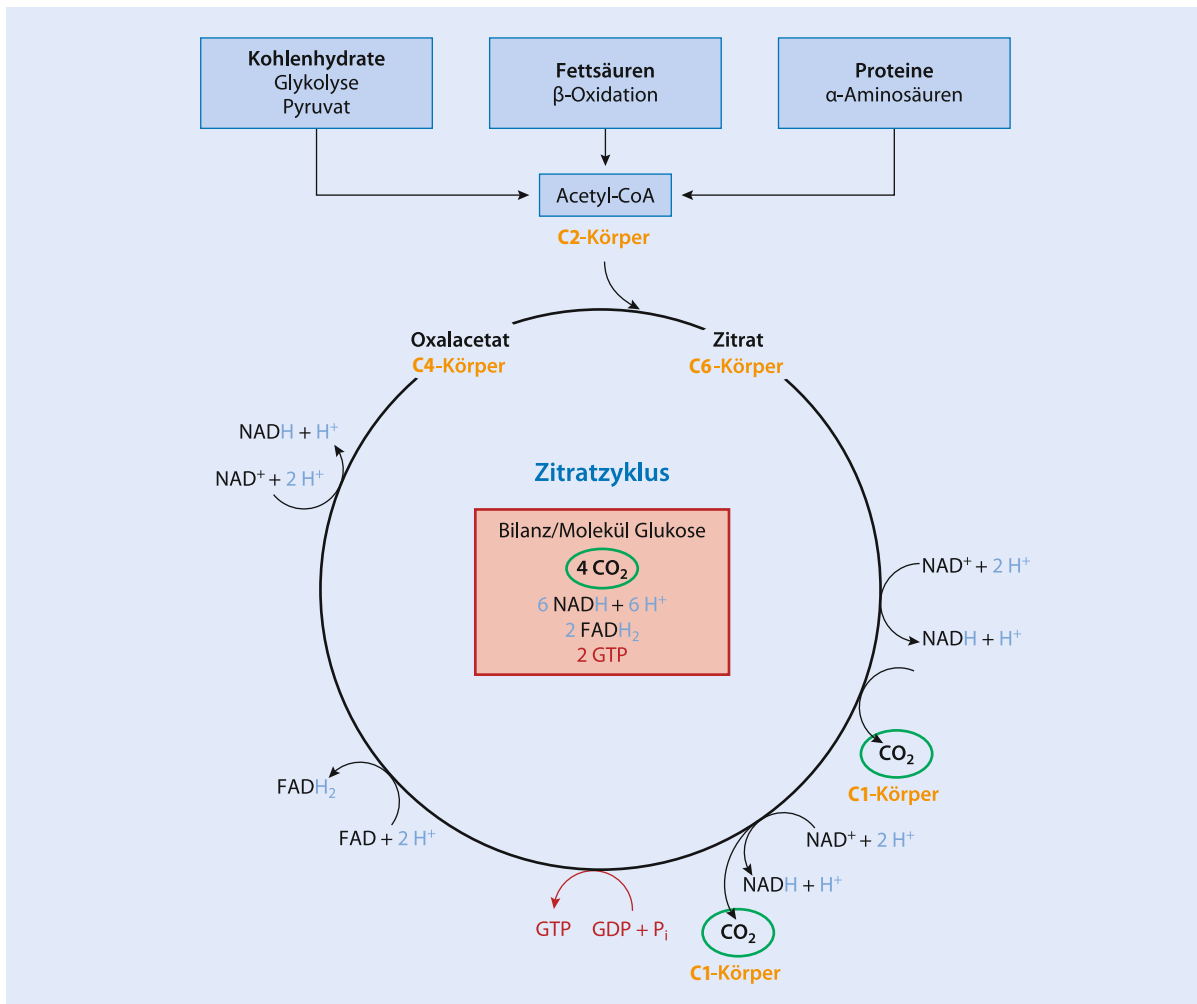
Das Substrat Acetyl-Coenzym A wird auch über den Abbau von Fettsäuren und ketogenen Aminosäuren in die oxidative Energiebereitstellung eingebracht. Die glukogenen Aminosäuren gelangen indirekt über das Zwischen-

produkt Pyruvat oder direkt in den Zitratzyklus. Da in den Mitochondrien (»Zellkraftwerken«) die Enzyme des oxidativen Stoffwechsels lokalisiert sind, finden dort alle weiteren Reaktionen statt.

Wichtig
Je länger die Belastung dauert, desto größer wird der Anteil der Fettsäureoxidation.

Von anfangs 20–30% deckt die Oxidation der Fettsäuren bei sehr lang dauernden körperlichen Belastungen später bis zu 50–70%, bei extremen Ausdauerbelastungen sogar bis zu 90% des Energiebedarfs.

Für Langzeitausdauerathleten wie Marathonläufern und Triathleten ist **Fettstoffwechseltraining** ein wichtiger Bestandteil zur Leistungsentwicklung. Auch Einsteiger trainieren in diesem Bereich, um ihren Körper an die Verstoffwechselung von Fettsäuren anstelle der leichter zugänglichen Kohlenhydraten zu gewöhnen.



■ Abb. 10.13 Vereinfachte Darstellung des Zitratzyklus

■ Zitratzyklus

Acetyl-CoA gelangt nun in den Zitratzyklus, indem es an das Akzeptormolekül **Oxalacetat** (C4-Körper) gebunden wird. Durch diese Anlagerung entsteht erneut ein C6-Molekül, das Zitrat (Salz der Zitronensäure), das dem Zyklus seinen Namen gibt. Um weitere Acetyl-CoA-Moleküle im Zitratzyklus verarbeiten zu können, muss sich das Akzeptormolekül innerhalb des Kreislaufs ständig regenerieren. Dies geschieht, indem an zwei Stellen ein CO₂-Molekül (C1-Körper) abgespalten und über die Atmung ausgeschieden wird. So entsteht erneut der C4-Körper und Acetyl-CoA-Akzeptor Oxalacetat (■ Abb. 10.13).

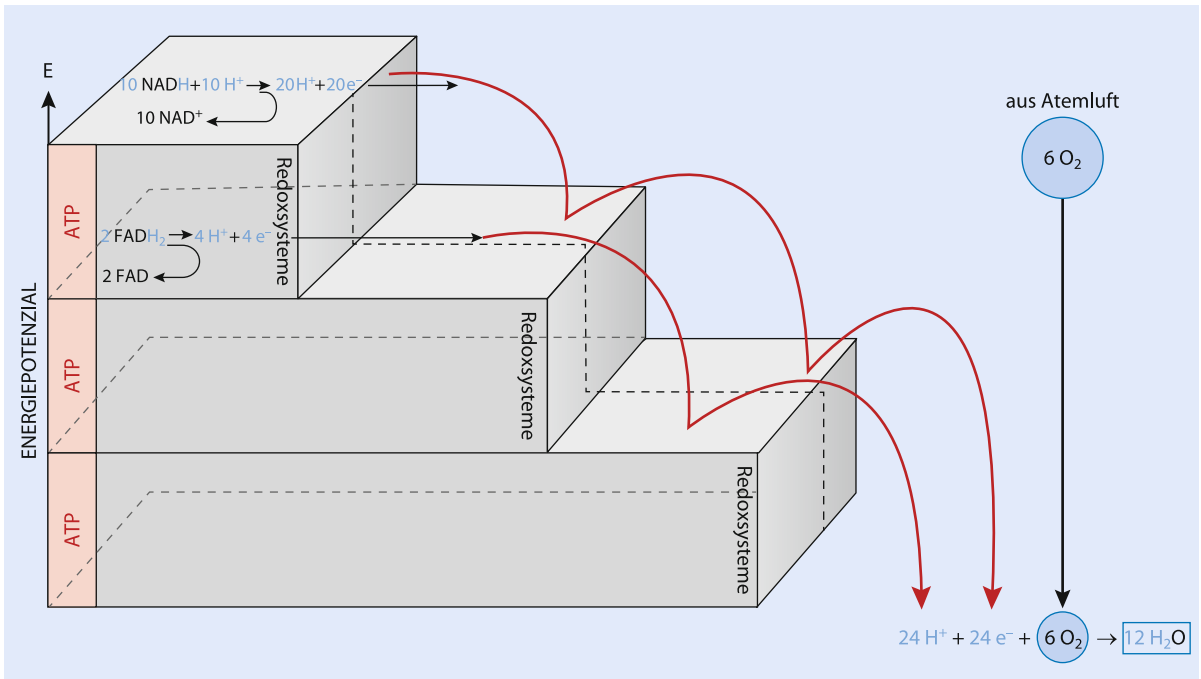
Während dieses zyklischen Prozesses werden an verschiedenen Stellen weitere Wasserstoffionen auf NAD⁺ und FAD⁺ übertragen. Außerdem wird Energie von dem ATP verwandten GTP (Guanosintriphosphat) aufgefangen.

Ergebnisse und Bilanz des Zitratzyklus pro Molekül Glukose

- Der Abbau des ehemaligen C6-Körpers Glukose wird durch Abspaltung von weiteren vier CO₂-Molekülen zu sechs C1-Körper vollendet.
- Die dabei entstehenden Wasserstoffionen und Elektronen werden in Form von Reduktionsäquivalenten (6 NADH + 6 H⁺, 2 FADH₂) aufgefangen.
- 2 GTP-Moleküle (vergleichbar mit ATP) werden gebildet.
- Der Acetyl-CoA-Akzeptor Oxalacetat wird regeneriert.

■ Atmungskette

Als Zwischenbilanz ist festzuhalten, dass mittlerweile die Glukose in 6 CO₂-Moleküle gespalten, gebildete Wasser-



■ **Abb. 10.14** Vereinfachte Darstellung der Atmungskette und oxidativen Phosphorylierung

stoffionen sowie Elektronen über die Reduktionsäquivalente aufgefangen und Energie in Form von ATP (bzw. GTP) gebunden wurde. Bei erneuter Betrachtung der eingangs erwähnten Summenformel fällt auf, dass bis zu diesem Zeitpunkt der über die Atmung in den Organismus kommende Sauerstoff bislang noch keine Rolle spielte. Dies passiert nun im letzten Schritt der Energiebereitstellung, der Atmungskette. Hier reagiert der eingeatmete Sauerstoff mit den gebundenen Wasserstoffionen und Elektronen der Reduktionsäquivalente. Diese Reaktion entspricht einer Knallgasreaktion, von der vermutlich noch aus dem schulischen Chemieunterricht bekannt ist, dass dabei plötzlich eine Menge Energie frei wird.

Für den Organismus besteht die Aufgabe, diese Energie nicht verpuffen zu lassen, sondern sie in biochemisch nutzbarer Form (ATP-Moleküle) zu binden. Aus diesem Grund wird die Energie portionsweise freigesetzt, indem der gespeicherte Wasserstoff als Elektron-Proton-Paar vom $\text{NADH} + \text{H}^+$ und FADH_2 abgegeben und über verschiedene **Redoxsysteme** (chemische Stoffe, die Elektronen von anderen aufnehmen und an andere abgeben) stufenweise auf ein niedrigeres Energieniveau gebracht wird. Auf diesem Weg wird das Elektron-Proton-Paar räumlich voneinander getrennt:

- Die Elektronen wandern entlang der inneren Mitochondrienmembran in Richtung eines Cytochrom-c-Oxidase-Komplexes. An der Endstation der Elektronenwanderung gelangen die Elektronen wieder ins Innere.

- Die Protonen werden dagegen sofort durch die innere Membranwand in den Membranzwischenraum geleitet.

Die räumliche Trennung von Protonen (positive Ladung) und Elektronen (negative Ladung) führt zu einem Ladungsgradienten an der Membran. Schließlich kommt es zum Ladungsausgleich. Die dabei entstehende Energie wird vom Enzym ATP-Synthase-Komplex in der inneren Mitochondrienmembran dazu genutzt, ATP aus ADP und anorganischem Phosphat zu synthetisieren (■ Abb. 10.14).

Schließlich werden vom reduzierten Cytochrom C (Fe^{2+}) die Elektronen mithilfe eines Enzyms auf den eingeatmeten molekularen Sauerstoff übertragen. Das dabei entstehende, kurzlebige O^{2-} -Anion vereinigt sich mit den Protonen zu **Wasser**, dem Endprodukt der Zellatmung.

■ Tab. 10.2 zieht die Gesamtbilanz der Zellatmung.

➤ Wichtig

Bei der Zellatmung entsteht biochemisch verwertbare Energie in Form von ATP-Molekülen, in dem die bis zu diesem Zeitpunkt in den Reduktionsäquivalenten gebundenen Wasserstoffionen und Elektronen über Redoxsysteme portionsweise Energie freigeben und sich dann mit dem eingeatmeten Sauerstoff zu Wasser verbinden.

➤ Wichtig

Aus 1 Molekül Glukose entstehen 38 ATP-Moleküle. 1 ATP-Molekül liefert ca. 30 kJ, 38 ATP ergeben 1140 kJ an Energie.

■ **Tab. 10.2** Bilanz der Zellatmung (bezogen auf 1 Molekül Glukose)

Glykolyse	$-2 \text{ ATP} + 4 \text{ ATP} = 2 \text{ ATP}$	8 ATP
	$(2 \text{ NADH} + 2 \text{ H}^+ = 2 \times 3 \text{ ATP} = 6 \text{ ATP}^*)$	
Oxidative Decarboxylierung (Pyruvat zu Acetyl-CoA)	$(2 \text{ NADH} + 2 \text{ H}^+ = 2 \times 3 \text{ ATP}^*)$	6 ATP
	$(2 \text{ FADH}_2 = 2 \times 2 \text{ ATP} = 4 \text{ ATP}^*)$	
Zitratzyklus	$(6 \text{ NADH} + 6 \text{ H}^+ = 6 \times 3 \text{ ATP} = 18 \text{ ATP}^*)$	24 ATP
	$(2 \text{ FADH}_2 = 2 \times 2 \text{ ATP} = 4 \text{ ATP}^*)$	
	$2 \text{ GTP} = 2 \times 1 \text{ ATP} = 2 \text{ ATP}$	

* Aus $\text{NADH} + \text{H}^+$ werden je 3 ATP und aus FADH_2 je 2 ATP. Da diese Energie erst am Ende der Energiebereitstellung in der Atmungskette (!) gewonnen wird, stehen die entsprechenden Bilanzen in Klammern.

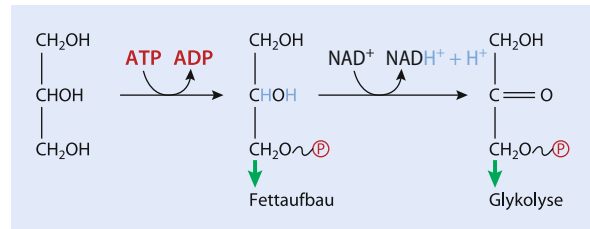
Da 1 Molekül Glukose rechnerisch 2872 kJ enthält, gewinnt die Zellatmung daraus ca. **40% Energie**. Die übrigen 60% gehen als Wärme verloren! Der Wirkungsgrad ist damit besser als bei manchen Kraftwerken oder Verbrennungsmotoren.

■ Betaoxidation der Fettsäuren

Neben der Glukose liefern die Fettsäuren Energie zum Bewegen. Sie liegen teilweise als freie Fettsäuren vor. Zu ca. 90% sind sie aber in Form von Nahrungsfetten (bzw. Speicherfetten) als Triglyzeride an den Alkohol Glycerin gebunden. In diesem Fall muss das Fett (Lipid) zuerst chemisch abgebaut werden (**Lipolyse**).

Glycerin wird unter Verbrauch von ATP in der Leberzelle aktiviert und danach entweder zum Aufbau von Fett verwendet oder wie die Glukose über Glycerinaldehyd-3-phosphat in die Glykolyse eingeschleust (■ Abb. 10.15).

Der Abbau der Fettsäuren wird **Betaoxidation** genannt und geschieht ebenfalls in den Mitochondrien. Dorthin gelangen die Fettsäuren mithilfe eines Carriers (Trägermolekül), dem L-Carnitin durch die Membran. Hier werden sie – wie die Glukose – aktiviert, indem jede Fettsäure unter Verbrauch von 2 Molekülen ATP eine Verbindung mit Coenzym A eingeht. Vom Ende des Moleküls her werden nacheinander C2-Körper als Acetyl-CoA abgespalten. Übrig bleibt die um den C2-Körper verkürzte aktivierte Fettsäure, die auf diese Art stufenweise komplett »zerlegt« wird (■ Abb. 10.16). Die abgespaltenen Acetyl-CoA-Moleküle beschreiten denselben Weg über den Zitratzyklus und die Atmungskette, wie bereits beim Glukoseabbau beschrieben wurde.



■ **Abb. 10.15** Aktivierung und Umbau des Glycerinmoleküls zur Energiegewinnung

Wie das Beispiel der Palmitinsäure mit 16 C-Atomen zeigt, entstehen bei jeder Abspaltung eines Acetyl-CoA-Moleküls, also insgesamt 7x ein $\text{NADH} + \text{H}^+$ und ein FADH_2 . Wie bereits bekannt liefert jedes der 8 Acetyl-CoA-Moleküle über den Zitratzyklus zusätzlich 3 $\text{NADH} + 3 \text{ H}^+$ und 1 FADH_2 . Bei 8 Durchgängen entstehen somit 24 $\text{NADH} + 24 \text{ H}^+$ sowie 8 FADH_2 . Darüber hinaus entstehen 8 GTP und 16 CO_2 -Moleküle.

Energiebilanz der Fettsäureoxidation In der Bilanz gelangen 31 $\text{NADH} + 31 \text{ H}^+$ sowie 15 FADH_2 in die Atmungskette aus denen dort 123 ATP gebildet werden (aus jedem $\text{NADH} + \text{H}^+$ 3 ATP, aus jedem FADH_2 2 ATP). Gemeinsam mit den 8 GTP aus dem Zitratzyklus liefert 1 Molekül Palmitinsäure somit 131 ATP. Nach Abzug von 2 investierten ATP-Molekülen als Aktivierungsenergie bleiben 129 ATP als Reingewinn übrig. Dies bedeutet:

➤ Wichtig

Je länger die Kohlenwasserstoffkette der Fettsäure ist, desto mehr Energie liefert sie.

Bei Kohlenhydratmangel unter Extrembelastungen, in Hungerphasen oder durch Insulinmangel bei Diabetes kommt es zu einer Steigerung des Fettstoffwechsels. Dabei entstehen vermehrt Ketonkörper (Aceton, Acetessigsäure, Betahydroxybuttersäure), die dem Gehirn und der Muskulatur Energie liefern.

Schritte der Energiebereitstellung

- Glykolyse = Abbau von Glukose zu Pyruvat (ohne Sauerstoffbeteiligung)
- Lipolyse = Abbau von Triglyzeriden zu Glycerin und 3 freien Fettsäuren
- Zitratzyklus = Oxidation des Zwischenprodukts Acetyl-CoA aus Kohlenhydraten, Fettsäuren und Aminosäuren zu CO_2 und H_2O
- Atmungskette = Oxidation der Reduktionsäquivalente unter Einbeziehung des eingeatmeten Sauerstoffs zur Energiegewinnung (ATP-Bildung)

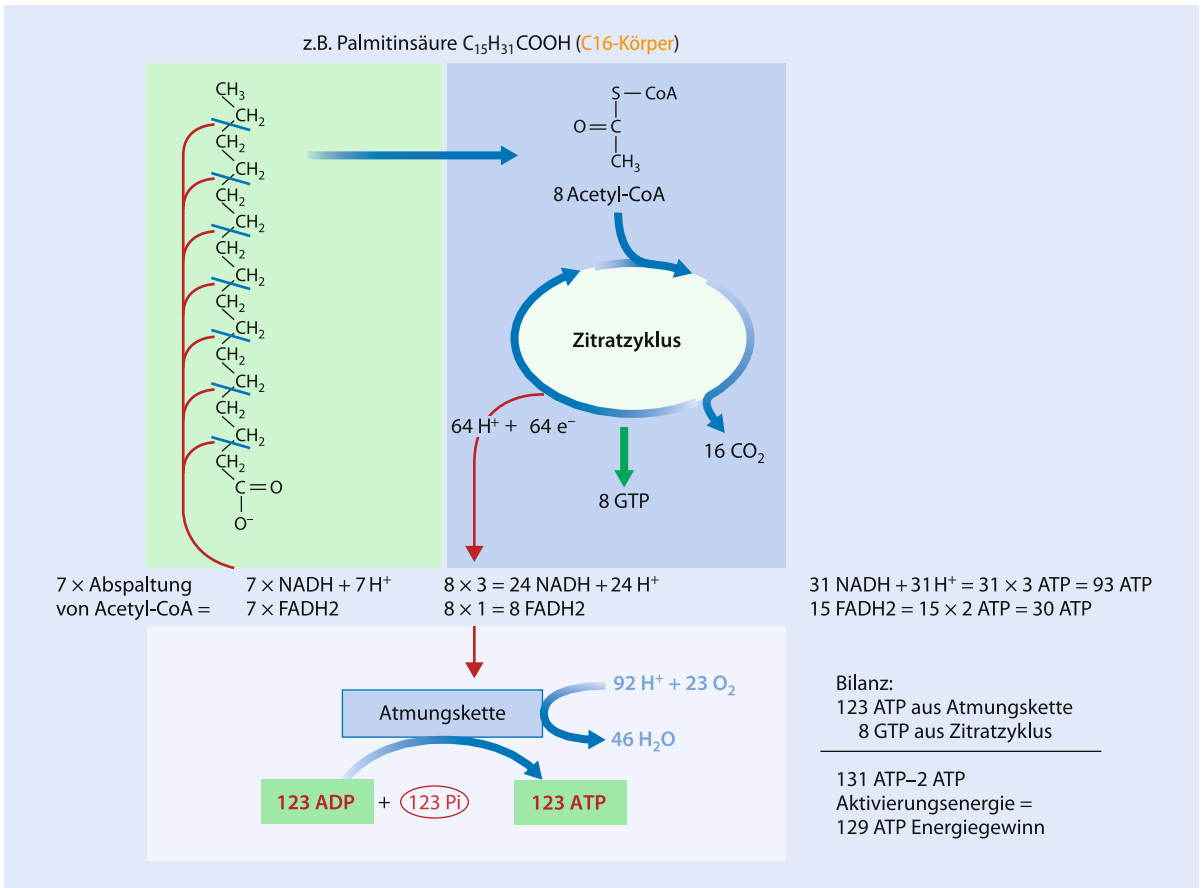


Abb. 10.16 Vereinfachte Darstellung der Betaoxidation von Fettsäuren mit Energiebilanz am Beispiel der Palmitinsäure

10.3 Pyruvat – Laktat: Schnittstelle der Energiebereitstellung

Wichtig

Die beiden Wege der Energiebereitstellung – der oxidative und der glykolytische – laufen in der Muskulatur mit unterschiedlichen Anteilen stets gemeinsam ab. Das Molekül an der Schnittstelle der beiden Energiebereitstellungsprozesse ist das Pyruvat (Salz der Brenztraubensäure).

Ist die Belastung gering, dann wird das aus der Glykolyse gebildete Pyruvat in die Mitochondrien transportiert und dort wie oben beschrieben in Zitratzyklus und Atmungskette vollständig zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Steigt der Energiebedarf, führt das zu einem »Hochfahren« der Glykolyse mit der Folge, dass ab einem bestimmten Zeitpunkt mehr Pyruvat entsteht als mittels der oxidativen Enzymkapazität in den Mitochondrien verstoffwechselt werden kann. Ein Konzentrationsanstieg in der Muskelzelle bewirkt, dass Pyruvat zu Laktat (Salz der Milchsäure)

reduziert wird. Es kommt zu einer zunehmenden **muskulären Übersäuerung** (Laktatazidose).

Früher glaubte man, dass die Milchsäure für den Muskelkater verantwortlich sei. Diese Vorstellung ist heute nicht mehr haltbar, da die Laktatkonzentration direkt nach der Belastung am höchsten ist und danach rasch abnimmt (Halbwertszeit ca. 15 min in Abhängigkeit der erreichten Laktatkonzentration), während sich der Muskelkater oft erst nach Tagen einstellt. Mittlerweile steht fest, dass **Muskelkater** nicht durch Übersäuerung, sondern auf Mikroverletzungen der Muskelfasern zurückzuführen ist, die hauptsächlich bei Bremsbewegungen (exzentrischen Muskelkontraktionen, z.B. bei Landung nach einem Sprung) auftreten. Der steigende Druck in den Muskelfasern führt zu kleinen Rissen und zum Austritt von Gewebeflüssigkeit. Es entsteht ein Ödem, dessen erhöhte Spannung im Gewebe sich in Form von Schmerzen äußert (► Abschn. 8.1).

Dem Laktatmolekül schenkte die Wissenschaft besondere Aufmerksamkeit, die bis heute anhält. Auf der Grundlage der Laktatkinetik haben Sportmediziner und Sport-

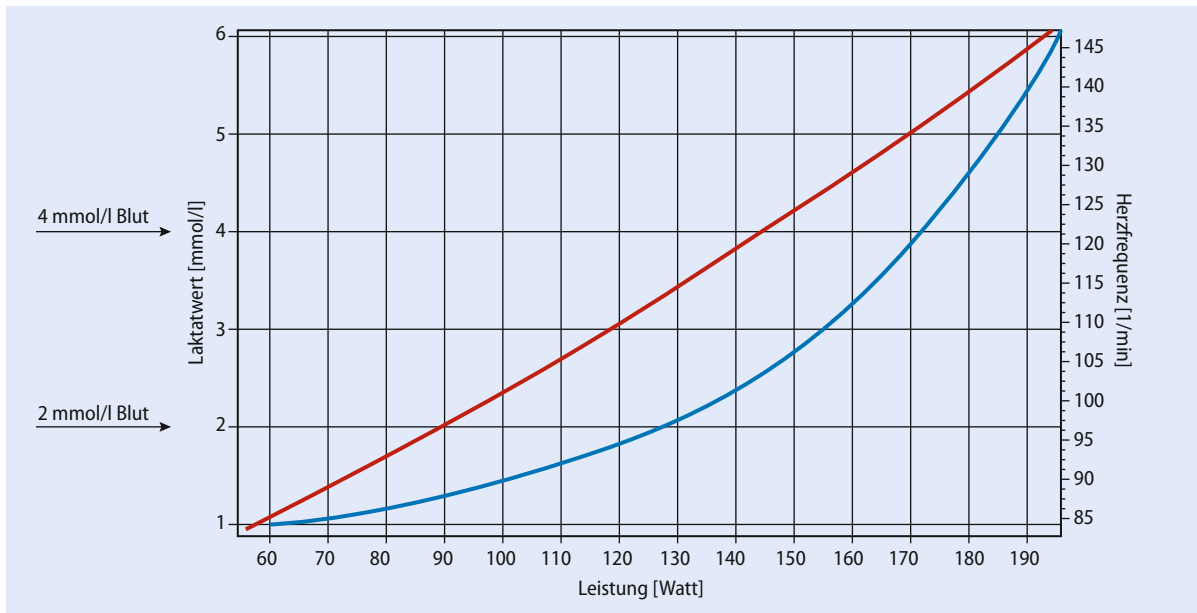


Abb. 10.17 Verlauf der Laktat- und Herzfrequenz-Leistungskurve bei einem Stufentest. Die rote Linie zeigt die Herzfrequenz, die blaue Linie den Laktatwert

wissenschaftler ein Diagnostikverfahren – den **Laktat-Stufentest** (Abb. 10.17) – entwickelt, auf den später noch ausführlich eingegangen wird (► Kap. 11).

► Wichtig

In Ruhe liegt der Laktatwert bei ca. 1 mmol/l Blut. Bei leichter Belastung verändert er sich kaum. Steigt die Belastungsintensität an, steigt auch der Laktatwert zuerst leicht, bevor die Laktatkurve ab einem bestimmten Punkt einen exponentiellen Verlauf nimmt.

■ Laktatproduzent Muskel

Der wichtigste Laktatproduzent ist der Skelettmuskel, weil

- die Zunahme der glykolytischen Energiebereitstellung bei Beginn einer körperlichen Belastung schneller ist als die oxidative Energiebereitstellung und
- die maximale Kapazität der Glykolyse bei intensiver sportlicher Betätigung größer ist als die des oxidativen Stoffwechselweges (Juel 2004).

Unter Belastung werden ca. 83% des gebildeten Laktats der oxidativen Energiebereitstellung zugeführt. Bei einer Belastungsintensität von ca. 55% der $\text{VO}_{2\text{max}}$ steigt die Laktatoxidation stark an, während die Glukoseoxidation sinkt. Bei steigender Konzentration im Blut wird Laktat mit 60% Abdeckung zur Hauptenergiequelle des Herzmuskels. Darüber hinaus dient Laktat in der Leber (ca. 40%) und Niere zur Remetabolisierung (Wiedergewinnung) von Glukose (Glukoneogenese; Weicker 1994, S. 11 ff; Wahl et al. 2009).

► Wichtig

Die Muskulatur ist nicht nur der wichtigste Produktionsort, sondern auch der Haupteliminierungs-ort für Laktat.

Auf diese Weise wird die Laktatkonzentration im Blut von einer Vielzahl teilweise gegenläufiger Prozesse beeinflusst, die sowohl zur Erhöhung als auch zur Senkung des Laktatspiegels beitragen. Der Anstieg des Laktatspiegels z. B. bei einem diagnostischen Stufentest ist ein Zeichen dafür, dass mehr Laktat gebildet als zeitgleich abgebaut wird (Böning 2005, S. 401 f).

Pessenhofer und Schwaberger haben ein Modell entwickelt (Clasing et al. 1994, S. 153 ff), das die komplexen biologischen Prozesse verständlich macht. Demnach findet zwischen biologischen Systemen und Subsystemen (Kompartimenten) ein **Austausch von Laktat** in Form von definierten Flüssen zwischen den Kompartimenten Muskel und Blut statt. Die Belastung wirkt auf das Muskel-Kompartiment und führt dort zur Laktatproduktion. In Abhängigkeit vom Konzentrationsgefälle wird Laktat entweder aus der Muskulatur ins Blut-Kompartiment oder in umgekehrter Richtung (Laktatverteilung) transportiert. Auch der Austausch zwischen glykolytischen und oxidativen Fasern in der belasteten Muskulatur ist bekannt (Wahl et al. 2009). Aus beiden Kompartimenten kann Laktat zugleich eliminiert werden. Ist die Elimination größer als die Neubildung, dann sinkt der Blut-Laktatspiegel.

Die Laktatproduktion in der Skelettmuskulatur ist u. a. abhängig von (Weicker 1994):

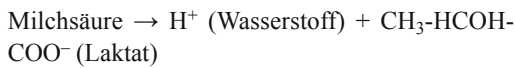
- Der neuromotorischen Stimulation der Muskelfasertypen
- Der Intensität der geleisteten Arbeit pro Zeit
- Dem Verhältnis zwischen ATP-Verbrauch und -Rückgewinnung

➤ Wichtig

Die Skelettmuskulatur, insbesondere die FT-Fasern mit ihrer hohen glykolytischen Enzymaktivität unter maximaler Belastung, ist hauptsächlich für die Zunahme der Laktatkonzentration im Muskel und auch im Blut verantwortlich.

Steigt die Konzentration von Laktat in den belasteten Muskelfasern an, entsteht ein Konzentrationsgefälle zwischen Muskulatur und Blutgefäßsystem, sodass Laktat aus dem Muskel abgegeben (Laktat-Release) bzw. vom Blut aufgenommen wird (Laktat-Uptake).

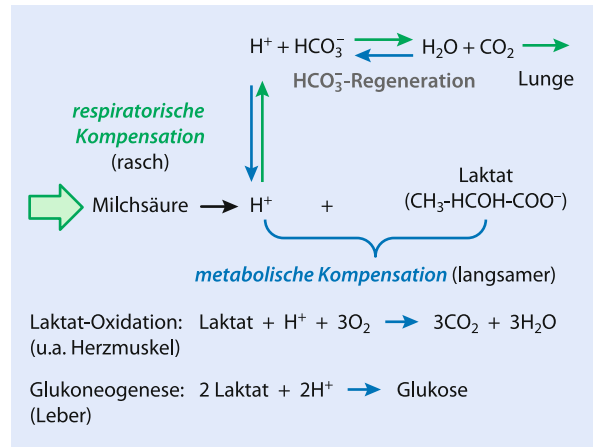
Unter physiologischen Bedingungen dissoziiert (teilt sich) Milchsäure zu 99% in Laktatanionen und Wasserstoffionen:



Die Wasserstoffionen werden vorübergehend von Puffern gebunden, um den pH-Wert konstant zu halten. Ein Teil des Laktats verlässt die Muskelzelle und gelangt ins **Blut**. In diesem Kompartiment sind unterschiedliche Laktatkonzentrationen feststellbar. Faude u. Meyer (2008, S. 305 ff) beschreiben, dass im venösen Blut die Laktatkonzentrationen niedriger sind als im arteriellen. Die arteriell-venöse Laktatdifferenz steigt mit der Intensität der Belastung an. Außerdem liegen in kapillärem Blut gemessene Laktatwerte etwas höher als in venösem. Durch die verbreitete Praxis der Durchblutungsförderung (Hyperämisierung) des Ohrläppchens vor Laktatmessungen findet eine Angleichung an die arterielle Laktatkonzentration statt.

■ Laktat-Shuttle-Mechanismus

Da Laktat entweder am Bildungsort in derselben Zelle (intracellular lactate shuttle), in einer Nachbarzelle (cell-cell lactate shuttle) oder in ferner gelegenen Geweben verstoffwechselt werden kann, setzt dies das Vorhandensein von Shuttle-Mechanismen voraus, um Laktat zum Ort seines Verbrauchs zu transportieren. Der Transport erfolgt in beiden Richtungen immer absteigend in Richtung des Laktat- und H^+ -Gradienten (Konzentrationsgefälles) (Brooks 1985, 1986; Juel 2004b, S. 158).



■ Abb. 10.18 Kompensationsmechanismen zur Regulierung des pH-Wertes

➤ Wichtig

Für den Transport durch die Membran sind die MCT-Proteine (Monocarboxylat-Transporter) zuständig, die gleichzeitig Laktatanionen und Wasserstoffionen binden.

Die meisten Protonen reagieren im Blut sofort mit Bicarbonat (HCO_3^-), sodass Kohlensäure (H_2CO_3) entsteht. Auf diese Art wird der pH-Wert im Blut relativ konstant auf 7,4 gehalten. Durch das Abatmen von CO_2 in der Lunge und das Ausscheiden von Wasserstoffionen über die Niere erfolgt die Regeneration des Bicarbonatpuffers. Eine Milchsäureazidose wird somit bei intensiven Belastungen durch eine gegenüber der Leistung überproportionale Erhöhung der Atmung teilkompensiert (**respiratorische Kompensation**, ■ Abb. 10.18). Als Ursache für den vermehrten Atemantrieb gilt das Absinken des arteriellen pH-Wertes (Maassen u. Böning 2008).

Als weitere Kompensationsmechanismen stehen der oxidative Laktatabbau zu Kohlendioxid und Wasser sowie der Aufbau von Glukose aus Laktat zur Verfügung (**Laktat-elimination**). Da auch bei diesen beiden Prozessen Wasserstoffionen verbraucht werden, leisten sie ebenfalls einen Beitrag zur Milderung einer Azidose (**metabolische Kompensation**, ■ Abb. 10.18).

Der pH-Gradient zwischen den Kompartimenten beeinflusst den Laktattransport über die MCT-Proteine. Von diesen existieren verschiedene Isoformen (Moleküle identischer Zusammensetzung). In der Skelettmuskulatur kommen die MCT1- und MCT4-Formen vor. MCT1 ist mit signifikant höherer Dichte in den oxidativen Fasern (ST-Fasern) verteilt, während MCT4 in allen Muskelfasertypen vorkommt. Beide Isoformen können Laktat und H^+ in beide Richtungen transportieren (Juel 2004b, S. 158).

MCT1-Proteine wurden auch in der Mitochondrienmembran nachgewiesen, was vermutlich eine bessere Aufnahme von Laktat zwecks Oxidation bewirkt. Die Existenz dieser Transportsysteme ermöglicht höhere Transportschwindigkeiten, als es durch Diffusion möglich wäre (Wahl et al. 2009).

➤ Wichtig

Die MCT-Transportproteine spielen eine wichtige Rolle bei der Verteilung des Laktats als Energiesubstrat zwischen den Kompartimenten und bei der Regulation des pH-Werts.

Unter Belastung kann die Leistung der MCT-Proteine um das Fünffache gesteigert werden. Laktatkonzentrationen in Muskulatur und Blut werden deshalb nicht allein von der Glykolyserate, sondern auch durch die Effizienz der MCT-Proteine bestimmt.

Die Tatsache, dass bei Personen mit größerer $\text{VO}_{2\text{max}}$ ein signifikant höherer MCT-Gehalt zu finden ist, zeigt, dass die Dichte von MCT1 und MCT4 durch körperliches Training gesteigert werden kann. Die Anpassungsprozesse bedürfen allerdings einer hohen Trainingsintensität (high intensity training, HIT-Methode) (► Kap. 12).

Ein weiteres Kompartiment, das bei der Verteilung des Laktats eine Rolle spielt, aber im Modell von Pessenhofer und Schwaberg nicht aufgeführt ist, stellen die **Erythrozyten** dar. Auch sie besitzen in ihrer Membran MCT1-Proteine, die sie befähigen, gleichzeitig Laktatanionen und Protonen aufzunehmen, um sie dorthin zu transportieren, wo sie benötigt werden.

Unter diesen Gesichtspunkten bekommen höhere Blutlaktatwerte nach heutigen Erkenntnissen einen anderen Stellenwert als früher. Sie sind nicht allein bedingt durch eine gesteigerte Glykolyserate, sondern auch durch die Kapazität der Transportmechanismen und die Weiterverarbeitung des Laktats in den verschiedenen Kompartimenten.

➤ Wichtig

Die gemessene Laktatkonzentration ist das Ergebnis von Laktatproduktion, -verteilung und -elimination.

■ Weitere physiologische »Nebenwirkungen« des Laktats

Laktat dient nicht nur als Energiequelle und glukoneogener Vorläufer. Brooks et al. (2008, S. 280 ff) stellen fest, dass Laktat darüber hinaus auch Funktionen als **Signalmolekül (Lactormon)** übernimmt, in dem es steuernd und regulierend auf durch Training initiierte Anpassungsprozesse im Organismus Einfluss hat.

Zur Aufrechterhaltung der ATP-Homöostase (Gleichgewichtszustand) wird die Glykolyse aktiviert. In der Folge reichert sich Laktat im Muskel an. Der damit verbundene

erhöhte Sauerstoffverbrauch führt zu vermehrt gebildeten freien Radikalen (reactive oxygen species, ROS), die ein transkriptionales Netzwerksignal auslösen. Ziel dabei ist es, die Mitochondrienbildung im Muskel und andere Anpassungsprozesse zur besseren Energiegewinnung zu optimieren. MCT1 scheint Teil dieses weitläufigen ROS-sensitiven Signalnetzwerks zu sein, das verschiedene durch sportliche Belastungen initiierte Anpassungsprozesse wie z. B. die mitochondriale Biogenese im Muskel reguliert (Hashimoto et al. 2007).

Interessanterweise hat bereits eine geringe Erhöhung der Laktatkonzentration dieselbe Wirkung wie Hypoxie (Sauerstoffmangel im Gewebe). Beides stimuliert die **Gefäßneubildung** aus bereits bestehenden Gefäßen (Angiogenese) (Wahl et al. 2009).

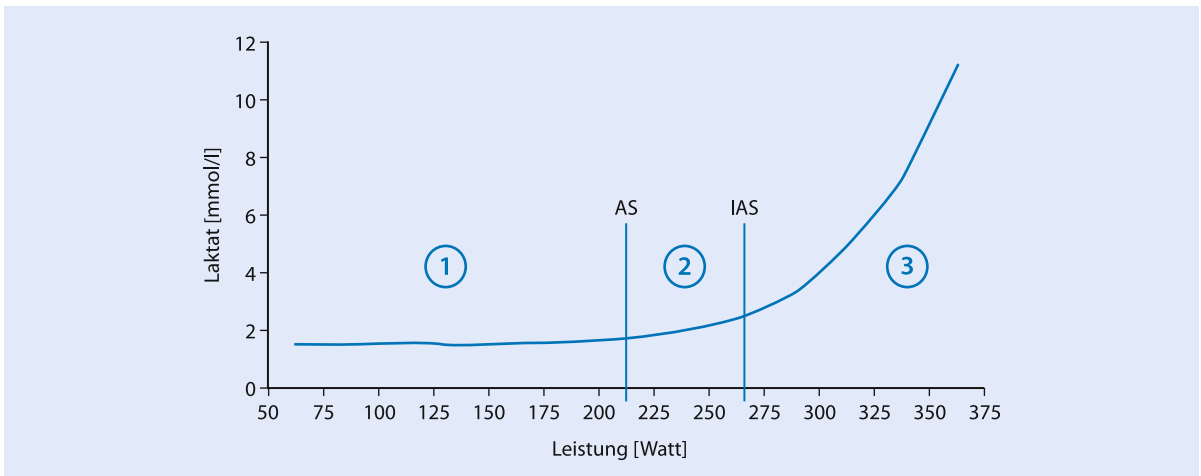
Darüber hinaus beschreiben Maasen und Böning (2008, S. 292 ff) weitere physiologische »Nebenwirkungen« der Milchsäure. Demnach wirkt die Milchsäure im Zusammenhang mit dem Sauerstofftransport einerseits auf die Transporteigenschaften des Hämoglobins und andererseits auf die Muskeldurchblutung. Daran beteiligt sind sowohl die Laktatanionen als auch die Protonen, die über G-Proteine eine **Erweiterung der Blutgefäße** (Vasodilatation) auslösen. Beide Produkte beeinflussen außerdem die **Sauerstoffbindungseigenschaften des Hämoglobins** (Hb). Durch Änderung der räumlichen Struktur des Hb-Moleküls wird die O_2 -Abgabe im Gewebe erleichtert. Damit scheint bewiesen, was lange Zeit undenkbar erschien:

➤ Wichtig

Laktat nimmt neben der glykolytischen auch auf die Verbesserung der oxidativen Energiebereitstellung Einfluss.

Weiterhin ist ein Bezug zwischen Laktat und Wasserhaushalt bekannt. Da sich Laktat nach seiner Bildung an der intrazellulären Membran anhäuft, führt dies zu einem osmotischen Gradienten, der einen Wassereinstrom in die Muskelzelle und damit eine Vergrößerung des Intrazellulärraums um 15% zur Folge haben kann. Die damit verbundene Reduzierung der Elektrolytkonzentrationen hat Einfluss auf das Ruhemembranpotenzial der Muskelfaser. Bei intensiver Belastung kann so ein Gesamtbetrag von 15–20 mV zustande kommen. Eine **Depolarisation der Muskelfasermembran** wird als ein zur Ermüdung beitragender Faktor angesehen. Er stützt jedoch nicht die klassische Theorie der muskulären Ermüdung durch unzureichende Sauerstoffversorgung bei gleichzeitig erhöhter Laktatbildung. Muskuläre Ermüdung ist als multifaktorielles Geschehen zu betrachten.

In Verbindung mit der erhöhten Osmolalität und der Veränderung der Na^+ - und Cl^- -Ionen hat Laktat Einfluss auf die Freisetzung von antidiuretischem Hormon (ADH) und damit auf die kurzfristige **Stabilisierung des Wasser-**



■ **Abb. 10.19** Phasen einer Laktat-Leistungskurve: 1 überwiegend oxidativer, 2 oxidativ-glykolytischer, 3 überwiegend glykolytischer Beanspruchungsbereich (AS = aerobe Schwelle; IAS = individuelle anaerobe Schwelle)

haushalts bei intensiven Belastungen (Maassen u. Böning 2008, S. 292 ff).

■ Verlauf einer Laktat-Leistungskurve

Bei Betrachtung des Verlaufs einer Laktat-Leistungskurve bei einem Stufentest ist unter Berücksichtigung der dargestellten Energiebereitstellungsmechanismen und der Erkenntnisse über das Laktatmolekül festzuhalten (■ Abb. 10.19):

Die Energiebereitstellungsmechanismen unterscheiden sich auf der Ebene der Muskelfasern. Der gemessene Laktatwert gibt Auskunft über die Beanspruchung des gesamten Organismus.

■ Beanspruchungsbereich (1):

Kohlenhydrate und Fette werden in den Mitochondrien der belasteten Muskulatur über Pyruvat oxidativ zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut. Das über den glykolytischen Anteil der Energiebereitstellung produzierte Laktat wird mittels Intrazellulärem- und Zell-Zell-Laktat-Shuttle in den (benachbarten) Muskelfasern verteilt und dort verstoffwechselt. Da es den Muskel nicht verlässt, ist es logischerweise bei einer Blut-Laktatmessung nicht nachweisbar. Erst wenn die internen Stoffwechselkapazitäten des Muskels ausgeschöpft sind, gelangt Laktat über die Shuttle-Mechanismen in den Blutkreislauf.

Solange deshalb die Laktatproduktion nicht höher ist als die -elimination, ist kein Kurvenanstieg feststellbar. Es kann sogar sein, dass die Eliminationsrate in dieser Phase größer ist als die Neuproduktion. Dies würde zu einem Abfallen der Laktatkurve führen. Ab einem bestimmten Punkt übersteigt dann der Messwert (wieder) den Laktatwert vor der Belastung (**aerobe Schwelle (AS)**).

■ Beanspruchungsbereich (2):

Auch hier basiert die Energiebereitstellung vorrangig auf oxidativen Vorgängen. An der muskulären Arbeit sind vorwiegend die Typ-I-Fasern mit ihrer hohen oxidativen Enzymkapazität beteiligt. Die Laktatbildungsrate in der beanspruchten Muskulatur ist aber so hoch, dass das anfallende Laktat größer ist als intrazellulär oder von benachbarten Muskelzellen verstoffwechselt werden kann. Der »Überschuss« gelangt ins Blut und ist somit messbar. Der Anstieg der Laktatkurve ist aber gering, da die oxidative Kapazität der gesamten Arbeitsmuskulatur im Organismus noch groß genug ist, um fast das gesamte anfallende Laktat aufzunehmen und zu verstoffwechseln.

■ Beanspruchungsbereich (3):

Mit zunehmender Belastungsintensität wird eine größere Anzahl an Typ-II-Fasern rekrutiert, die Laktat abgeben (Faser IId, ■ Abb. 10.20). Die muskuläre Laktatproduktion übersteigt die Kompensationsmechanismen im Organismus. Es kommt zum typischen exponentiellen Anstieg der Laktat-Leistungskurve bei Stufentests, die universell für alle gesunden Menschen, ob trainiert oder untrainiert, ob auf dem Ergometer, Laufband oder im Schwimmbad, Gültigkeit hat.

■ Das **Anstiegsverhalten der Laktatkurve** gibt Auskunft über das Niveau der Krafteigenschaften und individuell bedingte Einflussgrößen der Bewegungsstruktur der Testperson in einer bestimmten Sportdisziplin. Außerdem informiert die maximale Laktatkonzentration, die natürlich nur bei Ausbelastung erfasst werden kann, über die Bilanz aus glykolytischer Laktatproduktion der belasteten Muskulatur und Laktateliminationsprozessen des Organismus in der betriebenen Sportart.

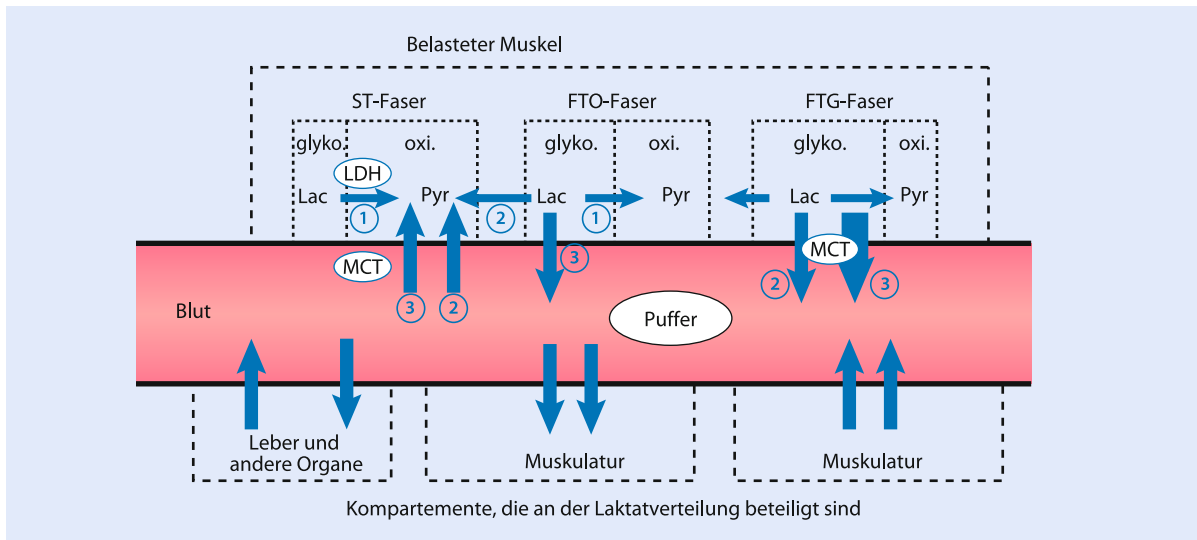


Abb. 10.20 Kompartimentmodell der Laktatverteilung zum Verständnis des Zusammenhanges zwischen der Energiebereitstellung in der Muskulatur und der Beanspruchung des Organismus (→ = Laktataufnahme und -abgabe; 1, 2, 3 = Beanspruchungsbereiche auf der Grundlage der Laktatleistungskurve in **Abb. 10.19**, Lac = Laktat, Pyr = Pyruvat, LDH = Laktatdehydrogenase-Komplex, MCT = Monocarboxylat-Transporter, oxi = oxidative, glyko = glykolytische Energiebereitstellung)

Der für die Laktatdiagnostik interessante Bereich ist die sog. **Individuelle anaerobe Schwelle (IAS)**; **Abb. 10.19**, **Kap. 11**, siehe auch Exkurs »Laktat-Schwellenkonzepte«, Internet-Link für Download: <http://extras.springer.com>). Sie geht zurück auf die Definition von Stegmann et al. (1981):

Wichtig

Die individuelle anaerobe Schwelle ist die Belastung, an der die maximale Eliminations- und die Diffusionsrate des Laktats im Gleichgewicht stehen.

In diesem Zusammenhang muss entgegen der weit verbreiteten Meinung noch darauf hingewiesen werden, dass auch bei Belastungen knapp oberhalb des **maximalen Laktat-Steady-States (maxLaSS)** (höchste Dauerleistung bei konstantem Laktatwert) die anaerob-laktazide Energiebereitstellung nur ca. 2% beträgt, d.h., die oxidative Energiebereitstellung überwiegt auch hier bei Weitem die glykolytische (Wahl et al. 2009, S. 105).

Zusammenfassung

Damit die Muskulatur ihre Aufgaben erfüllen kann, benötigt sie Sauerstoff und energiereiche Substrate, um daraus Energie zu produzieren. Mit Kenntnissen über den Energiestoffwechsel lässt sich deshalb praxisorientiertes Handeln besser ableiten. Als Einstieg werden die anatomischen und physiologischen Zusammenhänge des Atmungs- und Herz-Kreislauf-

Systems anschaulich dargestellt und Parameter, die für die spätere Diagnostik von Bedeutung sind, erklärt. Es folgen die biochemischen Prozesse der Glykolyse, des Zitratzyklus und der Atmungskette. Sie sind vereinfacht beschrieben und auf die wichtigsten Ergebnisse begrenzt. Von besonderem Interesse bei der Interpretation diagnostischer Ergebnisse ist das Laktatmolekül. Deshalb wird ausführlich auf die Beschreibung seiner Funktionen als Energieträger und Signalmolekül sowie auf seine Verteilung durch den Shuttle-Mechanismus (MCT-Transportmoleküle) eingegangen. Das Verständnis der Zusammenhänge hilft Laktatkurven besser zu beurteilen.

Literatur

- Birbaumer N, Schmidt F (2006) Biologische Psychologie. Springer, Berlin Heidelberg
- Böning D (2005) Die Milchsäure ist tot – es lebe die Milchsäure! Dtsch Z Sportmed 56: 401–402
- Brooks G A (2002) Lactate and glucose interactions during rest and exercise in men: effect of exogenous lactate infusion. J Physiol 544: 963–975
- Brooks G A (1986) The lactate shuttle during exercise and recovery. Med Sci Sports Exerc 18: 360–380
- Brooks GA (1985) Lactate: glycolytic end product and oxidative substrate during sustained exercise in mammals – the »lactate shuttle«. In: Gilles (ed.) Circulation, respiration, and metabolism: current comparative approaches. Springer, Berlin. pp. 208–218

- Brooks GA et al. (2008) Laktat als metabolisches Signal der Gen-expression. *Dtsch Z Sportmed* 59: 280–286
- Clasing D et al. (1994) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart
- Coen B (1997) Individuelle anaerobe Schwelle. Sportverlag Strauß, Köln
- De Marees H (2003) *Sportphysiologie*. Sportverlag Strauß, Köln
- Dickhuth HH et al. (1988) Jahreszyklische Schwankungen der Ausdauerleistungsfähigkeit von hoch trainierten Mittelstreckenläufern. *Dtsch Z Sportmed* 39: 346–353
- Dörr C (2010) Untersuchung der Validität verschiedener Laktat-schwellenkonzepte an Ausdauersportlern. Dissertation. Justus-Liebig-Universität, Gießen
- Erickson KI, Kramer AF (2009) Aerobic exercise effects on cognitive and neural plasticity in older adults. *Br J Sports Med* 43: 22–24
- Faude O, Meyer T (2008) Methodische Aspekte der Laktatbestimmung. *Dtsch Z Sportmed* 59: 305–309
- Gimbel A (2005) Entwicklung eines Verfahrens zur laktatgestützten Leistungsdiagnostik im Ausdauerbereich für freizeit- und gesundheitsorientierte Läufer. GRIN, Norderstedt
- Hashimoto T et al. (2007) Lactate sensitive transcription factor network in L6 myocytes: activation of MCT1 expression and mitochondrial biogenesis. *FASEB J* 21: 2602–2612
- Heck H (1990) Laktat in der Leistungsdiagnostik. Wissenschaftliche Schriftenreihe des Deutschen Sportbundes. Karl Hofmann, Schorndorf
- Heck H, Beneke R (2008) 30 Jahre Laktatschwellen – was bleibt zu tun? *Dtsch Z Sportmed* 59: 297–304
- Heck H. et al. (1985) Vergleichende Untersuchung zu verschiedenen Laktat-Schwellenkonzepten. *Dtsch Z Sportmed* 36: 19 ff
- Heck H u. Roskopf P (1994) Grundlagen verschiedener Laktat-schwellenkonzepte und ihre Bedeutung für die Trainingssteuerung. In: Clasing D et al. (Hrsg.) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart. S. 111–131
- Heck H, Roskopf P (1993) Die Laktat-Leistungsdiagnostik – valider ohne Schwellenkonzepte. *TW Sport + Medizin* 5: 344–352
- Hoffmann-La Roche AG (2003) Roche-Lexikon Medizin. Urban & Schwarzenberg, München
- Hollmann W, Strüder HK (2009) Sportmedizin: Grundlagen für körperliche Aktivität, Training und Präventivmedizin. Schattauer, Stuttgart
- Hottenrott K (2002) Herzfrequenzvariabilität im Sport. Prävention – Rehabilitation – Training. Schriftenreihe der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft Bd. 129. Czwalina, Hamburg
- Juel C (2004a) Lactate Transporters. *Dtsch Z Sportmed* 54: 7–8
- Juel C (2004b) Laktattransport im Skelettmuskel: Trainingsinduzierte Anpassung und Bedeutung bei körperlicher Belastung. *Dtsch Z Sportmed* 55: 157–160
- Juel C et al. (2004) Effect of high-intensity intermittent training on lactate an H⁺ release from human skeletal muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 286: E245–E251
- Keul J et al. (1979) Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Dtsch Z Sportmed* 30: 212–216
- Kindermann W (2004) Anaerobe Schwelle. *Dtsch Z Sportmed* 55: 161–162
- Kindermann W (2000) Das Sportharz. *Dtsch Z Sportmed* 51: 307–308
- Klinge R (1997) Elektrokardiogramm: Leitfaden für Ausbildung und Anwendung. Thieme, Stuttgart
- Löffler G (2004) Basiswissen Biochemie mit Pathobiochemie. Springer, Heidelberg
- Lormes W, Steinacker JM (1994) Messung von Laktat im Plasma und im hämolytierten Blut. In: Clasing D et al. (Hrsg.) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart. S. 295–266
- Maassen N, Böning D (2008) Physiologische »Nebenwirkungen« der Milchsäure. *Dtsch Z Sportmed* 59: 292–296
- Maassen N et al. (1994) Einfluss von Maßnahmen zur Glykogenbeladung auf die Dauerleistungsfähigkeit und auf die Bestimmung der Laktatleistungskurve. In: Clasing D et al. (Hrsg.) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart. S. 189–198
- Mader A, Heck H (1986) A theory of the metabolic origin of »anaerobic threshold«. *Int J Sports Med* 7: 45
- Mader A et al. (1976) Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmed* 24: 81
- De Marees H (2002) *Sportphysiologie*. Sportverlag Strauß, Köln
- Mertin A (2013) Stoffwechsel beim Sport: Der Irrglaube vom schädlichen Laktat. In www.spiegel.de (Zugriff: 21.06.2014)
- Meyer T (2003) Der respiratorische Quotient (RQ). *Dtsch Z Sportmed* 54: 29–30
- Pessenhofer H, Schwaberg G (1994) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. In: Clasing D et al. (Hrsg.) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart. S. 153–164
- Röcker K, Dickhuth HH (2001) Praxis der Laktatmessung. *Dtsch Z Sportmed* 52: 33–34
- Röcker K, Dickhuth HH (1994) Einige Aspekte zur Festlegung der Dauerleistungsgrenze. In: Clasing D et al. (Hrsg.) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik Gustav Fischer, Stuttgart. S. 27–35
- Schulz H et al. (2007) Validierung der Herzfrequenzvorgabe der OwnZone-Funktion anhand von Laktatmessungen. *Dtsch Z Sportmed* 58(3) 86–91
- Simon G (1986) Trainingssteuerung im Schwimmsport. *Dtsch Z Sportmed* 37: 376–379
- Stegmann H et al. (1981) Lactate kinetics and individual anaerobic threshold. *Int J Sports Med* 2: 160–165
- Stockhausen W et al. (1994) Laktatkinetik und Leistungsdiagnostik im Radsport. In: Clasing D et al. (Hrsg.) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart. S. 71–79
- Wahl P et al. (2009) Moderne Betrachtungsweisen des Laktats: Laktat ein überschätztes und zugleich unterschätztes Molekül. *Schweiz Z Sportmed Sporttraumatol* 57(3) 100–107
- Wasserman K et al. (1973) Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35: 236–243
- Weicker H (1994) Interaktion zwischen aerober und anaerober Energieproduktion, Laktatproduktion, Release und Elimination. In: Clasing et al. (Hrsg.) Stellenwert der Laktatbestimmung in der Leistungsdiagnostik. Gustav Fischer, Stuttgart. S. 11–25
- O. A. (2014) <http://www.welt.de/wissenschaft/article4505535> (Zugriff am 28.02.2014)

Diagnostische Verfahren der Ausdauerleistungsfähigkeit

Bernd Gimbel

- 11.1 Feld- oder Labortests? – 170
- 11.2 Aussagekraft der Testparameter – 170
- 11.3 Tests auf dem Fahrradergometer – 174
- 11.4 Laufbandtests – 186
- 11.5 Feldtests – 187
- Literatur – 191

Das klassische Verfahren zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit ist die Ergometrie (»Arbeitsmessung«, gr. *ergon* = Arbeit, *metron* = Maßstab). Als Methode wird überwiegend der **Stufentest** bevorzugt. Beim Stufentest beginnt der Testleiter mit einer bestimmten Leistung, erhöht nach einer definierten Zeitspanne den Widerstand/ die Geschwindigkeit um einen festgelegten Wert, bis die Herzfrequenz (oder der Laktatwert) ein vorgegebenes Limit erreicht hat.

11.1 Feld- oder Labortests?

Stufentests können als Labor- oder Feldtests stattfinden. Die Entscheidung darüber hängt u. a. von der Testperson, ihrer Zielsetzung und ihrem Leistungsniveau ab:

- Stehen bei der Diagnostik Standardisierungs- und Reproduzierbarkeit im Vordergrund, z. B. um Leistungsentwicklungen zu dokumentieren, dann sind **Labortests** auf dem Fahrradergometer oder Laufband von Vorteil. Witterungseinflüsse oder Streckenprofile spielen keine Rolle und nehmen demzufolge keinen Einfluss auf die Ergebnisse.
- Soll die Diagnostik eher zur Trainingssteuerung dienen, dann sind sportartspezifische (Wettkampf-) Belastungen als **Feldtests** (Schwimmtests im Bad, Radtests auf der Straße/Bahn, Lauftests auf der 400-m-Bahn) geeigneter (Dickhuth 2000; Härtel 2007, S. 15 ff).

Bei der Planung einer Diagnostik ist die Testperson frühzeitig darauf hin zu weisen, dass sie 48–72 h zuvor keine außergewöhnlichen Belastungen und kein intensives Training absolviert und sich gewohnheitsgemäß ernährt.

Vor Testbeginn erfolgt die Anamnese der Testperson (► Kap. 4. Internet-Link für Download ► <http://extras.springer.com>). Steht der Testdurchführung nichts entgegen, ist aus der Vielfalt der Diagnostikverfahren das geeignetste auszuwählen. Entscheidungshilfe dafür liefern Einführungsgespräch und Anamnesebogen. Welcher Leistungsebene gehört die Testperson an? Ist sie Einsteiger und untrainiert? Ist sie sportlich? Betreibt sie eine Ausdauer-sportart? Welche Ziele will sie erreichen?

Für den **Eingangstest** mit Einsteigern und Risikopersonen empfiehlt sich die Fahrradergometrie, weil hierfür umfangreicheres statistisches Material zum Vergleich mit Gleichaltrigen desselben Geschlechts zur Verfügung steht als für Stufentests auf dem Laufband (maximale Sauerstoffaufnahme, PWC-Werte, Dynavit-Wert etc.; ► Abschn. 11.3).

Der Vergleich und die Bewertung der persönlichen Testergebnisse mit statistischen Daten ist häufig eine Motivation für die Testperson, mit dem Training zu be-

ginnen und nach einiger Zeit die Leistungsfortschritte objektiv dokumentiert zu bekommen.

Bei sportlich orientierten Probanden soll die Diagnostik eher sportartspezifisch erfolgen (Nordic-)Walker oder Läufer auf dem Laufband oder der Laufbahn, Radfahrer auf dem Fahrradergometer, der Rolle oder auf der Radrennbahn), insbesondere wenn die Trainingssteuerung Priorität haben soll.

Ist die Entscheidung für ein Testgerät gefallen, folgt im nächsten Schritt die Erstellung eines geeigneten Testdesigns. Dabei besteht die Möglichkeit, entweder auf standardisierte Verfahren (WHO-Test, Hollmann-Test, BAL-Test, Conconi-Test etc.) zurückzugreifen oder eigene Varianten zu entwickeln. Wichtig ist, dass die Diagnostik den wissenschaftlichen Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität standhält (► Kap. 4).

➤ Wichtig

Unter dem Gesichtspunkt der Gütekriterien Objektivität, Reliabilität und Validität sind alle Schritte der Diagnostik sorgfältig zu dokumentieren, um Folgeuntersuchungen exakt reproduzieren zu können. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erhöht die Qualität der Aussagen.

Unter Auswertungs-, aber auch unter ökonomischen Gesichtspunkten ist es empfehlenswert, die Belastungsstruktur so zu wählen, dass der Proband in der Lage ist, vier bis sechs Stufen durchzuhalten. Dies bedeutet, dass kein standardisiertes Testverfahren generell auf alle Personen übertragbar ist.

11.2 Aussagekraft der Testparameter

Welche Parameter erhoben werden, hängt von der Zielsetzung der Diagnostik ab. In jedem Fall sind **Körpergewicht** und Körperlänge zu dokumentieren, **Herzfrequenz** und **Blutdruckwerte** vor, am Ende jeder Belastungsstufe und 2 min nach der Belastung zu messen sowie die **Wattleistungen** oder **Geschwindigkeiten**, die **Stufendauer** und das **Abbruchkriterium der Belastung** zu notieren.

Aus den erhobenen Werten lassen sich dann weitere Parameter, wie z. B. PWC-Werte (Physical Working Capacity), die maximale bzw. relative Sauerstoffaufnahme, Dynavit-Wert etc., berechnen. Ob darüber hinaus Laktatwerte, Atemgaswerte (Sauerstoffaufnahme und Kohlendioxidabgabe), EKG-Ableitungen und/oder bestimmte Blutparameter erhoben werden, ist von Fall zu Fall zu entscheiden und bedarf ggf. der Kooperation eines Mediziners.

Darüber hinaus sollte neben den objektiven auch auf **subjektive Parameter** wie Wohlbefinden, auffällige Rötung oder Blässe, Körperhaltung etc. geachtet werden, um

ein umfassendes und aussagekräftiges Bild von der Testperson zu bekommen.

■ Messung der Herzfrequenzwerte

Der am einfachsten zu ermittelnde und deshalb unverzichtbare Parameter ist die Herzfrequenz (► Abschn. 4.1.5). Sie zeigt die Reaktion des Herz-Kreislauf-Systems in Abhängigkeit zur Belastungsintensität. Da sie zahlreichen Einflussfaktoren unterliegt (► Abschn. 10.1), sind diese bei der Interpretation der Ergebnisse unbedingt mit einzubeziehen.

Einen ersten Eindruck über die Testperson vermittelt der **Vorbelastungspuls**. Terminologisch ist festzuhalten, dass der Testleiter den **Ruhepuls** (nur morgens vor dem Aufstehen) nicht messen kann, da die Testperson durch die Tagesaktivitäten und Anreise bereits (vor)belastet ankommt.

➤ Wichtig

- **Der Eigenrhythmus des Herzmuskels (Sinusrhythmus) liegt bei 60–80/min.**
- **Probanden mit Werten darunter sind gut trainiert und/oder entspannt.**
- **Werte darüber informieren über einen untrainierten bzw. angespannten Zustand. Werte über 100 /min könnten pathologisch sein und erfordern eine medizinische Rücksprache.**

Die Möglichkeit der Einnahme von Medikamenten ist bei Personen mit auffallend niedrigen Vorbelastungswerten unbedingt abzuklären, obwohl diese Angabe bereits im Anamnesebogen stehen sollte. Besser als Testleiter noch einmal nachfragen als einen Irrtum eingehen. Ebenfalls ist zu klären, ob eine Erkrankung vorliegt. Im Zweifelsfall empfiehlt es sich, ärztlichen Rat einzuholen.

Regenerationsfähigkeit

Herzfrequenzmessungen 2 min nach submaximalen Belastungen geben Auskunft:

- Schlechte Regenerationsfähigkeit: HF 10% geringer (z. B. von 160 auf 144 Schläge/min)
- Gute Regenerationsfähigkeit: HF 20% geringer (z. B. von 160 auf 128 Schläge/min)
- Sehr gute Regenerationsfähigkeit: HF 30% geringer (z. B. von 160 auf 112 Schläge/min)

Im Zeitalter der Elektronik sollte die Herzfrequenz mit einem EKG-genauen Messgerät ermittelt werden. Erfolgt eine Diagnostik unter medizinischer Aufsicht, dann gehört ein Ruhe- oder sogar ein Belastungs-EKG zum Standard.

■ Messung der Blutdruckwerte

Ein wichtiger und von Trainern oft vernachlässigter Parameter ist der Blutdruck (► Abschn. 3.3, ► Abschn. 4.1.6).

➤ Wichtig

Auch ohne Anwesenheit eines Mediziners gehört die Überwachung des Blutdrucks seitens des Testleiters vor Belastung, auf jeder Belastungsstufe (bei gesunden jungen Menschen auf jeder zweiten Stufe) und 2 min nach Belastungsende zur Pflicht. In jedem Fall muss der Testleiter abklären, ob die Testperson blutdrucksenkende Medikamente einnimmt. Diese Informationen sind unbedingt im Anamnesebogen zu vermerken.

Nicht selten lassen sich dadurch Personen mit nicht diagnostiziertem Bluthochdruck frühzeitig identifizieren und in medizinische Obhut übergeben. Wichtig ist, dass die Messung mit Stethoskop erfolgt, da elektronische Geräte während der Belastung keine aussagekräftigen Messergebnisse produzieren.

Da einige Blutdrucksenker (z. B. Betablocker, Kalziumantagonisten) je nach Dosierung auch die Herzfrequenz beeinflussen (► Abschn. 3.5.2), sind Vergleiche mit statistischem Datenmaterial oder Trainingsempfehlungen auf dieser Basis nicht zulässig.

Eigentlich sollte der Blutdruck stets an beiden Armen gemessen werden, denn bei Seitendifferenzen > 10 mmHg ist eine enge Assoziation mit Subklaviastenosen (Verengung der Arm-, Hals- und Thoraxregion versorgenden Arterien) nicht auszuschließen. Demzufolge kann die **beidseitige Messung** eine hilfreiche Methode zur frühzeitigen Erkennung einer möglichen peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (paVK) sein (Clark 2012).

Blutdruckkriterien zum Abbruch einer Belastung (Trappe und Löllgen 2000)

- > 230 mmHg systolisch
- > 115 mmHg diastolisch und/oder
- Absinken des systolischen Wertes trotz Belastungssteigerung

Bei der Beurteilung des Blutdrucks sollte der systolische Wert von 200 mmHg bei der Ergometerbelastung erst bei einer Belastungsstufe von 200 W minus Lebensalter erreicht oder überschritten werden.

Sowohl die Herzfrequenz als auch die EKG-Ableitungen und die Blutdruckwerte sind Parameter des Herz-Kreislauf-Systems. Da bei einer Ausdauerleistung darüber hinaus auch der Stoffwechsel eine wichtige Rolle spielt, ergibt sich zwangsläufig, dass eine Erhebung zusätzlicher stoffwechselphysiologischer Parameter zu genaueren Ergebnissen führt. Dazu bieten sich Laktatmessungen an.

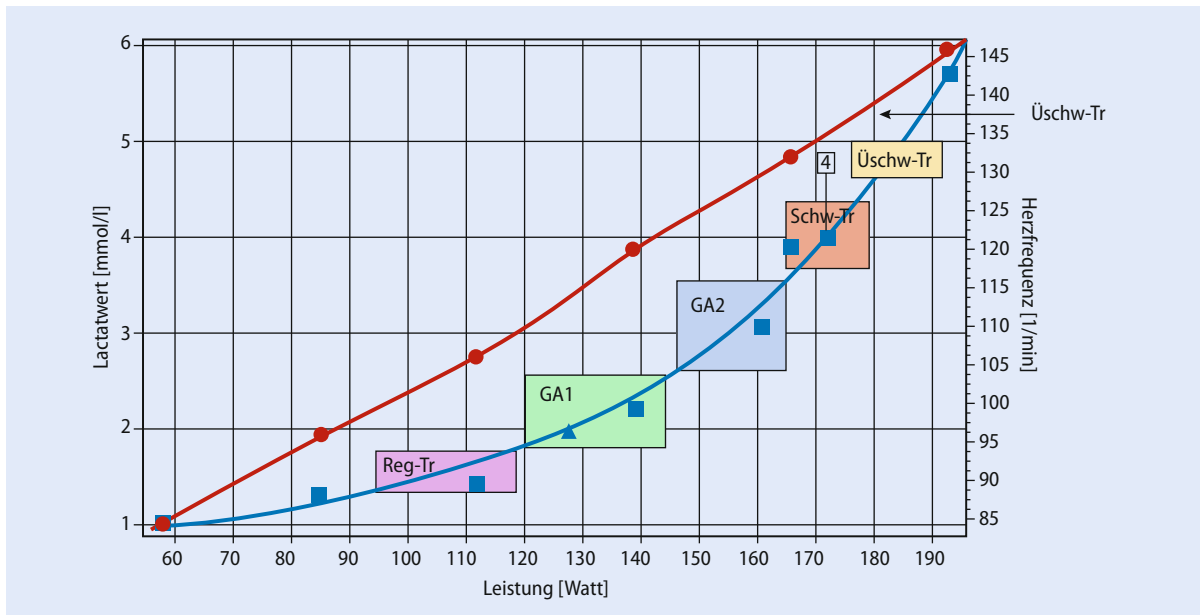


Abb. 11.1 Beispielhafte computergestützte Auswertung eines Laktatstufentests mittels winlactat-Software der Fa. MESICS (rote Linie = Herzfrequenz-, blaue Linie = Laktatkurve) und Berechnung der Trainingsbereiche. (Vgl. Föhrnbach et al. 1985). Reg-Tr = regeneratives Training (55–69% der Schwelle); GA1 = Grundlagenausdauertraining 1 (70–84% der Schwelle); GA2 = Grundlagenausdauertraining 2 (85–96% der Schwelle); Schw-Tr = Schwellentraining (97–103% der Schwelle); Üschw-Tr = überschwelliges Training (> 103% der Schwelle)

■ Messung von Laktatwerten

Zur Bestimmung von Laktatwerten gehört die fachgerechte Abnahme von Kapillarblut aus dem Ohrläppchen der Testperson. Da Personen mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen neben anderen Medikamenten teilweise auch »blutverdünnende« Präparate (Thrombozytenaggregationshemmer wie z. B. Acetylsalizylsäure, ASS) einnehmen, ist für den Testleiter Vorsicht geboten. Bei der Verwendung von hyperämisierenden Salben (z.B. Finalgon) kann es bei der Blutabnahme am Ohr zu starken Blutungen kommen. Deshalb empfiehlt es sich in diesem Fall auf eine Hyperämisierung zu verzichten und auf ein sanftes Einstechen der Lanzette ins Ohrläppchen zu achten.

Über die Diagnostik erhält der Testleiter eine Laktat- und Herzfrequenzkurve in Abhängigkeit der Belastungsintensität. Zur anschaulichen grafischen Darstellung und Auswertung der Ergebnisse werden die Testdaten nach Beendigung der Diagnostik in ein Computerprogramm (z. B. winlactat) eingegeben (Abb. 11.1). Aus dem Laktatkurvenverlauf, der Betrachtung fixer und der Berechnung individueller anaerober Schwellen lassen sich Intensitätsbereiche ableiten, die beim Erstellen eines Trainingsplans zum Erreichen der Ziele hilfreich sind.

■ Messung der Atemgase

Noch genauere Einblicke in die Leistungsfähigkeit von Probanden liefert eine **Spiroergometrie**, d. h. die Bestim-

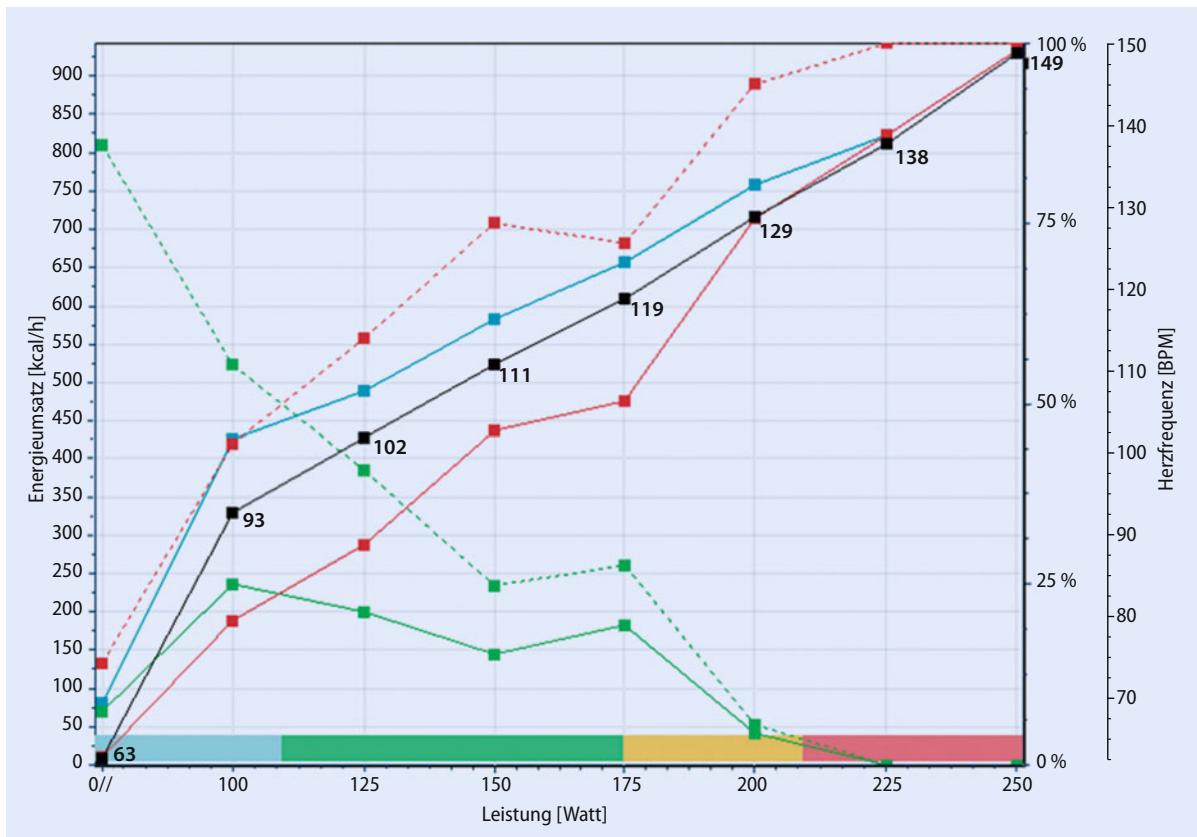
mung von Atemgaswerten unter Belastungsbedingungen. Hierbei werden die Sauerstoffaufnahme (VO_2) und Kohlendioxidabgabe (VCO_2) ermittelt und über den respiratorischen Quotienten (RQ) zueinander in Beziehung gesetzt ▶ Abschn. 10.1, Abb. 11.2; Tab. 11.1).

Um aussagekräftige Ergebnisse zu erzielen soll der Kunde **vor** einer Spiroergometrie

- 3 Tage kein Training durchführen
- 2 h keine Kohlenhydrate aufnehmen

Die Messung der Atemgase (VO_2 und VCO_2) erlauben sog. ventilatorische Schwellen zu berechnen. Die **ventilatorische Schwelle VT1**, ursprünglich bei Wassermann (1973) »anaerobic threshold« (nicht zu verwechseln mit der anaeroben Schwelle bei der Laktatdiagnostik!) genannt, entspricht dem ersten Laktatanstieg. Die aus der Laktatdiagnostik bekannte anaerobe Schwelle entspricht **VT2** und wird als **respiratorischer Kompensationspunkt (RCP)** bezeichnet.

Da sich methodisch bei der Spiroergometrie rampenförmige Protokolle mit kontinuierlichem Anstieg der Belastung oder kürzere Belastungsstufen als 3 min durchgesetzt haben und bei der Berechnung der Schwellen unterschiedliche Parameter zugrunde liegen, sind beim Vergleich von Laktatdiagnostik und Spiroergometrie Abweichungen zu erwarten (Kindermann 2004).



■ **Abb. 11.2** Kurven verschiedener Parameter einer Spiroergometrie, — Kalorienverbrauch [kcal/h]; — Herzfrequenz [1/min]; — Abs. Fettverbrennung [kcal/h]; — Abs. Kohlenhydratverbrennung [kcal/h]; - - - rel. Fettstoffwechsel [%]; - - - rel. Kohlenhydratstoffwechsel [%]

■ **Tab. 11.1** Gemessene und berechnete Werte am Beispiel einer Spiroergometrie

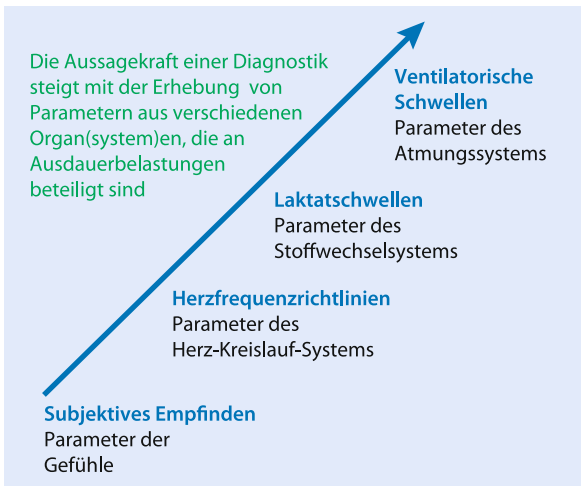
Stufe	Leistung (W)	Dauer (min)	HF (1/min)	VO ₂ (l/min)	RQ	Fett (kcal/h)	KH (kcal/h)	Fett (%)	KH (%)	Energie (kcal/h)
1	0	1:22	63	0,287	0,74	70	12	86	14	82
2	100	3:00	93	1,457	0,83	236	190	55	45	425
3	125	2:58	102	1,658	0,88	200	289	41	59	489
4	150	3:01	111	1,951	0,93	145	437	25	75	582
5	175	3:02	119	2,206	0,92	182	475	28	72	657
6	200	3:00	129	2,500	0,98	42	714	6	94	756
7	225	2:59	138	2,708	1,01	0	823	0	100	823
8	250	3:02	149	3,071	1,07	0	933	0	100	933

➤ Wichtig

Für die Steuerung von Trainingsbelastungen sind Laktatschwellen (IAS, maxLaSS; ► Abschn. 10.3, siehe auch Exkurs »Lactat-Schwellenkonzepte«, Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>) gut geeignet. Der Vorteil der Spiroergometrie gegenüber der Laktatdiagnostik besteht darin,

dass sie eine genaue Bestimmung des Kalorienverbrauchs und des Übergangs vom Fett- in den Kohlenhydratstoffwechsel ermöglicht.

Die Auswahl der Messparameter aus den verschiedenen, an einer Ausdauerleistung beteiligten Organsystemen, bestimmt die Aussagekraft der Diagnostik (■ Abb. 11.3).



■ Abb. 11.3 Abhängigkeit zwischen der Qualität diagnostischer Verfahren und den messbaren Parametern

Herzfrequenzmessungen stellen den Mindeststandard bei einer Diagnostik dar. Wenn darüber hinaus noch die Möglichkeit besteht, Laktat- oder ventilatorische Schwellen zu bestimmen, erleichtert es die Arbeit des Trainers und erhöht den Nutzen für den Kunden.

Nach Erstellung des Testdesigns kann die Diagnostik mit Messung der Vorbelastungsparameter beginnen. Der Testleiter oder ein Assistent protokolliert detailliert den Testverlauf mit den festgelegten Belastungsparametern sowie eventuellen besonderen Vorkommnissen. Falls ein Abbruchkriterium (Blutdruck-, Herzfrequenzgrenzwerte) auftritt, wird der Test sofort beendet. Ansonsten wird die Diagnostik so lange wie geplant fortgesetzt, bis ein Messparameter die Abbruchgrenze erreicht hat (■ Abb. 11.4).

Danach wertet der Testleiter die Daten aus und bespricht die Ergebnisse mit dem Kunden. Die Bewertung der diagnostischen Resultate basiert auf dem Vergleich zwischen den persönlichen Ergebnissen der Testperson mit statistischen Daten. Derartige **Maßstäbe (Normen)** sind allgemeingültige Vergleichsskalen für beliebige Messwerte (Bös u. Feldmeier 1992).

➤ Wichtig

- Der Vergleich zwischen den persönlichen Daten der Testperson und von Gleichaltrigen desselben Geschlechts (sozialbezogene Norm) bietet einen Maßstab zur Bewertung der momentanen persönlichen Leistungsfähigkeit (z.B. PWC-Wert, VO_{2max} , Dynavit-Wert).
- Der Vergleich zwischen den Ergebnissen derselben Testperson zu früheren Testergebnissen (personenbezogene Norm) liefert Informationen über seine Leistungsentwicklung.

11.3 Tests auf dem Fahrradergometer

Fahrradergometertests haben den Vorteil, dass mehrere standardisierte Testprotokolle zur Verfügung stehen und die Ergebnisse aufgrund von vorhandenen Referenzdaten einen interpersonellen Vergleich zulassen. So kann jede Testperson erfahren, welchen Leistungsstand sie im Vergleich zu ihren Alters- und Geschlechtsgenossen hat. Nachteil der Fahrradergometrie ist, dass Untrainierte mit geringer Beinkraft den Test möglicherweise vorzeitig abbrechen müssen.

Vor Beginn der Diagnostik hat der Trainer zu überlegen, welches Testdesign für den Probanden angemessen ist, sodass dieser die Belastung über 4–6 Stufen leisten kann. Aus der Literatur stehen einige Belastungsprotokolle zur Verfügung:

- WHO-Test (25 + 25 W jede 2 min)
- Hollmann-Venrath-Test (30 + 40 W jede 3 min)
- IfTB-Test (0,66 + 0,33 W/kg KG jede 3 min)
- BAL-Test (50 + 50 W jede 3 min)
- Conconi-Test (Belastung nach Zeit-Leistungs-Produkt)

Bei Anwendung eines dieser standardisierten Belastungsprotokolls erübrigen sich eigene Gedanken über Stufendauer, Belastungssteigerung und Abbruchkriterium. Beim **WHO-Test** wird nach einer Einstiegsbelastung von 25, 50 W oder höher alle 2 min um weitere 25 W erhöht. **Hollmann/Venrath** gehen dagegen bei dem nach ihnen benannten Testverfahren von 30 W Einstiegsbelastung aus und erhöhen alle 3 min um 40 W.

Das **Institut für Trainingsberatung (IfTB-Test)** – heute KörperManagement GbR – belastet seine Testpersonen in Abhängigkeit ihres Körpergewichts. Als Einstieg gilt es, je nach Leistungsniveau 0,33/0,66 oder 1,0 W/kg KG zu bewältigen. Nach jeweils 3 min wird die Belastung um weitere 0,33 W/kg gesteigert.

Die Diagnostik endet ohne medizinische Begleitung und ohne Laktatdiagnostik oder Spiroergometrie im submaximalen Bereich. Als **Abbruchkriterium** gelten die PWC-Kriterien (physical working capacity), d. h. für Personen im Alter

- < 30 Jahren bei 170 Schlägen/min (PWC 170)
- 31–50 Jahren bei 150 Schlägen/min (PWC150)
- > 50 Jahren bei 130 Schlägen/min (PWC130)

Bei der Durchführung von Laktatmessungen sollte der Wert bei Testabbruch auf alle Fälle über 4 mmol, bestenfalls 5–6 mmol/l Blut erreicht haben. Gleiches gilt, wenn parallel dazu eine Spiroergometrie durchgeführt wird.

Auch der Bundesausschuss Leistungssport, eine Abteilung des Deutschen Olympischen Sportbundes, hat ein standardisiertes Testverfahren entwickelt, den **BAL-Test**. Es startet mit 50 W und alle 3 min wird die Belastung um

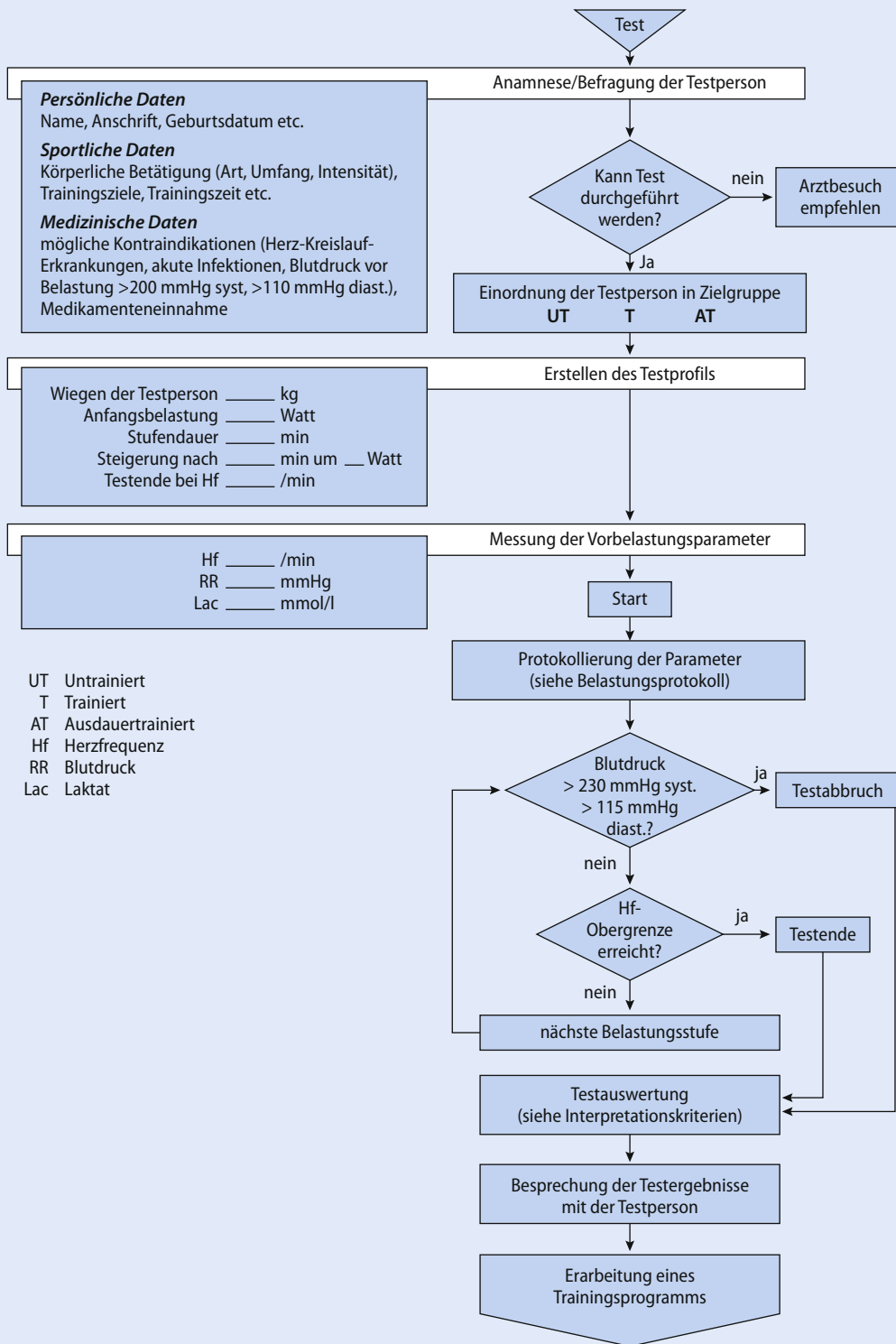
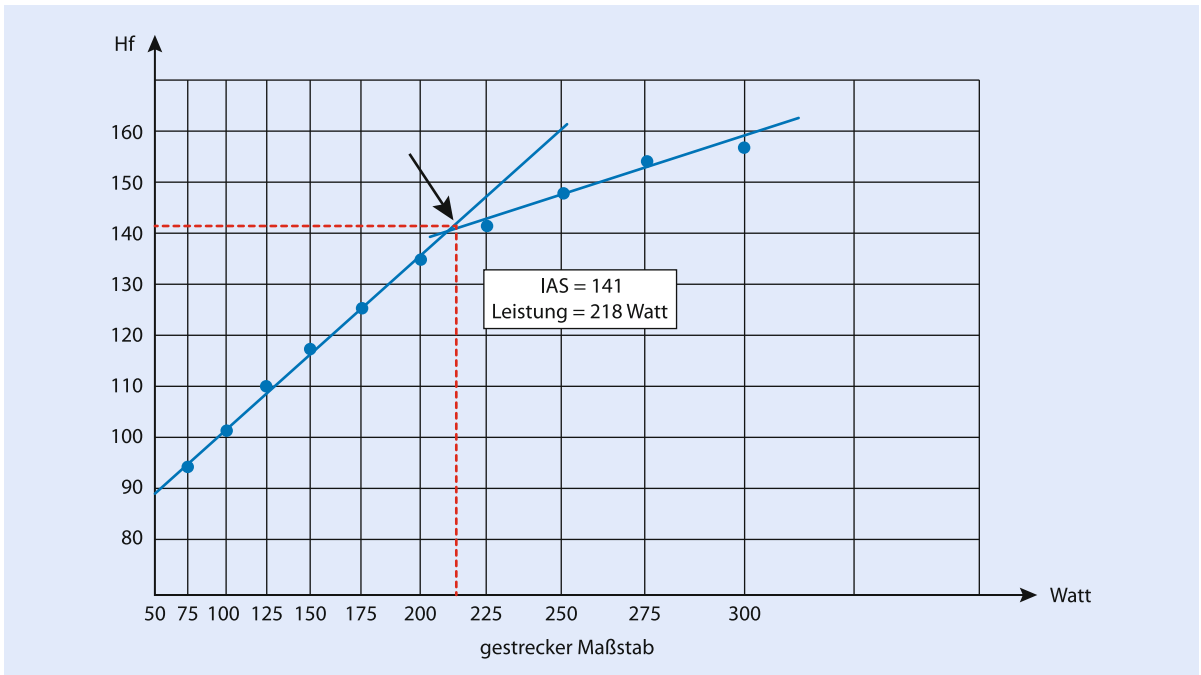


Abb. 11.4 Flussdiagramm zur Konzeption, Durchführung und Auswertung von Stufentests



■ Abb. 11.5 Leistungskurve eines Conconi-Tests mit Darstellung des Deflektionspunktes (schwarzer Pfeil)

weitere 50 W erhöht. Da er vorwiegend im Leistungssport eingesetzt wird und unter ärztlicher Kontrolle in sportmedizinischen Untersuchungszentren stattfindet, ist eine Ausbelastung der Testperson vorgesehen.

Beim Vergleich der Testverfahren wird deutlich, dass keines unreflektiert auf allen Leistungsebenen übernommen werden kann:

➤ Wichtig

Der WHO-Test ist am ehesten für Personen mit geringem bis durchschnittlichem Leistungsniveau sinnvoll, das Testprotokoll von Hollmann/Venrath eignet sich mehr für überdurchschnittlich bis gut Trainierte, das IFTB-Verfahren kann in nahezu allen Leistungsklassen außer im Leistungssport eingesetzt werden, während der BAL-Test fast ausschließlich im (Hoch-)Leistungssport zur Anwendung kommt.

Ein weiteres, in der Literatur oft genanntes Stufentestverfahren sei an dieser Stelle noch genannt, der **Conconi-Test** (wird auch als Laufband- oder Feldtest durchgeführt). Er wurde von dem italienischen Biomechaniker und Amateurradrennfahrer Francesco Conconi entwickelt. Im Unterschied zu den bisher genannten Stufentests ist die Stufendauer abhängig vom Zeit-Leistungs-Produkt. Dies bedeutet: Bei einer Einstiegsbelastung von z. B. 50 W und einer Stufendauer von 120 s ergibt sich ein Zeit-Leistungs-Produkt von 6000. Bei einer Stufenerhöhung um 10 auf 60 W folgt daraus, dass sich bei gleichem Zeitleistungspro-

dukt die Stufendauer auf 100 s verkürzt. Im weiteren Testverlauf wird daher die Stufendauer immer niedriger:

$$\begin{aligned}
 50 \text{ W} \times 120 \text{ s} &= 6000 \text{ Ws} \\
 60 \text{ W} \times 100 \text{ s} &= 6000 \text{ Ws}, \\
 &\vdots \\
 100 \text{ W} \times 60 \text{ s} &= 6000 \text{ Ws} \\
 &\vdots \\
 200 \text{ W} \times 30 \text{ s} &= 6000 \text{ Ws}
 \end{aligned}$$

Die gemessene Herzfrequenz wird in einem Diagramm über der Wattleistung dargestellt (■ Abb. 11.5). Die Auswertung des Tests basiert auf der Annahme, dass in den unteren Belastungsstufen die Herzfrequenz annähernd linear ansteigt. Wenn bei höheren Intensitäten dann der glykolytische Energiestoffwechsel verstärkt einsetzt, soll sie abflachen. Am Deflektionspunkt (Abknickpunkt der Herzfrequenzkurve) liegt nach Conconi die individuelle anaerobe Schwelle (IAS). Der Test wird mit Maximalbelastung durchgeführt und ist daher für den Gesundheits- und Freizeitsport ungeeignet. Außerdem bedarf es großer Erfahrung (und manchmal auch viel Fantasie), den Deflektionspunkt zu erkennen. Insofern hat der Conconi-Test – wenn überhaupt – eine begrenzte Aussagekraft.

Unabhängig vom Testdesign liegen nach Beendigung der Diagnostik die gemessenen und im Belastungsprotokoll notierten Rohdaten als Testergebnis vor (■ Tab. 11.2). Die Aussagekraft der erhobenen Daten ergibt sich erst im Vergleich zu Referenzwerten (interpersonell) oder zu bereits früher durchgeführter Testergebnissen derselben Person (intrapersonell).

■ **Tab. 11.2** Belastungsprotokoll eines Stufentests am Beispiel einer Testperson (»Testi«)

Name: Testi		Vorname: Test		
Geburtsdatum: 01.05.1963		Geschlecht: männlich		
Gewicht (kg): 75		Länge (cm): 171		
Untersuchungsdatum: 02.05.2013		Uhrzeit: 16.30		
	Intensität (W)	HF (S/min)	Laktat (mmol/l)	RR (mmHg)
Testart: x Ergometer 0 Laufband 0 Feldtest 0	Vorbelastung	82	1,0	130/80
	53	102	1,6	140/80
	79	116	1,7	150/80
	105	130	2,0	160/80
	131	147	2,4	170/80
Stufendauer: 0 2 min x 3 min 0 ... min	157	165	3,8	195/80
	183	172	5,1	200/80
	Erholung (2 min)	134	4,5	160/70

■ **Kriterien der Bewertung**
 ■ **Beispiel Testperson »Testi«:**
75kg/50 Jahre/männlich

Herzfrequenzwerte Die Herzfrequenzwerte geben einen ersten Eindruck über die Testperson. Mit 82/min hat der Proband eine normale Herzfrequenz vor der Belastung. Nach Belastungsende geht seine Herzfrequenz nach 2 min von 172 auf 134/min zurück. Dies entspricht einer Erholungsrate von ca. 22% in 2 min und ist mit »gut« zu bewerten. Die Herzfrequenzen bei Belastung geben nur in Relation zur Wattleistung eine Aussage, die beim Dynavit-Wert und der PWC-Bewertung zum Ausdruck kommt (s. u.).

Blutdruckwerte Die gemessenen Blutdruckwerte sind alle als normal zu charakterisieren. 130/80 mmHg vor der Belastung entspricht der Norm nach den ESH/ESC-Richtlinien (■ Tab. 4.2). 200 mmHg erreicht der Proband erst bei einer Leistung von 183 W (mehr als 200 W minus Lebensalter).

Wattleistung Ein weiteres aussagekräftiges Beurteilungskriterium ist die bei Testende erreichte Wattleistung.

- Männer sollten 3,0 W/kg KG – 10% für jede Lebensdekade ab dem 30. Lebensjahr leisten können.
- Bei Frauen sind wegen der geringeren, hormonell bedingten Muskelmasse 2,5 W/kg KG – 8% für jede Lebensdekade ab dem 30. Lebensjahr gefordert.

Beispiel Testperson »Testi« (■ Tab. 11.2): Die 50-jährige männliche Testperson müsste

$$3 \times 75 \text{ W} = 225 \text{ W} - 20\% = 180 \text{ W}$$

leisten können. Sie erreicht tatsächlich in der Endbelastung 183 W.

■ **PWC-Bewertung (Physical Working Capacity)**

Ein weiteres allgemein anerkanntes Interpretationskriterium ist der PWC-Wert 130/150/170.

➤ **Wichtig**

Der PWC-Wert beschreibt die Wattleistung pro kg KG, die eine Testperson bei Herzfrequenzen von 130/150/170 Schlägen pro Minute zu leisten vermag.

Da die Herzfrequenz mit zunehmendem Alter sinkt, genügt es bei älteren Personen den PWC130 zu bestimmen. Bei jüngeren Probanden können alle drei PWC-Werte berechnet werden. Ein Extrapolieren der PWC-Werte ist nicht zulässig (z. B. wenn die Herzfrequenz bei Abbruch 165/min erreicht, nicht auf PWC170 hochrechnen).

Steht kein Computerprogramm zur Verfügung, dann lässt sich der PWC-Wert per Taschenrechner bestimmen oder über eine Excel-Tabelle berechnen. Dazu dient die Formel:

$$\text{PWC} = W_1 + (W_2 - W_1) \times \frac{(P - P_1)}{(P_2 - P_1)}$$

P = angestrebte Herzfrequenz (z. B. 130/min)

W_1 = Wattstufe entsprechend P_1

P_1 = Herzfrequenz, die am nächsten unter z. B. 130 Schläge/min liegt

W_2 = Wattstufe entsprechend P_2

P_2 = Herzfrequenz, die am nächsten über z. B. 130 Schläge/min liegt

Das Ergebnis der Berechnung ist nun durch das Gewicht der Testperson zu dividieren. Daraus ergibt sich der PWC-Wert für die in die Formel eingesetzte Zielherzfrequenz 130, 150 oder 170 Schläge/min.

■ ■ Beispiel Testperson »Testi«: 75 kg, 50 Jahre, männlich

PWC 130 Sie erreicht auf der 3. Belastungsstufe exakt eine Herzfrequenz von 130/min bei 105 W. Dies entspricht bei 75 kg einem PWC130 von 1,4 W/kg KG.

PWC 150 Sie erreicht 150 Schläge/min zwischen der 4. und 5. Belastungsstufe. Beim Einsetzen der Werte aus ■ Tab. 11.2 ergibt sich folgende Rechnung:

$$\begin{aligned} \text{PWC150} &= 131 + (157 - 131) \times \frac{(150 - 147)}{(165 - 147)} \\ &= 131 + 26 \times \frac{3}{18} = 131 + 4,33 = 135,33 \end{aligned}$$

Dieses Ergebnis wird nun durch das Körpergewicht von 75 kg geteilt und ergibt den PWC150 von 1,80 W/kg KG.

PWC170 Nach demselben Rechenverfahren liegt der PWC170 bei 2,34 W/kg KG.

Im Vergleich der Ergebnisse der Testperson mit den statistischen Daten aus ■ Tab. 11.3 ergibt sich:

- PWC130: 1,4 W/kg entspricht einer durchschnittlichen Bewertung (1,5–20% = 1,3)
- PWC150: 1,8 W/kg entspricht ebenfalls einer durchschnittlichen Bewertung (2,0–20% = 1,6)
- PWC170: 2,3 W/kg entspricht ebenfalls einer durchschnittlichen Bewertung (2,5–20% = 2,0)

Der Vergleich der verschiedenen PWC-Werte ist sinnvoll. Obwohl sich am vorliegenden Beispiel keine Unterschiede ergeben, können bei anderen Testpersonen unterschiedliche Bewertungen vorkommen. Ein PWC170 im überdurchschnittlichen und ein PWC130 im unterdurchschnittlichen Bereich können auf Defizite im Grundlagenausdauerbereich beruhen.

■ Dynavit-Wert – physiologisches Alter

Ein weiterer Bewertungsparameter von Leistungen auf dem Fahrradergometer ist der **Dynavit-Wert**. Er wurde von Hollmann in den 1970er Jahren für die Fa. Keiper Dynavit, bis heute Hersteller von Ergometern, entwickelt. Mittels eines Algorithmus lässt sich – allerdings ausschließlich auf Dynavit-Ergometer – das biologische Alter von Probanden bestimmen (■ Tab. 11.4).

■ Tab. 11.3 Bewertung der PWC-Werte

		Bewertungsnormen (W/kg KG)				
		–	ø	+	++	+++
PWC130	Mann	1,1	1,5	1,9	2,4	2,9
	Frau	1,0	1,3	1,6	2,0	2,5
PWC150	Mann	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5
	Frau	1,2	1,6	2,0	2,4	2,9
PWC170	Mann	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
	Frau	1,6	2,0	2,4	2,9	3,4
PWC _{Max}	Mann	2,5	3,0	3,5	4,1	4,6
	Frau	2,1	2,6	3,0	3,5	3,8
Alterskorrektur: – Männer: –1%/Jahr > 30 Jahre – Frauen: –0,8%/Jahr > 30 Jahre						

➤ Wichtig

- Ein Dynavit-Wert 85 bedeutet, das biologische stimmt mit dem chronologischen Alter der Testperson überein. Niedrigere Werte bescheinigen ihr ein biologisch höheres, höhere Dynavit-Werte ein biologisch geringeres Alter als in der Geburtsurkunde vermerkt.
- Personen mit einem höheren Dynavit-Wert besitzen einen besseren, bei einem niedrigen Wert dagegen einen geringeren Trainingszustand im Ausdauerbereich als Gleichaltrige desselben Geschlechts.

Dies bedeutet nicht, dass mit dem Test eine Messung des tatsächlichen Zellalters möglich ist. Erfahrungsgemäß ist der Dynavit-Wert für Kunden ein hoher Motivationsfaktor zu mehr und systematischerem Training.

■ ■ Beispiel Testperson »Testi«: 75 kg, 50 Jahre, männlich

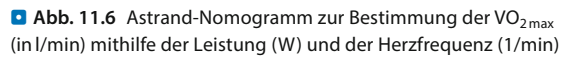
Beispiel Testperson »Testi«: Dynavit-Wert 97: Überdurchschnittlicher Wert (Durchschnitt 85), d. h. biologisch ist die Testperson jünger als 50 Jahre bzw. besser trainiert als Gleichaltrige. Physiologisches Alter entspricht ca. 42 Jahre (■ Tab. 11.4).

■ Bewertung der maximalen Sauerstoffaufnahme-fähigkeit VO_{2max}

Ein weiteres Beurteilungskriterium bei der Fahrradergometrie ist die VO_{2max} (► Abschn. 10.1). Sie kann entweder direkt über die **Spiroergometrie** gemessen oder auf der

Tab. 11.4 Berechnung des physiologischen Alters (in Jahren) aus Dynavit-Wert und chronologischem Alter

Chronologisches Alter (Jahre)	Dynavit-Wert														
	55	60	65	70	75	80	85	90	100	105	110	115	120	125	130
90							90	85	81	78	74	70	66	61	57
88							88	83	79	76	72	68	64	59	55
86							86	80	76	73	69	65	61	56	52
84							84	78	74	71	67	63	59	54	50
82				90			82	76	72	69	65	61	57	52	48
80			90	88			80	73	69	66	62	58	54	49	45
78		90	88	86			78	71	67	64	60	56	52	47	43
76	90	88	86	84			76	69	65	62	58	54	50	45	41
74	88	86	84	82			74	66	62	59	55	51	47	42	38
72	86	84	82	80			72	64	60	57	53	49	45	40	36
70	84	82	80	78			70	62	58	55	51	47	43	38	34
68	82	80	78	76			68	59	56	53	49	45	41	36	32
66	80	78	76	74			66	57	54	51	47	43	39	34	30
64	78	76	74	72			64	56	52	48	45	40	36	31	27
62	76	74	72	70			62	53	49	46	42	38	34	29	25
60	74	72	70	68			60	51	47	44	40	35	31	26	22
58	72	70	68	66			58	49	45	41	37	33	29	24	20
56	70	69	66	64			56	46	42	39	35	31	27	22	
54	69	67	65	62			54	44	40	37	33	28	24	20	
52	68	66	63	60			52	42	38	35	30	26	22		
50	66	64	61	59			50	40	36	32	28	24	20		
48	64	62	59	57			48	38	34	30	26	21			
46	63	60	58	55			46	36	32	28	23	20			
44	61	58	56	53			44	34	29	25	21				
42	59	57	54	51			42	31	27	23	20				

[illegible]

Moderne Fahrradergometer bieten die Möglichkeit, die $\text{VO}_{2\text{max}}$ über die Messung der Wattleistung und der Herzfrequenz geschlechts-, alters- sowie gewichtsbezogen als relative maximale Sauerstoffaufnahme mittels des Astrand Nomogramms zu berechnen und mit statistischen Daten zu vergleichen.

Steht kein Computerprogramm zur Verfügung, so lässt sich mit etwas Aufwand die absolute und relative maximale Sauerstoffaufnahme bei submaximaler Fahrradergometerbelastung aus der Belastung (in W) und der zugehörigen Herzfrequenz nach Astrand ermitteln (■ Abb. 11.6).

Auf der letzten Belastungsstufe leistet die Testperson 183 W mit einer Herzfrequenz von 172/min (■ Tab. 11.2). Das Ziehen einer Verbindungsgeraden führt zu einer $\text{VO}_{2\text{max}}$ von ca. 3,2 l/min (■ Abb. 11.6).

Diesen Wert gilt es nun auf das Alter (■ Tab. 11.5) und das Körpergewicht (■ Tab. 11.6) der Testperson abzugleichen. Die daraus berechnete **relative maximale Sauerstoffaufnahme** kann danach abschließend bewertet werden (■ Tab. 11.7).

Tab. 11.5 Umrechnungstabelle der $\text{VO}_{2\text{max}}$ (l/min) auf das Lebensalter

O ₂ -Aufnahme (l/min)	Alter (Jahre)									
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
1,5	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0
1,6	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,0
1,7	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1
1,8	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2
1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2
2,0	2,0	2,0	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
2,1	2,1	2,1	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4
2,2	2,2	2,2	2,0	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,4
2,3	2,3	2,3	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5
2,4	2,4	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6
2,5	2,5	2,5	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,7	1,6
2,6	2,6	2,6	2,4	2,3	2,2	2,0	2,0	1,8	1,8	1,7
2,7	2,7	2,7	2,5	2,4	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8	1,8
2,8	2,8	2,8	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,8
2,9	2,9	2,9	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9
3,0	3,0	3,0	2,7	2,6	2,5	2,3	2,3	2,1	2,0	2,0
3,1	3,1	3,1	2,8	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0
3,2	3,2	3,2	2,9	2,8	2,7	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1
3,3	3,3	3,3	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5	2,3	2,2	2,1
3,4	3,4	3,4	3,1	3,0	2,8	2,7	2,6	2,4	2,3	2,2
3,5	3,5	3,5	3,1	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3
3,6	3,6	3,6	3,2	3,1	3,0	2,8	2,7	2,6	2,5	2,3
3,7	3,7	3,7	3,3	3,2	3,1	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4
3,8	3,8	3,8	3,4	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7	2,6	2,5
3,9	3,9	3,9	3,5	3,4	3,2	3,0	2,9	2,8	2,7	2,5
4,0	4,0	4,0	3,6	3,5	3,3	3,1	3,0	2,8	2,7	2,6
4,1	4,1	4,1	3,7	3,6	3,4	3,2	3,1	2,9	2,8	2,7
4,2	4,2	4,2	3,8	3,7	3,5	3,3	3,2	3,0	2,9	2,7
4,3	4,3	4,3	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	3,1	2,9	2,8
4,4	4,4	4,4	3,9	3,8	3,7	3,4	3,3	3,1	3,0	2,9
4,5	4,5	4,5	4,0	3,9	3,7	3,5	3,4	3,2	3,1	2,9
4,6	4,6	4,6	4,1	4,0	3,8	3,6	3,5	3,3	3,1	3,0
4,7	4,7	4,7	4,2	4,1	3,9	3,7	3,5	3,3	3,2	3,1
4,8	4,8	4,8	4,3	4,2	4,0	3,7	3,6	3,4	3,3	3,1
4,9	4,9	4,9	4,4	4,3	4,1	3,8	3,7	3,5	3,3	3,2
5,0	5,0	5,0	4,4	4,3	4,2	3,9	3,8	3,6	3,4	3,3

■ Tab. 11.5 (Fortsetzung)

5,1	5,1	5,1	4,5	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,5	3,3
5,2	5,2	5,2	4,6	4,5	4,3	4,1	3,9	3,7	3,5	3,4
5,3	5,3	5,3	4,7	4,6	4,4	4,1	4,0	3,8	3,6	3,4
5,4	5,4	5,4	4,8	4,7	4,5	4,2	4,1	3,8	3,7	3,5
5,5	5,5	5,5	4,9	4,8	4,6	4,3	4,1	3,9	3,7	3,6
5,6	5,6	5,6	5,0	4,9	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6
5,7	5,7	5,7	5,1	5,0	4,7	4,4	4,3	4,0	3,9	3,7
5,8	5,8	5,8	5,1	5,0	4,8	4,5	4,4	4,1	4,0	3,8
5,9	5,9	5,9	5,2	5,1	4,9	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8
6,0	6,0	6,0	5,3	5,2	5,0	4,7	4,5	4,3	4,1	3,9

■ ■ Beispiel Testperson »Testi«: 75 kg, 50 Jahre, männlich

- **Altersbezogen:** $VO_{2\max} = 2,4 \text{ l/min}$
- **Gewichtsbezogen:** $VO_{2\max} = 32 \text{ ml/min/kg KG}$
- **Abschließende Bewertung:** durchschnittlich

Der Vergleich der Testergebnisse von Kunden mit Alters- und Geschlechtsgenossen liefert noch keine Fakten für die Planung des folgenden Trainings. Deshalb bleibt zu klären, wie sich aus den erhobenen Daten Trainingsempfehlungen ableiten lassen.

■ Umrechnung von Leistungen auf dem Fahrradergometer in Lauf- bzw. Gehgeschwindigkeiten

Patienten, Leistungsschwache und Einsteiger bevorzugen häufig die Ausdauerdisziplin (Nordic-)Walking. Deshalb ist es von Vorteil, die Daten aus der Fahrradergometrie für die Berechnung von Geh- oder Laufgeschwindigkeiten zu nutzen. Lagerström (1987, in Rost 2005) hat eine Tabelle entwickelt (■ Abb. 11.7), die die Umrechnung der Leistung auf dem Fahrradergometer in Lauf- bzw. Gehgeschwindigkeiten für den **Zielpulswert (Herzfrequenzrichtwert) 180 minus Lebensalter** erleichtert.

■ ■ Beispiel Testperson »Testi«: 75 kg, 50 Jahre, männlich

Die Testperson leistet bei einer Herzfrequenz von 180/min minus Lebensalter (bei 50 Jahren 130 Schläge/min) 105 W (■ Tab. 11.2). Bei 75 kg Körpergewicht ergibt sich daraus eine Geh-/Laufgeschwindigkeit von 105–110 m/min (oberer Tabellenteil in ■ Abb. 11.7). Im unteren Tabellenteil sind Laufgeschwindigkeiten pro 1000 m angegeben. Wenn z. B. ein 60-Jähriger mit 70 kg bei einer Herzfrequenz von 180 minus Lebensalter (120 Schläge/min) 125 W auf dem Ergometer tritt, dann sollte er 1000 m in 8 min zurücklegen (unterer Tabellenteil in ■ Abb. 11.7).

Diese Umrechnung beruht auf folgenden Zusammenhängen:

- Gleiche Leistungen erfordern gleichen Energieumsatz.
- Der O_2 -Ruhebedarf liegt bei ca. 350 ml/min bzw. 3,5 ml/min/kg.
- Die O_2 -Aufnahme steigt mit der Belastung linear an.
- Jedes zusätzlich geleistete Watt benötigt einen O_2 -Mehrbedarf von 12 ml/min.
- 1 kcal Energie ermöglicht rechnerisch eine Leistung von ca. 17 W zu erbringen.

Im Unterschied zu Belastungen auf dem Ergometer (Fahrrad) hängt die Leistung beim Gehen oder Laufen auch vom Körpergewicht der Person und der dabei eingesetzten Körpermasse (kräftige Armbewegungen) ab (Rost et al. ohne Jahr):

➤ Wichtig

Belastungen von 25 W entsprechen etwa langsamem Gehen, 50 W mäßig schnellem Gehen und 75 W langsamem Traben oder Treppensteigen.

Da die Ergometrie als Labortest, das Geh-/Lauftraining aber meist im Freien stattfindet, kommen weitere Einflussgrößen wie Bodenbeschaffenheit (Tartanbahn oder weicher Waldboden) und Witterungsbedingungen (Gegen- oder Rückenwind) dazu. Entsprechende Tabellen können deshalb bei der Umrechnung von ergometrischen Ergebnissen in Geh- oder Laufgeschwindigkeiten nur zur Orientierung dienen. Für genauere Aussagen sind sportartspezifische Tests erforderlich.

Als **Organisationsform** zur Umsetzung im Training bietet sich der Rechtecklauf (auch als Pendellauf möglich) an. Die Ecken werden mit Hütchen (Pylonen) markiert. Nach Berechnung der persönlichen Geh- oder Laufgeschwindigkeiten läuft der Kunde die für ihn ermittelte

Tab. 11.6 Umrechnungstabelle der $\text{VO}_{2\text{max}}$ auf das Körpergewicht (rel. $\text{VO}_{2\text{max}}$) (in ml/min/kg)

Körper- gewicht (kg)	Sauerstoffaufnahme (l/min)															
	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,2	4,4	4,6
50	32	36	40	44	48	52	56	60	64	68	72	76	80	84	88	92
52	31	35	38	42	46	50	54	58	62	65	69	73	77	81	85	88
54	30	33	37	41	44	48	52	56	59	63	67	70	74	78	81	85
56	29	32	36	39	43	48	50	54	57	61	64	68	71	75	79	82
58	28	31	34	38	41	45	48	52	55	59	62	66	69	72	76	79
60	27	30	33	37	40	43	47	50	53	57	60	63	67	70	73	77
62	26	29	32	35	39	42	45	48	52	55	58	61	65	68	71	74
64	25	28	31	34	38	41	44	47	50	53	56	59	63	66	69	72
66	24	27	30	33	36	39	42	45	48	52	55	58	61	64	67	70
68	24	26	29	32	35	38	41	44	47	50	53	56	59	62	65	68
70	23	26	29	31	34	37	40	43	46	49	51	54	57	60	63	66
72	22	25	28	31	33	36	39	42	44	47	50	53	56	58	61	64
74	22	24	27	30	32	35	38	41	43	46	49	51	54	57	59	62
76	21	24	26	29	32	34	37	39	42	45	47	50	53	55	58	61
78	21	23	26	28	31	33	36	38	41	44	46	49	51	54	56	59
80	20	23	25	28	30	33	35	38	40	43	45	48	50	53	55	58
82	20	22	24	27	29	32	34	37	39	41	44	46	49	51	54	56
84	19	21	24	26	29	31	33	36	38	40	43	45	48	50	52	55
86	19	21	23	26	28	30	33	35	37	40	42	44	47	49	51	53
88	18	20	23	25	27	30	32	34	36	39	41	43	45	48	50	52
90	18	20	22	24	27	29	31	33	36	38	40	42	44	47	49	51
92	17	20	22	24	26	28	30	33	35	37	39	41	43	46	48	50
94	17	19	21	23	26	28	30	32	34	36	38	40	43	45	47	49
96	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35	38	40	42	44	46	48
98	16	18	20	22	24	27	29	31	33	35	37	39	41	43	45	47
100	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40	42	44	46

Tab. 11.7 Bewertung der relativen $\text{VO}_{2\text{max}}$ (in ml/min/kg) nach Leistungskategorien (Shvartz E, Reibold RC (1990): Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. Aviat Space Environ Med 61: 3–11)

Alter (Jahre)	Sehr schlecht	Schlecht	Durchschnittlich	Gut	Sehr gut	Ausgezeichnet
Männer						
20–24	< 32	32–37	38–50	51–56	57–62	> 62
25–29	< 31	31–35	36–48	49–53	54–59	> 59
30–34	< 29	29–34	35–45	46–51	52–56	> 56
35–39	< 28	28–32	33–43	44–48	49–54	> 54
40–44	< 26	26–31	32–41	42–46	47–51	> 51
45–49	< 25	25–29	30–39	40–43	44–48	> 48
50–54	< 24	24–27	28–36	37–41	42–46	> 46
55–59	< 22	22–26	27–34	35–39	40–43	> 43
60–65	< 21	21–24	25–32	33–36	37–40	> 40
Frauen						
20–24	< 27	27–31	32–41	42–46	47–51	> 51
25–29	< 26	26–30	31–40	41–44	45–49	> 49
30–34	< 25	25–29	30–37	38–42	43–46	> 46
35–39	< 24	24–27	28–35	36–40	41–44	> 44
40–44	< 22	22–25	26–33	34–37	38–41	> 41
45–49	< 21	21–23	24–31	32–35	36–38	> 38
50–54	< 19	19–22	23–29	30–32	33–36	> 36
55–59	< 18	18–20	21–27	28–30	31–33	> 33
60–65	< 16	16–18	19–24	25–27	28–30	> 30

Strecke in Form eines Rechtecks. Jeweils nach 1 min muss er die Start-/Zielecke wieder erreicht haben (■ Abb. 11.8). Diese Organisationsform hat den Vorteil, gleichzeitig eine größere Trainingsgruppe durch einen Trainer betreuen zu können.

■ ■ Beispiel Testperson »Testi«: 75 kg, 50 Jahre, männlich

Die Testperson soll zwischen 105 und 110 m/min laufen, d. h., sie muss auf beiden Seiten des blauen Rechtecks (Umfang = 120 m) 5 m weniger laufen und nach jeweils einer Minute den Start-Ziel-Punkt erreichen.

Auf diese Weise kann sich jeder Proband langsam entsprechend seiner Leistungsfähigkeit an die Laufgeschwindigkeit gewöhnen und Geschwindigkeitsgefühl entwickeln. Wenn es ihm gelingt, sein Rechteck mehrmals hintereinander (z. B. nach 10 min lang) in exakt 1 min zu laufen, kann ihn der Trainer zum Gehen/Laufen auf die Laufbahn oder ins freie Gelände schicken.

Werden bei der Ergometrie Laktatwerte erhoben, ergibt sich eine weitere Möglichkeit, daraus Geh- oder Laufbelastungen abzuleiten. Da beim Gehen/Laufen mehr Muskelgruppen als bei der Fahrradergometrie benötigt werden, ist die Herzfrequenz bei vergleichbaren Laktatwerten höher. Erfahrungsgemäß lässt sich über diesen Zusammenhang die Herzfrequenz, die etwa 4 mmol Laktat auf dem Ergometer entspricht, für eine Laufbelastung im Grundlagenausdauerbereich von 2–3 mmol Laktat pro Liter Blut als Orientierung vorgeben, sofern die Personen weder beim Laufen noch beim Radfahren Spezialisten sind.

■ ■ Beispiel Testperson »Testi«: 75 kg, 50 Jahre, männlich

Bei erneuter Betrachtung der ■ Tab. 11.2 ist zu erkennen, dass für die Testperson beim Laufen eine Herzfrequenz von ca. 170/min für ihr Grundlagenausdauertraining empfehlenswert wäre. (Auf der 5. Belastungsstufe leistet sie

Leistung (Watt)	Körpergewicht (kg)													
	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
50	95	90	85	80	75	70	70							
60	105	100	90	85	80	75	75	70						
70	115	110	100	95	90	85	80	75	75	70				
80	125	115	110	100	100	90	85	80	75	75	70	70		
90	135	125	115	110	105	95	90	90	85	80	75	75	70	70
100	145	135	125	120	110	105	100	95	90	85	80	80	75	75
110	155	145	135	125	115	110	105	100	95	90	85	85	80	75
120	165	155	140	135	125	120	110	105	100	95	90	90	85	80
130	175	165	150	140	130	125	120	110	105	100	95	95	90	85
140	190	175	160	150	140	135	125	120	115	110	105	100	95	95
150	200	185	170	160	150	140	130	125	120	115	110	105	100	95
160	205	190	175	165	155	145	140	130	125	120	115	110	105	105
170	215	200	185	170	160	150	145	135	130	125	120	115	110	105
180	225	205	190	180	170	160	150	140	135	130	125	120	115	110
190	235	215	200	185	175	165	155	150	140	135	130	125	120	115
200	245	225	205	195	180	170	160	155	145	140	135	130	125	120



Gehen



Traben



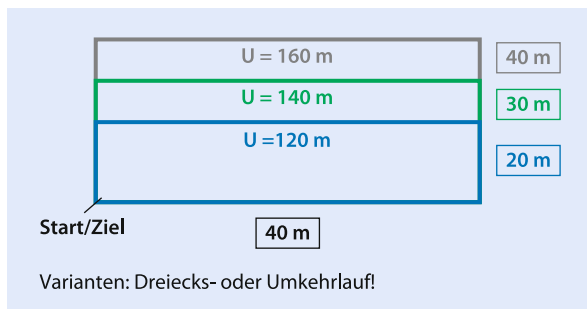
Laufen in m/min

Leistung (Watt)	Körpergewicht (kg)					
	50	60	70	80	90	100
75	8	9	10			
100	7	8	9	10		
125	6	7	8	9	10	
150	5	6	7	8	8,5	9
175	4,5	5,5	6	7	7,5	8
200	4	4,5	5	6	6,5	7



Laufzeiten (min/km)

■ Abb. 11.7 Tabelle zur Umrechnung von Wattleistungen auf dem Ergometer in Geh- bzw. Laufgeschwindigkeiten (nach Lagerström 1987)



■ Abb. 11.8 Organisationsform zur Übertragung von ergometrischen Daten in Laufgeschwindigkeiten (Rechtecklauf)

157 W mit einer Herzfrequenz von 165/min und einem Laktatwert von 3,8 mmol/l.)

Die empfohlene hohe Herzfrequenz mag überraschen, aber es gibt Personen, die problemlos in der Lage sind, sich mit hohen Herzfrequenzen über eine Dauer von Stunden zu belasten (»Hochpulsierer«). Durch Laktat-Kontrollmessungen in der Mitte und am Ende einer Trainingseinheit kann der Trainer überprüfen, ob bei Einhaltung der Intensitätsvorgabe der Laktatwert tatsächlich zwischen 2 und 3 mmol/l liegt. Liegt der Laktatwert niedriger als 2 mmol/l, sollte die Empfehlung lauten, etwas zügiger zu laufen, liegt der Wert oberhalb von 3 mmol/l, ist das Tempo zu verlangsamen.

Tab. 11.8 Belastungsprotokoll eines Walking-Tests auf dem Laufband mit Variation der Geschwindigkeit (Kräutle 2000)

Geschwindigkeit (km/h)	Zeit (min)
3,0	1
4,0	1
5,0	2
5,5	2
6,0	2
usw.	

Tab. 11.9 Beispiel für ein Walking-Test-Belastungsprotokoll auf dem Laufband mit Variation der Steigung bei konstanter Laufbandgeschwindigkeit von 5,0 km/h

Steigung (%)	Zeit (min)
1	2
3	2
5	2
7	2
9	2
11	2
usw.	

Dieses »Feintuning« hat sich in der Trainingspraxis bewährt und liefert einen genaueren Beitrag zur Trainingssteuerung als das Vertrauen auf Herzfrequenzrichtwerte. Wären am vorliegenden Beispiel keine Laktatmessungen vorgenommen und auf der Basis von 60–70% der maximalen Herzfrequenz minus Lebensalter (50 Jahre) im Grundlagenausdauerbereich 102–119/min empfohlen worden, wäre der Proband weit unter seinen Möglichkeiten belastet worden. Zur eigenen Sicherheit des Trainers ist es ratsam, sich in einem solchen Fall medizinischen Rat einzuholen.

➤ **Wichtig**
Laktatdiagnostik und/oder Spiroergometrie liefern im Unterschied zu Herzfrequenzrichtwerten individuellere Vorgaben zur Steuerung des Trainingsprozesses.

11.4 Laufbandtests

Laufbandtests sind für Personen geeignet, die im Training ausschließlich Geh- oder Laufbelastungen bevorzugen, oder für Sportler, deren Disziplin durch das Laufen geprägt ist (Fußball-, Volleyball, Golfspieler etc.). Bei der Durchführung ist darauf zu achten, dass das Band mit einer **Steigung von 1%** (0,5–1,5% je nach Bauart des Laufbandes) eingestellt ist, um die Außenbedingungen wie Luftwiderstand, Bodenbeschaffenheit, Wetterbedingungen und den geringeren Krafteinsatz durch die nach hinten weglaufende Fläche zu simulieren (Kindermann 1987, S. 244 ff).

■ Walking-Tests

Für Personen mit geringer Belastbarkeit bieten sich neben der Fahrradergometrie auch Walking-Tests auf dem Laufband an. Ein bewährtes Belastungsprotokoll zeigt

■ Tab. 11.8.

Die ersten beiden Stufen dienen der Erwärmung. Eine höhere Geschwindigkeit als 6,0 km/h können nur geübte Walker leisten, denn sie entspricht einer Intensität, die allmählich vom zügigen Walken ins langsame Laufen übergeht. Bei koordinativ erfahrenen Personen kann die Geschwindigkeit bis 7 km/h (in Ausnahmefällen auch höher) gesteigert werden. Die Körpergröße des Läufers (Beinlänge) hat hierauf wesentlichen Einfluss (Härtel 2007, S. 73 ff).

Eine weitere Variante bei der Erstellung eines Testdesigns bietet die **Veränderung der Steigung** bei gleich bleibender Geschwindigkeit (z. B. 5 km/h) (■ Tab. 11.9). Der Kreativität des Trainers zur Entwicklung anderer Designs (Reduzierung der Geschwindigkeit in der Anfangsstufe zwecks Erwärmung, Erhöhung oder Reduzierung der Grundgeschwindigkeit, Steigerung um jeweils 3% etc.) sind keine Grenzen gesetzt, sofern dabei die Belastbarkeit des Kunden im Blickfeld bleibt.

Als **Abbruchkriterium** werden bei ausschließlicher Messung der Herzfrequenz 180 oder 200 Schläge/min minus halbes Lebensalter oder die PWC-Kriterien (wie bei der Fahrradergometrie) empfohlen.

Manchmal gelingt es Testpersonen allerdings beim Walken nicht, ihre Zielherzfrequenzen zu erreichen. In diesem Fall ist nach subjektivem Empfinden und Rücksprache mit dem Probanden der Test abzubrechen.

➤ **Wichtig**

- Beim Einsatz von Laktatmessungen ist ein Wert über 4 (5–6) mmol/l Blut beim Abbruch des Laufbandtests anzustreben. Ohne medizinische Aufsicht wird keine Ausbelastung vorgenommen.
- Bei der Diagnostik von Patienten können medizinische Indikationen (Herzinsuffizienz, Lungenfunktionsstörungen, Einnahme von Medikamenten etc.) eine Änderung der Abbruchkriterien erfordern.

■ Lauftests

Zur Testung eines leistungsfähigen und erfahrenen Läufers gehört die Entwicklung eines geeigneten Testdesigns. Empfehlenswert ist, die ersten 2(–3) Stufen im rein oxidativen Bereich zu wählen, sodass erst die beiden letzten Stufen im oxidativ-glykolytischen bzw. im glykolytischen Bereich liegen (► Abschn.10.3). Diese Auswahl treffen zu können, erfordert eine gute Anamnese sowie viel Erfahrung seitens des Testleiters. Auf diese Weise ist jedoch gewährleistet, dass eine aussagefähige Herzfrequenz- bzw. Laktatkurve zustande kommt, die später zur Bestimmung von Trainingsbereichen herangezogen werden kann.

Lauftests

Die **Anfangsbelastung** bei Lauftests für gesundheitsorientiertes Training sollte bei 7–10 km/h liegen und nach 2–6 min um 1–1,5 km/h (bei leistungsstarken Läufern maximal 2 km/h) erhöht werden.

Die **Dauer der Belastungsstufe** hängt von der Zielsetzung der Untersuchung ab:

- 2 min reichen aus, wenn bei Eingangs- oder Folgetests die Belastbarkeit gemessen und die Herzfrequenz als alleiniger Beurteilungsparameter herangezogen wird.
- Laktatmessungen erfordern mindestens 3-min-Stufen.
- Dient die Messung eher zur Trainingssteuerung, empfiehlt es sich, die Belastungsstufen sogar noch zu verlängern (6 min), um auf jeder Stufe ein Laktat-Steady-State zu erreichen.

Die oben genannten **Abbruchkriterien** für Walking-Tests behalten auch für die Lauftests Gültigkeit.

➤ Wichtig

Wie auf dem Fahrradergometer muss auch bei jeder Diagnostik auf dem Laufband der Blutdruck vor der Belastung, am Ende jeder Belastungsstufe (bei gesunden jungen Probanden jeder 2. Belastungsstufe) und 2 min nach der Belastung gemessen werden.

Im Unterschied zur Ergometrie auf dem Fahrrad sind dafür bei Laufbandtests Pausen von ca. 30 s nach jeder Belastungsstufe – auch zur Blutabnahme für die Laktatdiagnostik – einzuplanen. Ungeübte Trainer benötigen dafür meist länger. Die Pause für den Probanden sollte aber keinesfalls 1 min überschreiten.

Da sich im Unterschied zu den angloamerikanischen Ländern in Deutschland die Diagnostik auf dem Fahrradergometer durchgesetzt hat, steht für die Beurteilung der Testergebnisse auf dem Laufband nur die Laufgeschwindigkeit als Bewertungsparameter zur Verfügung (■ Tab. 11.10).

■ **Tab. 11.10** Beurteilung der Leistungsfähigkeit auf dem Laufband je nach Geschlecht

Beurteilung	Laufband (km/h)	
	Männer	Frauen
Sehr gut	> 14	> 12
Gut	11–14	10–12
Ausreichend	8–11	7–10
Mangelhaft	6–8	5–7
Schlecht	< 6	< 5

Die Werte gelten für Nichtsportler bis zum 30. Lebensjahr. Danach sind für Männer pro Lebensjahr 1% der Leistungsfähigkeit (0,8% für Frauen) weniger zu erbringen.

Bei Durchführung von Laktatmessungen erfolgt die Berechnung der Trainingsbereiche nach demselben Prinzip wie bei der Fahrradergometrie (► Abschn. 11.3, ■ Abb. 11.1).

Aus Folgeuntersuchungen lässt sich im Vergleich zu den Ergebnissen früherer Diagnostiken erkennen, ob die Testperson

- bezüglich einer definierten Geschwindigkeit eine geringere Herzfrequenz und/oder niedrigere Laktatwerte aufweist,
- an fixen Laktatschwellen von beispielsweise 2, 3 oder 4 mmol eine höhere Leistung erbringt,
- an ihrer individuellen anaeroben Schwelle mehr leistet oder
- ihre Laktat-Leistungskurve sich nach rechts verlagert hat.

11.5 Feldtests

■ Walking-Test

Während im Labor überwiegend Stufentests zum Einsatz kommen, finden im Feld auch Dauerleistungstests statt. Für Einsteiger und im Reha-Bereich stellten Oja und Laukkanen bereits in den 1990er Jahren in Finnland den »UKK Walk-Test« (benannt nach Urho Kaleva Kekkonen, finnischer Präsident 1956–1981) vor (Oja 1991; Laukkanen 1993; Oja u. Tuxworth 1995; Laukkanen u. Hynninen 1997; Laukkanen et al. 1997). In Deutschland entwickelte Bös den Test weiter. Unter dem Namen 2-km-Walking-Test ist er für Freizeit- und Gesundheitssportler sehr gut geeignet, zumal er im Unterschied zu Laufbandtests mit einer größeren Anzahl von Teilnehmern durchgeführt werden kann (Bös et al. 2004).

➤ Wichtig

Beim 2-km-Walking-Test wird eine Gehstrecke (am besten auf einer 400-m-Bahn im Stadion) bei 80–90% der HF_{max} in möglichst kurzer Zeit zurückgelegt.

Da es sich um einen Walking-Test handelt, ist es nicht erlaubt, beide Füße gleichzeitig vom Boden abzuheben. Ein starker Armeinsatz ist dagegen erwünscht. Der Testleiter kündigt 10 min vor dem Start den Testbeginn an. So hat jeder Teilnehmer die Möglichkeit, sich individuell mit Gymnastik und einer Runde »einwalken« auf den Test vorzubereiten.

Aus organisatorischen Gründen empfiehlt sich bei einer Gruppentestung der Einsatz von Startnummern auf der Brust der Teilnehmer. Dies erleichtert dem Testleiter bei unbekannten Testpersonen die Rundenanzahl zu kontrollieren und die Endzeit aller Teilnehmer ohne Verwechselung zu notieren. Jeder Teilnehmer trägt einen codierten elektronischen Herzfrequenzmesser. Steht ein solcher nicht zur Verfügung, dann müssen die Teilnehmer ihre Herzfrequenz direkt im Ziel manuell ermitteln. Der Testleiter gibt das Startkommando gemeinsam für alle Teilnehmer und bedient die Stoppuhr. Die Testteilnehmer walken die Strecke so schnell sie können, ohne sich zu überfordern.

Am Ende werden die Walkingzeit bei durchlaufender Stoppuhr und der Belastungspuls notiert. Bei größeren Gruppen (> 12 Teilnehmern) empfiehlt es sich, einen Assistenten einzusetzen, um alle Informationen fehlerfrei zu protokollieren.

■ ■ Walking-Index (WI)

Für die Auswertung des Tests steht der Walking-Index zur Verfügung. Seine Berechnung erfolgt getrennt für Männern und Frauen nach den folgenden Formeln (Bös u. Schott 1997; Bös et al. 2004):

Männer

$$WI = 420 - (\text{Minuten} \times 11,6 + s \times 0,2 + \text{Belastungspuls} \times 0,56 + \text{BMI} \times 2,6 - \text{Alter} \times 0,2)$$

Frauen

$$WI = 305 - (\text{Minuten} \times 8,1 + s \times 0,14 + \text{Belastungspuls} \times 0,36 + \text{BMI} \times 1,0 - \text{Alter} \times 0,3)$$

Die Einschätzung der Leistungsfähigkeit lässt sich ■ Tab. 11.11 entnehmen.

Auch ohne Berechnung des Walking-Index kann die erreichte Zeit zur Auswertung herangezogen werden. In Abhängigkeit vom Alter lässt sich schnell erkennen, ob die

■ Tab. 11.11 Beurteilung des Tests mittels Walking-Index (Bös et al. 2004)

Walking-Index	Beurteilung
> 130	Sehr gut
110–130	Gut
90–109	Mittel
70–89	Schwach

■ Tab. 11.12 Bewertung der Walking-Zeit für Männer nach Durchschnittszeiten und Streuungsbreite (Bös et al. 2004)

Alter (Jahre)	Unter Durchschnitt	Durchschnitt	Über Durchschnitt
20	> 15:15	15:15–13:45	< 13:45
25	> 15:30	15:30–14:00	< 14:00
30	> 15:45	15:45–14:15	< 14:15
35	> 16:00	16:00–14:30	< 14:30
40	> 16:15	16:15–14:45	< 14:45
45	> 16:30	16:30–15:00	< 15:00
50	> 16:45	16:45–15:15	< 15:15
55	> 17:00	17:00–15:30	< 15:30
60	> 17:15	17:15–15:45	< 15:45
65	> 17:45	17:45–16:15	< 16:15
70	> 18:00	18:00–16:45	< 16:45

Testpersonen durchschnittlich, über- oder unterdurchschnittlich trainiert sind (■ Tab. 11.12 für Männer, ■ Tab. 11.13 für Frauen).

Nicht unbeachtet sollte die im Ziel erreichte Herzfrequenz bleiben (■ Tab. 11.14).

Nach Abschluss eines Walking-Kurses oder einem Trainingsabschnitt sollte frühestens 3, spätestens 6 Monaten ein Folgetest stattfinden. Der Vergleich der Ergebnisse lässt einen Rückschluss auf die Qualität des zwischenzeitlich stattgefundenen Trainings zu, sofern der Proband nicht aus beruflichen oder privaten Gründen vom Training abgehalten wurde.

➤ Wichtig

Der Walking-Test ist nicht für Ausdauertrainierte oder Läufer geeignet, da sie beim Walken nicht ihrer Leistungsfähigkeit entsprechend belastet werden.

Deshalb müssen hier andere Testverfahren, wie z. B. der Cooper-Test, zum Einsatz kommen.

■ **Tab. 11.13** Bewertung der Walking-Zeit für Frauen nach Durchschnittszeiten und Streuungsbreite (Bös et al. 2004)

Alter (Jahre)	Unter Durchschnitt	Durchschnitt	Über Durchschnitt
20	> 17:15	17:15–15:45	< 15:45
25	> 17:22	17:22–15:52	< 15:52
30	> 17:30	17:30–16:00	< 16:00
35	> 17:37	17:37–16:07	< 16:07
40	> 17:45	17:45–16:15	< 16:15
45	> 17:52	17:52–16:22	< 16:22
50	> 18:00	18:00–16:30	< 16:30
55	> 18:07	18:07–16:37	< 16:37
60	> 18:15	18:15–16:45	< 16:45
65	> 18:30	18:30–17:00	< 17:00
70	> 18:45	18:45–17:15	< 17:15

■ **Tab. 11.14** Bewertung des Testpulses beim Walking-Test (Bös et al. 2004)

Lebensalter (Jahre)	Optimaler Testpuls (1/min) (80–90% des Maximalpulses)	Maximalpuls (1/min) (220 minus Lebensalter)
20	180–190	200
25	156–185	195
30	152–181	190
35	148–176	185
40	144–171	180
45	140–166	175
50	136–162	170
55	132–157	165
60	128–152	160
65	124–147	155
70	120–143	150

■ Cooper-Test

Der Cooper-Test wurde vom US-amerikanischen Sportmediziner Kenneth Cooper entwickelt, der in den 1970er Jahren die gesundheitssportliche Entwicklung in den USA mit geprägt hat. Der Test ist sehr anspruchsvoll, da in 12 min eine größtmögliche Strecke zurückzulegen ist (Maximalbelastung). Für die Testpersonen bedeutet dies, gleich von Beginn an die Belastungsintensität so zu wählen, dass sie über die volle Zeitdauer geleistet werden kann. Bei Überschätzung besteht die Gefahr, den Test frühzeitig abbrechen zu müssen. Auch eine Unterschätzung der eigenen Leistungsfähigkeit oder mangelnde Motivation der Testpersonen führt zu keinen aussagekräftigen Ergebnissen.

➤ Wichtig

Die Testung von Untrainierten und Unerfahrenen ist mit dem Cooper-Test nicht sinnvoll.

Vor Testbeginn ist eine **individuelle Aufwärmung der Probanden** unbedingt erforderlich. Organisatorisch empfiehlt es sich auch hier beim Testen von unbekannten Personen mit **Startnummer** auf der Brust zu arbeiten, um die Rundenzahlen jedes Läufers korrekt notieren zu können. Eine 400-m-Bahn ist von Vorteil, jedoch nicht unabdingbar. Alle 25 oder 50 m sollte eine **Markierung** (Hütchen, Pylonen) angebracht sein. Dies erleichtert das Messen der korrekten Distanzen nach Testende. Wettkampfvverhalten der Teilnehmer untereinander ist zu vermeiden. Jeder Teilnehmer läuft sein Tempo und konzentriert sich ausschließlich auf sich.

Die Teilnehmer starten gemeinsam. Nach 12 min ertönt seitens des Testleiters ein für alle Läufer hörbares Signal. Es gibt **keine Vorankündigung des Testendes**, um Endspurts zu vermeiden. Aus demselben Grund sollen die Läufer auch keine Uhr tragen. Die Teilnehmer bleiben nicht abrupt stehen, sondern laufen kurz aus und kehren dann zum Endpunkt, den sie beim Ertönen des Schlussignals erreichten, zurück. Der Testleiter geht nun mit dem Testprotokoll die 400-m-Runde ab und notiert die Meterzahl vom Start bis hin zur Endposition jedes Läufers in der letzten Runde. Diese Distanz wird dann zum Produkt aus Rundenzahlen mal 400 addiert.

Cooper fand eine hohe Korrelation zwischen der maximalen Sauerstoffaufnahme und der Laufstrecke. Insofern lässt sich mithilfe des Tests die **maximale Sauerstoffaufnahme-fähigkeit abschätzen** (Cooper 1968). Aus Tab. 11.15 ist die Bewertung der Testpersonen in Abhängigkeit von Alter und Geschlecht zu ersehen. In der Literatur sind Quellen zu finden, in denen die Streckenlängen teilweise voneinander abweichen. Dies könnte daran liegen, dass der Cooper-Test gerne zur Notenfindung von Schülern dient und dabei die Maßstäbe mit der Zeit dem Leistungsniveau der Schüler angepasst wurden (Schneider F J 2002).

■ Feldstufentest

➤ Wichtig

Sowohl beim Walking- als auch beim Cooper-Test lässt sich eine exakte Trainingssteuerung über die Ergebnisse nicht vornehmen.

Tab. 11.15 Cooper-Lauftest-Normwerte (in m) nach Alter (in Jahren) und Geschlecht (Jonath u. Krempel 1981)

Männer	Bis 30	30–39	40–49	50			
Sehr gut	2800	2650	2500	2400			
Gut	2400	2250	2100	2000			
Befriedigend	2000	1850	1650	1600			
Mangelhaft	1600	1550	1350	1300			
Ungenügend	weniger m als bei mangelhaft						
Frauen	Bis 30	30–39	40–49	50			
Sehr gut	2600	2500	2300	2150			
Gut	2150	2000	1850	1650			
Befriedigend	1850	1650	1500	1350			
Mangelhaft	1550	1350	1200	1050			
Ungenügend	weniger m als bei mangelhaft						
Jungen	11	12	13	14	15	16	17
Exzellent	2800	2850	2900	2950	3000	3050	3100
Sehr gut	2600	2650	2700	2750	2800	2850	2900
Gut	2200	2250	2300	2350	2400	2450	2500
Befriedigend	1800	1850	1900	1950	2000	2050	2100
Mangelhaft	1200	1250	1300	1350	1400	1450	1500
Ungenügend	weniger m als bei mangelhaft						
Mädchen							
200 m weniger als bei Jungen in allen Klassen							

Zwecks Trainingssteuerung empfiehlt es sich deshalb, einen Feldstufentest auf einer 400-m-Bahn mit Herzfrequenz- und Laktatmessungen durchzuführen. Dafür ist es erforderlich, das Testdesign der beschriebenen Laufbandtests aus dem Labor auf das Feld zu übertragen. In Abänderung zu den Labortests werden allerdings Streckenlängen (in m) und keine Stufendauern (in min) vorgegeben. Damit verringert sich automatisch bei steigender Laufgeschwindigkeit die Zeit pro Stufe. Seitens der Probanden fordert die exakte Einhaltung von Geschwindigkeiten ein Tempogefühl und damit Erfahrung. **Für Einsteiger sind deshalb Feldstufentests nicht geeignet.**

Je nach Leistungsstand und Zielsetzung der Testperson oder einer Testgruppe empfiehlt es sich, 4–6 Stufen von jeweils 800/1200 oder 1600 m Länge auszuwählen. Ansonsten hat der Testleiter dieselben Aufgaben wie bei den Labortests zu erfüllen:

- Festlegung der Anfangsgeschwindigkeit
- Erhöhung der Geschwindigkeit nach 2, 3 oder 4 Runden
- Bestimmung und Kontrolle der Abbruchkriterien
- Entscheidung, welche Parameter gemessen werden

Die Bestimmung der Anfangsbelastung erfordert erneut Erfahrung seitens des Testleiters, denn die Probanden müssen in der Lage sein, 4 bis 6 Stufen über die o.g. Distanzen direkt nacheinander nur mit einer ca. 30 s dauernden Unterbrechung während der Messpausen laufen zu können.

Die größte Schwierigkeit seitens der Testperson ergibt sich bei der Einhaltung der Laufgeschwindigkeiten. Zur Unterstützung bietet sich das Anbringen von Markierungen (Aufstellen von Hütchen, Pylonen) am Rande der Laufbahn alle 25 m oder spätestens alle 50 m an. Über einen Pacer, der in regelmäßigen Abständen ein akustisches Signal abgibt, erhält der Läufer eine weitere Orientierungshilfe, weil er bei jedem Signaltone die nächste Markierung erreicht haben muss.

Steht kein Pacer zur Verfügung, dann benötigt der Läufer eine Uhr mit Sekundenanzeige oder ist auf den Zuruf des Testleiters oder seines Assistenten angewiesen, wenn er zu schnell oder zu langsam ist. Zur Vorgabe und Kontrolle der Zwischenzeiten für die verschiedenen Geschwindigkeiten bei jeweils 100 m und 400 m dient **Tab. 11.16**.

Die beschriebene Methode lässt sich auch bei Radtests auf der Bahn anwenden.

Tab. 11.16 Umrechnung von Geschwindigkeiten (in km/h) auf 100- und 400-m-Zeiten (in s) bei der Durchführung von Feldstufentests auf einer 400-m-Bahn

km/h	100 m	400 m
6	60	241
7	52	206
8	45	180
9	40	160
10	36	143
11	32	129
12	30	120
13	27,5	111
14	26	103
15	24	96
16	23	90
17	21	84
18	20	80
19	19	76
20	18	72
21	17	68
22	16,5	65,5
23	16	62
24	15	60
25	14	58
26	14	56
27	13	53
28	13	51,5
29	12	50
30	12	48

Zusammenfassung

Das klassische Verfahren zur Beurteilung der Ausdauerleistungsfähigkeit ist der Stufentest auf dem Fahrrad- oder Laufbandergometer. Hierfür existieren zahlreiche standardisierte Testverfahren. Neben den Labortests können weiterhin Feldtests zur Anwendung kommen. Für jeden Trainer stellt sich deshalb die Frage: Welches Modell passt zu der entsprechenden Testperson? Ziel der diagnostischen Verfahren ist einerseits, die Ergebnisse der Testpersonen mit denen von Gleichaltrigen desselben Geschlechts zu ver-

gleichen, und andererseits daraus Informationen für den Trainingsprozess abzuleiten. Deshalb werden Interpretationskriterien für die Ergebnisse aus den verschiedenen Testverfahren dargestellt. Da die Messung verschiedener Parameter wie Herzfrequenz-, Laktat- oder Atemgaswerte qualitativ unterschiedliche Aussagen liefert, wird außerdem diskutiert, wie die Ergebnisse aus der Diagnostik für die Erstellung von Trainingsplänen nutzbar sind.

Literatur

- Bös K et al. (2004) Walking und mehr. Meyer & Meyer, Aachen
- Bös K, Schott N (1997) Belastungsparameter beim Walking. Dtsch Z Sportmed 48: 145–154
- Bös K, Feldmeier C (1992) Lexikon: Bewegung & Sport zur Prävention Rehabilitation. Sportinform, Oberhaching
- Clark CE et al. (2012) Association of a difference in systolic blood pressure between arms with vascular disease and mortality: a systematic review and meta-analysis. Lancet: 905–914; doi:10.1016/S0140-6736(11)61710-8
- Cooper KH (1968) A means of assessing maximal oxygen intake. J Am Med Assoc 203: 135–138
- Dickhuth HH (2000) Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin. In: Gruppe O (Hrsg.) Sport und Sportunterricht: Grundlagen für Studium, Ausbildung und Beruf. Bd. 16). Hofmann, Schorndorf. S. 290–305
- Föhrenbach R et al. (1985) Wettkampf- und Trainingssteuerung von Marathonläuferinnen und -läufern mittels leistungsdiagnostischer Feldtestuntersuchungen. In: Franz IW et al. (Hrsg.) Training und Sport zur Prävention und Rehabilitation in der technisierten Umwelt. Springer, Berlin. S. 770–777
- Gimbel B, Kalkbrenner E (1992) Handbuch KörperManagement. Behr's, Hamburg
- Härtel S (2007) Entwicklung und Analyse walkingbasierter Ausdauer-testverfahren im Rahmen der medizinischen Rehabilitation. Karlsruher sportwissenschaftliche Beiträge. Schriftenreihe des Instituts für Sport und Sportwissenschaft der Universität Karlsruhe (TH), Bd. 4
- Jonath U, Krempel R (1981) Konditionstraining. Training, Technik, Taktik. Rowohlt, Reinbek
- Kindermann W (2004) Anaerobe Schwelle. Dtsch Z Sportmed 55: 161–162
- Kindermann W (1987) Ergometrie-Empfehlungen für die ärztliche Praxis. Dtsch Z Sportmed 38: 244–268
- Kräutle T (2000) Entwicklung und wissenschaftliche Erprobung eines Walking-Stufentests auf dem Laufband. Unveröffentl. Examensarbeit. Institut für Sport und Sportwissenschaft. Universität Karlsruhe (TH)
- Laukkanen R (1993) Development and evaluation of a 2-km walking test for assessing maximal aerobic power of adults in field conditions. Dissertation. Kuopio University. Medical Sciences 23, Kuopio
- Laukkanen R, Hynninen E (1997) Guide for the UKK Institute 2-km Walking Test. UKK Institute, Tampere
- Laukkanen R et al. (1997) Prediction of change in maximal aerobic power by the 2-km Walk Test after walking training in middle-aged adults. Int J Sports Med 20: 113–116

- McArdle W et al. (2010) Exercise physiology. Nutrition, energy and human performance. Lippincott, Williams & Wilkins, Baltimore
- Oja P et al. (1991) A 2-km walking test for assessing the cardiorespiratory fitness for healthy adults. *Int J Sports Med* 12(4): 356–362
- Oja P, Tuxworth B (1995) Eurofit for adults. Assessment of health-related fitness. Strasbourg, Council of Europe, Committee for the Development of Sport, and UKK Institute. pp. 42–45
- Rost R (2005) Sport- und Bewegungstherapie bei Inneren Krankheiten. Lehrbuch für Sportlehrer, Übungsleiter, Physiotherapeuten und Sportmediziner. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln
- Rost R et al. (ohne Jahr) Die Fahrradergometrie in der Praxis. Broschüre. Bayer
- Schneider F J (2002) <http://www.sportunterricht.de/lksport/cooper.html>. (Zugriff 05. März 2014)
- Shvartz E, Reibold RC (1990) Aerobic fitness norms for males and females aged 6 to 75 years: a review. *Aviat Space Environ Med* 61: 3–11
- Trappe HJ und Löllgen H (2000): Leitlinien zur Ergometrie. Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie – Herz- und Kreislau fforschung, *Z Kardiol* 89:821–837, Steinkopff Darmstadt
- Wasserman K et al. (1973) Anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *J Appl Physiol* 35: 236–243
- Wilmore JH et al.: *Physiology of sport and exercise*. Human Kinetics, Champaign, IL

Planung und Steuerung des Ausdauertrainings

Bernd Gimbel

Die diagnostischen Ergebnisse dokumentieren in Ergänzung zu den Anamnesedaten den Istzustand des Kunden. Seine formulierten Trainingsziele definieren den Sollzustand. Nun gilt es seitens des Trainers, den Weg vom Ist zum Sollzustand zu planen und zu steuern (► Abb. 8.1). Nachfolgend wird dieser Prozess am Beispiel des Ausdauertrainings dargestellt.

► Wichtig

Ausdauer ist die Fähigkeit »einer sportlichen Belastung physisch und psychisch möglichst lange widerstehen zu können (d. h. eine bestimmte Leistung über einen möglichst langen Zeitraum aufrecht erhalten zu können) und/oder sich nach einer sportlichen (psychophysischen) Belastung möglichst rasch zu erholen« (Grosser 2008, S. 110).

Da es bei der Ausdauerleistungsfähigkeit um die **Verbesserung der Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei einer Arbeit** und damit eine **bessere Konzentrations-**, aber auch **Regenerationsfähigkeit** geht, schenken ihr nicht nur Ausdauersportler, sondern auch Formel-1-Piloten, Schach- und Golfspieler etc. besondere Beachtung. Da diese Fähigkeiten nicht allein für Sportler von Bedeutung sind, stellt das Training der Ausdauer für alle Berufsgruppen, die hochkonzentriert über viele Stunden am Tag arbeiten müssen, eine bedeutende Eigenschaft zur qualifizierten Ausübung ihres Berufs dar. Für alle anderen Personen ist die Ausdauer eine Fähigkeit mit erheblichem Potenzial für ihre Gesundheit.

■ Leistungsbestimmende Faktoren

Wie bei keiner anderen Sportart sind im Ausdauerbereich die leistungsbegrenzenden Faktoren gut zu definieren. Die **Atmung**, der **Sauerstofftransport** und die **Energiebereitstellung** müssen gewährleisten, dass sich Energieproduktion und -verbrauch auf möglichst hohem Niveau über lange Zeit im Gleichgewicht halten.

► Wichtig

Die Belastungsintensität spielt bei der Ausdauer die entscheidende Rolle. (Fast) jeder ist auf Antrieb in der Lage, die Marathondistanz zu gehen. Dagegen kann (fast) keiner die 42,195 km ohne Vorbereitung laufen.

Eventuell treten orthopädische Probleme auf. Ansonsten benötigt die arbeitende Muskulatur bei niedriger Intensität nur so wenig Sauerstoff, dass die versorgenden Organsysteme keine Mühe haben, für ausreichend Nachschub zu sorgen. Mit zunehmender Intensität steigt allerdings der Sauerstoff- und Energiebedarf an, sodass der Organismus ab einem bestimmten Zeitpunkt – abhängig vom Trainingszustand der Person – an die Grenze seiner (Ausdauer-) Leistungsfähigkeit gelangt. Die Energie wird zunehmend über Kohlenhydrate gewonnen und die Laktatwerte stei-

gen. Irgendwann kann die Leistung nicht mehr »ausdauernd« erbracht und muss abgebrochen werden.

► Wichtig

Die Verbesserung der Atem-, Herz-Kreislauf- und Stoffwechselformparameter stellen die Komponenten dar, die zu einem Anstieg der Ausdauerleistungsfähigkeit führen.

Die Dauer einer Ausdauerbelastung ist direkt von ihrer Intensität abhängig: Je kürzer die Dauer, desto höher ist die Intensität. Während ein Topathlet über 1000 m mit 2:12 min ca. 27 km/h läuft, kommt ein sehr guter 10.000-m-Läufer bei einer Zeit zwischen 26 und 27 min auf etwa 22 km/h. Ein Top-Marathonläufer erreicht bei der Bewältigung der 42,195 km mit wenig über 2 h immer noch etwa 20 km/h. Eine unglaubliche Leistung!

Den Gesundheitssportler interessiert mit Ausnahmen weniger die gelaufene Distanz pro Zeit (Geschwindigkeit), als vielmehr die Anpassungsprozesse, die er durch die Ausdauerbelastungen erzielen kann.

Je nach Dauer und Intensität einer Belastung verändern sich die beanspruchten Zell- und Muskelfaserstrukturen und damit die durch das Training initiierten Anpassungsvorgänge in den verschiedenen Organsystemen.

Arten der Ausdauer

- Schnelligkeitsausdauer (bis 45 s)
- Kurzausdauer (bis 2 min)
- Mittelausdauer (bis 10 min)
- Langausdauer 1 (bis 35 min)
- Langausdauer 2 (90 min und mehr)

Bei der **Schnelligkeitsausdauer** bis zu 45 s haben die Kreatinphosphatspeicher, die FT-Fasern (fast twitch) und die intramuskuläre Koordination eine leistungsbestimmende Bedeutung.

Die **Kurzausdauer** zwischen 45 s und 2 min wird von der glykolytischen Energiebereitstellung, der Fähigkeit zur Laktattoleranz und der Menge an Kreatinphosphat speichern bestimmt.

Mittelausdauer mit einem Belastungsumfang von 2–10 min beansprucht überwiegend die glykolytische und oxidative Energiebereitstellung sowie die Laktattoleranz.

Bei einer Dauer von 10–35 min, der **Langausdauer 1**, werden oxidative Energiebereitstellung, Glukosestoffwechsel und Laktattoleranz besonders angesprochen.

Mit steigendem Umfang auf 35–90 min und länger (**Langausdauer 2**) gewinnen zunehmend die oxidative Energiebereitstellung, die Speicher der Glukose und der Glukosestoffwechsel eine leistungsbestimmende Bedeutung.

■ Methoden des Ausdauertrainings

Die angewendeten Trainingsmethoden beeinflussen Anpassungsvorgänge im Organismus und unterstützen damit das Erreichen des Trainingsziels. Insofern ist es für den Trainer wichtig, die Auswahl der passenden Methoden in Einklang mit den gewünschten Zielen der Kunden zu bringen.

Methoden des Ausdauertrainings

- Extensive Dauermethode
- Intensive Dauermethode
- Variable Dauermethode
- Extensive Intervallmethode
- Intensive Intervallmethode
- HIT-Methode
- Wiederholungsmethode
- Wettkampfmethode

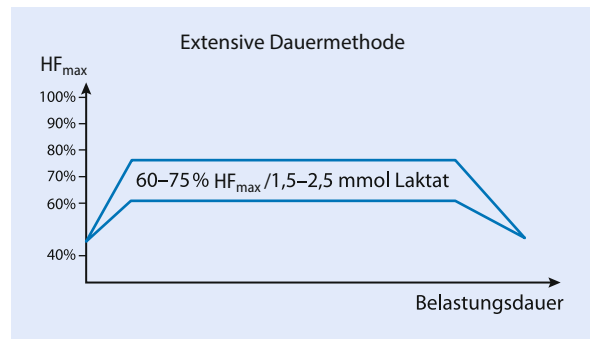
Die Trainingswissenschaft unterscheidet im Ausdauerbereich generell vier Methoden: Dauer-, Intervall-, Wiederholungs- und Wettkampfmethode.

➤ Wichtig

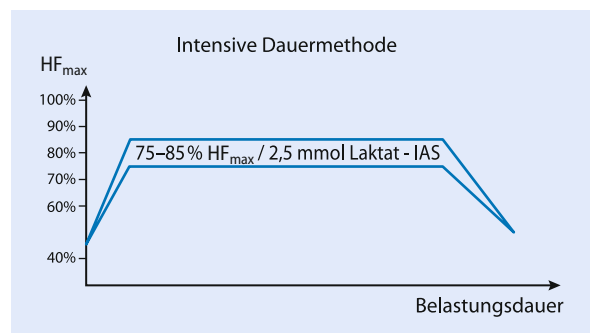
Die wichtigste Methode zur Erhaltung und Verbesserung der Gesundheit ist die Dauermethode, die sich hinsichtlich ihrer Intensität in extensive, intensive und variable Dauermethode unterteilen lässt.

Die **extensive Dauermethode** spielt im Freizeit- und Gesundheitsbereich eine herausragende Rolle. Aber auch Sportler, die ihre Grundlagenausdauer verbessern möchten, wenden sie an. Außerdem ist sie für die Regeneration des Körpers von hohem Nutzen. Bei Anwendung dieser Methode wird pausenlos mit niedrigen Belastungen trainiert, d. h. mit einer Herzfrequenz von 60–75% der HF_{max} bzw. bei einem Laktatwert zwischen 1,5–2,5 mmol (im Bereich der aeroben Schwelle) (Abb. 12.1). Der Umfang kann 10 min bis 2 h, aber auch mehrere Stunden betragen. In dieser Belastungsphase wird vorrangig der oxidative Stoffwechsel trainiert. Mit zunehmender Belastungsdauer kommt es zur anteiligen Erhöhung der Fettsäureverbrennung, das Herz-Kreislauf-System wird ökonomisiert und die periphere Durchblutung verbessert. Der Organismus gerät zunehmend unter Einfluss des Parasympathikus (Vagotonie), was sich bei den heutigen stressvollen Arbeits- und Umweltbedingungen vorteilhaft auf die Regeneration des Körpers auswirkt.

Bei der **intensiven Dauermethode** wird die Intensität der Herzfrequenz erhöht (75–85% der HF_{max}), bzw. bei einem Laktatwert zwischen 2,5 mmol/l bis zur IAS auch leicht darüber hinaus (Abb. 12.2). Im Freizeit- und Gesundheitssport ist es empfehlenswert, sie anzuwenden, wenn die Trainierenden bereits einige Trainingseinheiten



■ **Abb. 12.1** Belastungsintensität und -dauer bei der extensiven Dauermethode

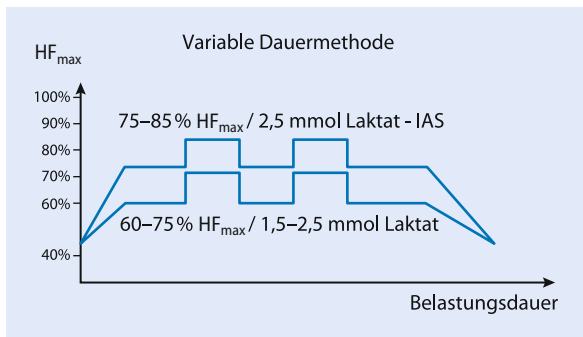


■ **Abb. 12.2** Belastungsintensität und -dauer bei der intensiven Dauermethode

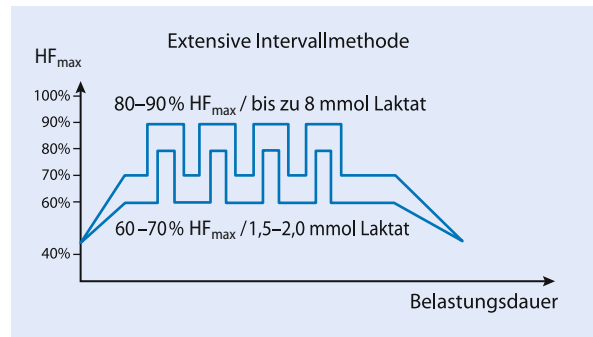
mit extensiven Belastungen absolviert haben. Der Belastungsumfang ist niedriger als bei der extensiven Dauermethode, da die Intensität steigt. Ergänzend zu den oben erwähnten Anpassungsprozessen kommt es zu einer Vergrößerung der Glykogenspeicher, die anaerobe Schwelle wird angehoben und das angefallene Laktat kann besser kompensiert werden.

Die **variable Dauermethode** ist eine Kombination aus den beiden zuvor genannten Methoden (Abb. 12.3). Der Wechsel zwischen Belastungs- und aktiven Erholungsphasen ist gleichbedeutend mit einem Wechsel der oxidativen und glykolytischen Energiebereitstellung. Dadurch verbessert sich die Umstellung und Anpassung der beiden energetischen Systeme an die Trainingsbelastung. In den extensiven Phasen kommt es zu einer Verbesserung der Laktatkompensation und -elimination sowie der Regenerationsfähigkeit.

Bei ungeübten, älteren und adipösen Personen, die nicht in der Lage sind, pausenlos z. B. 30 min zu laufen, 10 km Rad zu fahren oder 300 m zu schwimmen, kann eine Kombination aus Dauer- und intervallförmigen Belastungen angewandt werden. Kurze intensivere Belastungsphasen wechseln sich mit weniger intensiven oder aktiven Erholungsphasen ab. Mit Verbesserung des Trainingszustands werden kontinuierlich die Belastungsphasen ver-



■ **Abb. 12.3** Belastungsintensität und -dauer bei der variablen Dauermethode



■ **Abb. 12.4** Belastungsintensität und -dauer bei der extensiven Intervallmethode

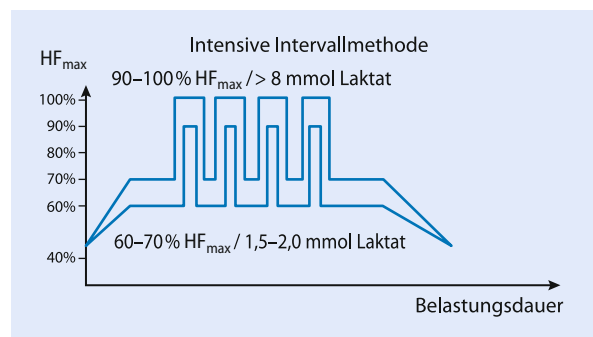
längert und die Erholungsphasen verkürzt, sodass der Kunde allmählich die gewünschte Zielstrecke bzw. -zeit ohne Pausen bewältigen kann.

Wie bereits bei den Dauer- wird auch bei den Intervallmethoden zwischen extensiv und intensiv unterschieden:

Die **extensive Intervallmethode** umfasst Belastungen bis zu 90% der maximalen Herzfrequenz, bzw. Laktatwerte, die bei Langzeitausdauerbelastungen im Bereich der IAS, bei Mittel- und Kurzzeitausdauerbelastungen auch darüber hinaus 6–8 mmol Laktat erreichen können (■ Abb. 12.4). Die Belastungsdauer ist im Sport abhängig von der Wettkampfstrecke, im Freizeit- und Gesundheitsbereich von der Zielsetzung. Derjenige, der 10 km mit einer Zielzeit laufen möchte, belastet sich mit intensiveren und längeren Intervallen, als Kunden mit dem Ziel, »nur« 40 oder 60 min ohne Pausen laufen zu wollen. Die Belastungsdauer liegt zwischen 1 und 3 min (manchmal auch darüber hinaus). Dazwischen liegen »lohnende Pausen«, die auch aktiv gestaltet werden können, ohne vollständige Erholung von 1,5 bis 3 min. Eine Serie kann 6–15 Intervalle enthalten. Die Gesamtbelastung liegt demnach bei 35–90 min pro Trainingseinheit. Die genaue Festlegung der Belastungsstruktur ist immer von Leistungsfähigkeit, Zielsetzung, Zeitbudget und Tagesverfassung des Trainierenden abhängig.

Diese Form des Intervalltrainings bringt primär eine Verbesserung des oxidativen, aber auch des glykolytischen Stoffwechsels unter Nutzung des Glykogens in den ST-Fasern. Das Herz-Kreislauf-System wird ökonomisiert und die Muskulatur besser kapillarisiert. Die Laktatelimination wird forciert, die Laktattoleranz erhöht.

Bei der **intensiven Intervallmethode** kommt es zu einer Erhöhung der Intensität bis in den submaximalen Bereich, im Sport auch bis zur maximalen Ausbelastung (■ Abb. 12.5). Die Herzfrequenzen entsprechen Laktatwerten, die über 8 mmol/l Blut ansteigen können. Die Belastungsdauer geht in den Bereich von 10–30 s bei 1–3 min Intervallpausenlänge. Die Serienpause beträgt 7–12 min. Auch hier wird die »lohnende Pause« eingesetzt. Je nach



■ **Abb. 12.5** Belastungsintensität und -dauer bei der intensiven Intervallmethode

Leistungsstärke und Zielsetzung kann der Belastungsumfang pro Trainingseinheit 9–15 Belastungen in 3–4 Serien zu 3–4 Wiederholungen betragen.

Da die Belastungsintensität fast maximal ist, führt dies zu einer betonten Beanspruchung des glykolytischen Stoffwechsels mit einem Ausbau der Laktaziden und Alaktaziden Kapazitäten sowie der FT-Fasern. Das während der Belastung anfallende Laktat muss kompensiert werden. Deshalb erfolgt in den Pausen eine Aktivierung der oxidativen Prozesse. Die maximale Sauerstoffkapazität wird über die Erhöhung der Herzleistung verbessert.

In der letzten Zeit rückt immer mehr die **HIT-Methode (High-Intensity-Training) bzw. HIIT-Methode (High-Intensity-Intervall-Training)** aus dem Leistungssport in das Blickfeld des Freizeit- und Gesundheitstrainings – und sogar in den Bereich der Rehabilitation. Die ursprünglich aus dem Kraftsport und Bodybuilding kommende Trainingsmethode wird heute auch im Ausdauerbereich eingesetzt.

➤ Wichtig

Bei der HIT-Methode wechseln sich nach einer Aufwärmphase hochintensive Belastungen im Bereich der $\text{VO}_{2\text{max}}$ mit niedrigeren Dosierungen ab (■ Tab. 12.1).

Tab. 12.1 Beispiel einer Trainingsbelastung nach der HIT-Methode (o. A. 2014)

Ablauf	Puls	Anteil vom Maximalpuls
2 min einlaufen	130	60–65%
30 s Sprint		100%
1 min Laufen	130	60–65%
30 s Sprint		100%
1 min Laufen	130	60–65%
30 s Sprint		100%
1 min Laufen	130	60–65%
30 s Sprint		100%
2 min auslaufen	130	60–65%

In einer kanadischen Studie konnte nachgewiesen werden, dass Intervalle im Bereich der maximalen Leistungsfähigkeit von 8- bis 12-mal über 60 s mit 75 s Pause über 2 Wochen zu einer signifikanten Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit führt. Untersuchungen des Muskelgewebes zeigten eine erhebliche Zunahme der oxidativen Enzymkapazität in den Mitochondrien und eine Zunahme der Glykogenspeicher im Muskel (Little et al. 2010, S. 1011 ff).

Sogar im Leistungssport, bei dem der Belastungsumfang immer mehr an die Grenzen der Belastbarkeit stößt, sind durch die HIT-Methode noch Leistungssteigerungen von hochtrainierten Athleten zu erzielen (Wahl et al. 2010, S. 125 ff). Die Diskussion erinnert an den Streit zwischen dem Vertreter der Dauerlaufmethode Van Aaken und den Verfechtern der Freiburger Intervallmethode Reindell und Gerschler in den Jahren 1960/1970. Nach heftigem Streit kam als Ergebnis heraus, dass beide Methoden ihren Stellenwert besitzen und allein die richtige Mischung in Abhängigkeit zur Wettkampfstrecke zum Erfolg führt.

Die neueren Untersuchungen zur HIT-Methode zeigen, dass nicht nur Leistungssportler, sondern sogar Personen mit KHK, Erwachsene im mittleren Alter mit metabolischem Syndrom und Übergewichtige Verbesserungen ihrer kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit damit erzielen können. Zum Teil waren die Erfolge beim Einsatz von HIT sogar größer als bei moderat intensivem Dauerleistungstraining. Es könnte sein, dass die kurzintensiven Belastungen intrazellulären und peripheren vaskulären Stress auslösen und dadurch das Herz zukünftig besser vor Stressreizen geschützt ist. Dieser zentrale Schutz erlaubt es, Personen bei wesentlich höheren Intensitäten zu trainieren, als sie es sonst tun würden. Allerdings sind die Studien

an Personen mit kardiometabolischen Funktionsstörungen und chronischen Erkrankungen sehr limitiert.

Studien dokumentieren, dass HIT die Insulinsensitivität von übergewichtigen Personen und Diabetes-Typ-2-Patienten verbessern kann. Als Ursache wird ein stärkerer Glukosetransport in der belasteten Muskulatur über das Protein GLUT4 diskutiert, denn GLUT4-Transportproteine sind nach dieser Trainingsmethode vermehrt im Skelettmuskel auffindbar (Gibala et al. 2012, S. 1077 ff).

HIT scheint eine realistische und zeiteffiziente Trainingsvariante zu sein, um das Risiko von kardiometabolischen Erkrankungen zu reduzieren und die Gesundheit von chronisch erkrankten Patienten zu verbessern. Nicht zu unterschätzen ist allerdings die generell steigende Gefahr von Herzattacken mit Erhöhung der Belastungsintensität (Wahl et al. 2010, S. 627 ff), sodass die endgültige Entscheidung zum Einsatz dieser hochintensiven Trainingsmethode im Einzelfall nur nach Rücksprache mit einem Arzt von medizinisch geschulten Trainern getroffen werden darf.

Die **Wiederholungsmethode** beinhaltet ebenfalls Belastungen über der individuell anaeroben Schwelle bis hin zur (fast) maximalen Belastung. Die sehr intensiven Intervalle von 15 s bis 3 min (in Abhängigkeit von Sportart und Länge der Belastung) bei 3–8 Belastungen pro Training fordern vollständige Erholungspausen von bis zu 12 min.

Diese Trainingsmethode führt zur vorwiegenden Beanspruchung der FT-Fasern mit einer Verbesserung der Laktatkompensation sowie einer feineren Abstimmung zwischen der oxidativen und glykolytischen Energiebereitstellung. Die Glykogenspeicher werden vergrößert. Je kürzer die Intervalle, desto mehr wird die glykolytische bzw. die alaktazide Energiebereitstellung trainiert, da es auch zu einer Entleerung der Kreatinphosphatspeicher kommen kann. Sportler verwenden diese Methode zur Verbesserung ihrer »Wettkampfhärte«. Diese Trainingsform spielt im Freizeit- und Gesundheitssport, wenn überhaupt, nur eine eher ungeordnete Rolle.

Der Vollständigkeit halber sei noch die **Wettkampfmethode** genannt. Wie der Name sagt, kommt es beim Training zu einer einmaligen Wettkampfbelastung mit dem Ziel, wettkampfgerechte Funktionszustände der Organsysteme zu erreichen. Besonders vor einem wichtigen Wettkampfeignis wird diese Methode angewandt, um die Sportler auf die bevorstehende Belastung einzustellen (Grosser et al. 2008). Im Freizeit- und Gesundheitssport bietet sich die Anwendung dieser Methode beispielsweise an, wenn der Kunde einen (Halb-)Marathon laufen möchte. Als Vorbereitung dazu bringt die Teilnahme an einer organisierten Veranstaltung über 10 km oder die Halbmarathondistanz wichtige neue Erfahrungen für die weitere Vorbereitung auf dieses Ziel.

■ Anpassungsprozesse

➤ Wichtig

Über die Wahl der Methode lassen sich gezielt Körperfunktionen ansprechen und damit konkrete Anpassungsprozesse im Organismus provozieren.

In gesundheitlichem Sinne ist von Bedeutung, dass sich die Anpassungsprozesse nicht ausschließlich auf das Herz-Kreislauf-System und den Stoffwechsel auswirken, sondern überall im Körper positive Veränderungen stattfinden. (Siehe auch Exkurs »Bewegter Geist und kluger Kopf«, Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>). Zu Beginn des Trainings führt die Wiederholung von Bewegungsabläufen zu einer Verbesserung der **neuromuskulären Koordinationsfähigkeit**. Es werden zunehmend nur die Muskeln eingesetzt, die für die Ausführung der Bewegung unbedingt erforderlich sind (► Abschn. 8.2). Die Rekrutierung der ST- und FT-Fasern passen sich den Belastungsbedingungen an (► Teil III). Die Ökonomisierung der Muskelarbeit spart Energie ein. Als Folge davon ist eine **Senkung der Herzfrequenz** in Ruhe und bei Belastung messbar. Da daran auch die Atemmuskulatur beteiligt ist, verbessert sich die **Atemökonomie**. Ein tieferes Ein- und Ausatmen vergrößert das Atemminutenvolumens. Mehr Sauerstoff wird durch den Körper transportiert und steht für die Energiebereitstellung in den Muskelzellen zur Verfügung (► Kap. 10).

Ein größeres Sauerstoffangebot macht nur Sinn, wenn die Muskelzelle es schneller und besser nutzen kann. Dies gelingt, in dem sich **neue Kapillaren** in den belasteten Muskeln, auch im Herzmuskel, ausbilden. Darüber hinaus bleiben die Arterien elastisch und weitgehend frei von arteriosklerotischen Wandveränderungen (Gefäßsklerose). Das vermehrte Angebot an funktionsfähigen Gefäßen vergrößert die Kontaktfläche zwischen den Kapillaren und den Muskelzellen, sodass pro Zeiteinheit mehr Sauerstoff die Zellmembran passieren kann.

Durch Vermehrung und Vergrößerung der **Mitochondrien** erhöht sich die Kapazität der Enzyme des oxidativen Stoffwechsels in den Zellen, was eine Steigerung der Substratumsetzung von Kohlenhydraten und Fetten ermöglicht. Die höhere Ausnutzung des Sauerstoffs in der Zelle lässt die arteriovenöse Differenz steigen, sodass der Gasaustausch zwischen Blutgefäßsystem und Muskelzellen besser funktioniert. Da sich gleichzeitig die Blutmenge durch Erhöhung des Plasmavolumens vergrößert und auch der **Hämoglobingehalt** steigt, erhöht sich die gesamte **Sauerstofftransportkapazität**. Gut trainierte Ausdauersportler verfügen über durchschnittlich 35% mehr rote Blutzellen und 40% mehr Blut als untrainierte Personen. Der dadurch verstärkte venöse Rückstrom bei intensiver Belastung bewirkt ein höheres **Schlag- und Herzminutenvolumen** und damit eine bessere **Muskeldurchblutung** (► Kap. 10).

Auch die Arbeit des Herzmuskels findet ökonomischer statt. Der Sauerstoffbedarf sinkt. Für Koronarpatienten ist dies von Vorteil, da sich Sauerstoffbedarf und -angebot verbessern. Die Herzhöhlen – insbesondere die linke Herzkammer – erweitern sich, sodass bei einer Systole mehr Blut ausgestoßen werden kann. Das **maximale Schlagvolumen** und das damit verbundene **maximale Herzzeitvolumen** kann bei Belastung doppelt so groß sein wie bei einem Untrainierten. In Verbindung mit der geschilderten Erhöhung der Sauerstofftransportkapazität und der besseren Nutzung des Sauerstoffs in der Zelle erhöht sich insgesamt die $\text{VO}_{2\text{max}}$. Muskuläre Ermüdung setzt später ein (► Abschn. 10.1).

Die vermehrte Volumenbelastung bei sportlicher Betätigung mit einem hohen Ausdaueranteil (kein Sprint- und Krafttraining) führt zur Dilatation (Erweiterung) und Hypertrophie (Vergrößerung) des **Herzmuskels**. Ein kritisches Herzgewicht von im Mittel 500 g bzw. 7,5 g/kg KG sowie ein Durchmesser des linken Ventrikels am Ende der Diastole von 60 mm werden nur selten überschritten. Kammerwanddicken oberhalb von 13 mm sind in der Regel pathologisch (Kindermann 2000).

Zu dicke Herzwände sind unvorteilhaft, weil die Sauerstoffversorgung der Herzmuskelfasern nicht mehr gewährleistet werden kann. Durch Training ist das Gegenteil der Fall: Zum einen erhöht sich die Kontaktzeit zwischen Blut und Herzmuskelfasern durch die Verlängerung der Systolen- und Diastolendauer. Zum anderen sinkt der Sauerstoffbedarf des Herzmuskels, der durch das Produkt aus Herzfrequenz und systolischem Blutdruck bestimmt wird.

Weitere Anpassungsprozesse vollziehen sich bei der **Energieversorgung**. Es kommt es zu einer Vergrößerung der **Glykogenspeicher** in Leber und Muskulatur, da die durch die Trainingsreize erzwungenen energetischen Engpässe den Muskel anregen, seine Energiedepotkapazität anzupassen. Die damit verbundene »Lagerraumvergrößerung« lässt das Muskelfaservolumen ansteigen.

Der Körper gewöhnt sich an die wiederkehrenden Belastungen, sodass sie ab einem bestimmten Zeitpunkt keine ungewohnte Beanspruchung mehr darstellt. So wird eine überschießende Stressreaktion vermieden, weil die Hormone Adrenalin und Noradrenalin »belastungsadäquat« ins Blut abgegeben werden.

Mit der Zeit verbessert sich die Zusammenarbeit der verschiedenen Organsysteme. Motorische Einheiten, die kleinsten funktionellen Einheiten der Bewegungssteuerung, bestehend aus mehreren Muskelfasern und einem sie mit Impulsen versorgenden Motoneuron, werden belastungsadäquat angesprochen, die Energiebereitstellung daraufhin abgestimmt.

Die komplexe Beziehung zwischen Gehirn und Motorik erfordert ein Informationssystem und Regulatoren, um

die ablaufenden Prozesse zu koordinieren und zu optimieren. Dies übernehmen die **Hormone**. Das Glückshormon Serotonin und das Antreiberhormon Noradrenalin spielen dabei eine wichtige Rolle. Beide werden bei muskulärer Belastung verstärkt ausgeschüttet und optimieren mentales und körperliches Handeln. Der Gegenspieler, das Prolaktin, das in der Hypophyse gebildet wird, verhält sich gegensätzlich und sinkt. Ebenso geht die Konzentration der Stresshormone Adrenalin und Kortisol zurück. Aus diesen hormonellen Verhältnissen resultiert eine Steigerung der physischen Leistungsfähigkeit, eine höhere Stress- Resistenz sowie eine bessere **emotionale Grundstimmung** im Alltag. (Siehe auch Exkurs »Bewegter Geist und kluger Kopf«, Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>).

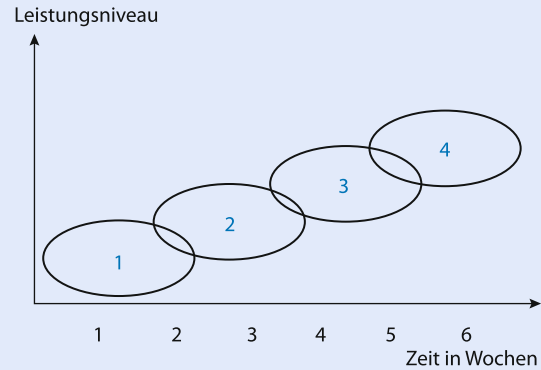
Positive und negative Emotionen wie Erfolg, Glück, Angst und Freude wirken sich erheblich auf das Immunsystem aus und beeinflussen nachhaltig die Gesundheit und Leistungsfähigkeit, sofern die Bewegungen keinen körperlichen Stress ausüben.

Moderate, extensive Belastungen über 60–90 min führen zu keiner energetischen Unterversorgung und zu keinen strukturellen Veränderungen in den belasteten Muskelzellen. Intensive und lang andauernde Ausdauer-, aber auch Kraftbelastungen von 90–120 min schädigen dagegen die Muskelfasern und sorgen für energetische Engpässe. In Abhängigkeit von Dauer und Intensität des Trainingsreizes erkennt das Immunsystem diese Veränderungen im Organismus und reagiert mit lokalen Abwehrreaktionen in Form einer Entzündung. Der belastungsinduzierten Entzündungs- und Immunreaktion folgt eine komplexe Abwehrreaktion. Die Anzahl der Leukozyten nimmt zu. Es kommt zu einer Mobilisierung der Granulozyten, Makrophagen, einer Aktivierung von T-Lymphozyten, Freisetzung von Zytokinen (Interleukinen IL-1 und IL-2) und Tumornekrosefaktoren (TNF) sowie einer Akutphasenreaktion (► Abb. 4.6).

Bei Erhöhung der *Belastungsintensität* steigt der Anteil an Lymphozyten (insbesondere der natürlichen Killerzellen [NK]) und Monozyten, da ihre Rezeptoren stärker auf das Stresshormon Adrenalin reagieren.

Bei einem starken Anstieg des *Belastungsumfangs* von 3–10 h steigt die Konzentration von Kortisol, die sich hemmend sowohl auf den Hypothalamus und die Hypophyse als auch auf Leber, Milz und Thymus auswirkt. Ebenfalls kommt es zu einer Suppression der Synthese verschiedener Lymphozytenpopulationen. Da die Lymphozyten vermutlich ihre Energie vorrangig über den glykolytischen und weniger über den oxidativen Stoffwechsel erhalten, steht bei steigendem Energiebedarf für muskuläre Aktivität weniger Energie für die Immunabwehr zur Verfügung.

Nach Beendigung der Belastung sinkt die Konzentration von Adrenalin und Noradrenalin. Parallel dazu kommt



- 1: Optimierung der Bewegung durch Anpassungen innerhalb der motorischen Steuerprogramme
- 2: Vergrößerung der Energiereserven sowie der funktionellen und strukturellen Proteine
- 3: Optimierung der Funktionen im Rahmen der bislang erfolgten Anpassungen
- 4: Verbesserung der Koordinierung zwischen der zentralen Steuerung und den peripheren Funktionen

■ **Abb. 12.6** Zeitlicher Verlauf von Anpassungsprozessen des Organismus durch Ausdauertraining

es zu einem schnellen Abfall der Leukozyten, vor allem der NK- und T-Zellen. Im Zeitfenster »open window« besteht eine besondere Infektionsanfälligkeit durch Immunsuppression (Unterdrückung des Immunsystems), da kurzzeitig nicht genügend Immunzellen für die Abwehr zur Verfügung stehen. Besonders betroffen von der zunehmenden Infektionsanfälligkeit sind die Schleimhäute der oberen Luftwege und der Herzmuskel, da die Rezeptoren auf ihrer Zelloberfläche zunehmend sensibilisiert werden (Buhl u. Weber 2004).

■ **Abb. 12.6** fasst den zeitlichen Verlauf der genannten Anpassungsprozesse des Körpers durch Ausdauertraining zusammen.

Zusammenfassung

Ohne die motorische Fähigkeit Ausdauer ist ein Trainingsprogramm zur Förderung der Gesundheit nur unvollständig. Deshalb steht sie neben Kraft, Beweglichkeit und Koordination bei der Planung und Steuerung von Training im Mittelpunkt. Ausgehend von den persönlichen Daten und Ergebnissen der Ausdauerdiagnostik des Trainierenden muss der Trainer die Prinzipien des Trainings berücksichtigen, geeignete Ausdauermethoden auswählen und Belastungsnormative auf seine Trainingsziele abstimmen. Spannende Inhalte und interessante Mittel sollen den Trainingsprozess nachhaltig zum Erfolg

führen. Erfolg bedeutet an dieser Stelle, alle Maßnahmen daraufhin abzustimmen, dass sie gezielt Anpassungsprozesse im Organismus und damit eine Leistungsverbesserung des Trainierenden bewirken. Die Ausdauerleistungsfähigkeit zu optimieren bedarf genauer Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen sportwissenschaftlichen Prinzipien und ihren biologischen Folgen.

Literatur

- Buhl H, Weber KM (2004) Sport und Immunsystem. In: Umwelt & Gesundheit 4: 134–137
- Gibala M et al. (2012) Physiological adaptations to low-volume, high-intensity interval training in health and disease. *J Physiol* 590(5): 1077–1084
- Gimbel B, Kalkbrenner E (1992) Handbuch KörperManagement, Behr's, Hamburg
- Grosser M et al. (2008) Das neue Konditionstraining. Sportwissenschaftliche Grundlagen, Leistungssteuerung und Trainingsmethoden, Übungen und Trainingsprogramme. BLV Buchverlag, München
- Kindermann W (2000) Das Sporthetz. *Dtsch Z Sportmed* 51(9): 307–308
- Little JP et al. (2010) A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *J Physiol (Lond.)* 588: 1011–1022
- Neumann G et al. (2007) Optimiertes Ausdauertraining, 5. Aufl. Meyer & Meyer, Aachen
- Wahl P et al. (2010) High Intensity Training (HIT) für die Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit von Normalpersonen im Präventions- & Rehabilitationsbereich. *Wien Med Wochenschr* 160/23–24: 627–636; DOI 10.1007/s10354-010-0857-3
- O.A. (2014) <http://www.ironsport.de/Ausdauertraining.htm> (Zugriff am 06.03.2014)

Körpermanagement an praktischen Beispielen

Bernd Gimbel

13.1 Nach 6 Monaten 1 Stunde ohne Pause laufen können – 202

13.2 Nach Herzinfarkt wieder belastbar werden – 207

Literatur – 212

Nach den theoretischen Ausführungen werden nachfolgend Beispiele aus der Praxis dargestellt, mit denen Trainer erfahrungsgemäß im Freizeit- und Gesundheitssport konfrontiert werden. Sie können nur als Orientierungshilfe dienen und nicht im Verhältnis 1:1 auf andere Kunden übertragen werden.

Im ersten Beispiel geht es um eine Kundin, die trotz ihres Übergewichts gern wieder eine Stunde ohne Pausen laufen wollte. Das zweite Beispiel beschreibt das Training eines Kunden, der ohne erkennbare Risikofaktoren plötzlich einen Herzinfarkt erlitt und nach der Reha-Phase seine Leistungsfähigkeit zurückgewinnen wollte. Der Schwerpunkt liegt in diesem Kapitel bei der Beschreibung der Ausdauerdiagnostik sowie der Organisation und Durchführung des Ausdauertrainings.

13.1 Nach 6 Monaten 1 Stunde ohne Pause laufen können

Kundin: Weiblich, Jahrgang 1972, 168 cm, 86 kg

Informationen aus dem Anamnesebogen:

- Verheiratet, wenig Zeit für sich, da Ehemann beruflich sehr stark engagiert
- Keine sportliche Betätigung, einmal Yoga pro Woche
- Mutter zweier kleiner Kinder (vormittags im Kindergarten)
- Migränepatientin, Neigung zur Depression
- Starke Gewichtszunahme nach den Schwangerschaften
- BMI 30,5
- Verschiedene Diäten ohne Erfolg
- Vater erlitt mit 60 Jahren Herzinfarkt
- Sportmedizinische Untersuchung ohne Befund
- Keine Medikamenteneinnahme

Ziele:

- 10 kg Gewichtsreduktion
- 1 h ohne Pause bei 2 Trainingseinheiten pro Woche nach 6 Monaten laufen können

Eingangsdagnostik am 19.09.2012:

- Stufentest auf dem Laufband mit Laktatdiagnostik
- Körperanalyse (BIA)
- Biomechanische Funktionsanalyse der Wirbelsäule

■ Laufbandtest

Die Kundin wurde mit vier Stufen belastet (■ Tab. 13.1). Die ersten beiden hatten einen moderaten Anstieg des Laktatwerts zur Folge, während die Herzfrequenz bereits

um 30/min anstieg. Die 3. Belastungsstufe führte zu einem weiteren Anstieg der Herzfrequenz um ca. 30/min und der Laktatwert überschritt die fixe anaerobe Schwelle von 4 mmol/l Blut.

Die Auswertung der Rohdaten erfolgte mit der Software winlactat (auch in allen folgenden Tabellen) nach dem IfTB-Schwellenmodell (■ Tab. 13.2, ■ Abb. 13.1). Sie stellt den Durchschnitt der Mader-, Geiger-Hille- und Freiburg-Schwelle dar (Gimbel 2005). Demnach liegt die IAS der Kundin bei einem Laktatwert von 2,55 mmol/l Blut. Dies entspricht einer Herzfrequenz von 143/min bei 6 km/h.

Ausgehend von der IAS nach dem IfTB-Modell berechnet Winlactat die verschiedenen Bereiche, die zur späteren Trainingsplanung und -steuerung herangezogen werden können (■ Tab. 13.3, ■ Abb. 13.1).

■ Trainingsplanung

Den Rahmen für die Trainingsplanung bildet die Vorgabe der Kundin: ihr Ziel in 6 Monaten mit 2 Trainingseinheiten (TE) pro Woche erreichen. In jedem Mesozyklus (Monat) kommen demzufolge ca. 8 TE zustande (erfahrungsgemäß fallen krankheits-, privat- oder berufsbedingt immer welche aus). Eine Grobplanung erfolgt vor Trainingsbeginn. Aufgabe des Trainers ist es, nach Durchführung der einzelnen TE den Plan im laufenden Prozess ständig den neuen, unvorhersehbaren Bedingungen anzupassen.

Als Trainingsmittel ist für jede TE eine Pulsuhr erforderlich, um überprüfen zu können, ob die Intensitäten der angesteuerten Trainingsbereiche eingehalten werden. Zwischenzeitliche Laktat-Kontrollmessungen sind für ein »Feintuning« regelmäßig erforderlich (ca. jede 3. TE). Auf funktionsgerechte Bekleidung – vor allem bei der Laufschuhauswahl – ist hinzuweisen und bei Bedarf dem Kunden beratend zur Seite zu stehen.

■ Tab. 13.4 zeigt den Plan für den 1. Trainingsmonat.

Im 2. Mesozyklus (■ Tab. 13.5) findet der Übergang vom Walken zum Laufen statt. Er beginnt mit einem Wechsel aus flotten Gehen und langsamem Dauerlauf über jeweils eine bis mehrere Minuten (■ Abb. 13.2). Ziel ist es im weiteren Trainingsverlauf, die Laufzeiten zu erhöhen und die Gehzeiten zu verkürzen. Am Ende des 2. Trainingsmonats sollte die Kundin 10 min ohne Pausen laufen können. Die exakte Belastungsdosierung ist ständig der Leistungsfähigkeit der Kundin anzupassen und fordert flexible Entscheidungen, auch spontan während einer TE.

■ Tab. 13.6, ■ Tab. 13.7, ■ Tab. 13.8, ■ Tab. 13.9 zeigen die Trainingsplanung für die Monate 3–6.

Die letzte Trainingseinheit beinhaltet den Stundenlauf und dokumentiert, ob die Kundin ihr Ziel erreicht hat und tatsächlich in der Lage ist, ohne Pausen 60 min dauerlaufen zu können. Eine Folgediagnostik (Re-Check) kann die Leistungsfortschritte zusätzlich objektivieren. Im beschriebenen Fall führte die Kundin 3 Tage nach der letzten TE am

Tab. 13.1 Rohdaten der Eingangsdiagnostik des Laufband-Stufentests am 19.09.2012

Stufe	Leistung (km/h)	Dauer (min)	Laktat (mmol/l)	HF (1/min)	RR syst. (mmHg)	RR diast. (mmHg)
Vorbelastung	0	–	1,4	70	100	80
1	5	3	1,5	115	135	80
2	6	3	2,1	144	150	75
3	7	3	4,8	175	160	75
4	8	3	7,1	179	170	75
Nachbelastung	0	2	6,5	138	125	75

Tab. 13.2 Berechnung der IAS nach dem IfTB-Modell mit der Software winlactat (Fa. MESICS)

	Freiburg	Geiger-Hille	Mader	IfTB	Max
Laktat (mmol/l)	3,0	1,38	4,0	2,55	7,1
HF (1/min)	152	108	170	143	179
Tempo (km/h)	6,3	4,8	6,8	6,0	8,0

Tab. 13.3 Berechnung der Trainingsbereiche von der IfTB-Schwelle. Reg-Tr: regeneratives Training; GA1: Grundlagenausdauertraining 1; GA2: Grundlagenausdauertraining 2; Schw-Tr: Schwellentraining; ÜSchw-Tr: überschwelliges Training (vgl. Abb. 11.1)

	Reg.-Tr.	GA1	GA2	Schw-Tr.	ÜSchw-Tr.
Intensität	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Laktat (mmol/l)	< 0,99	1,02–1,57	1,62–2,26	2,33–2,79	> 2,88
HF (1/min)	< 89	91–115	117–136	137–148	> 150
Tempo (km/h)	< 4,1	4,2–5,0	5,1–5,7	5,8–6,1	> 6,2

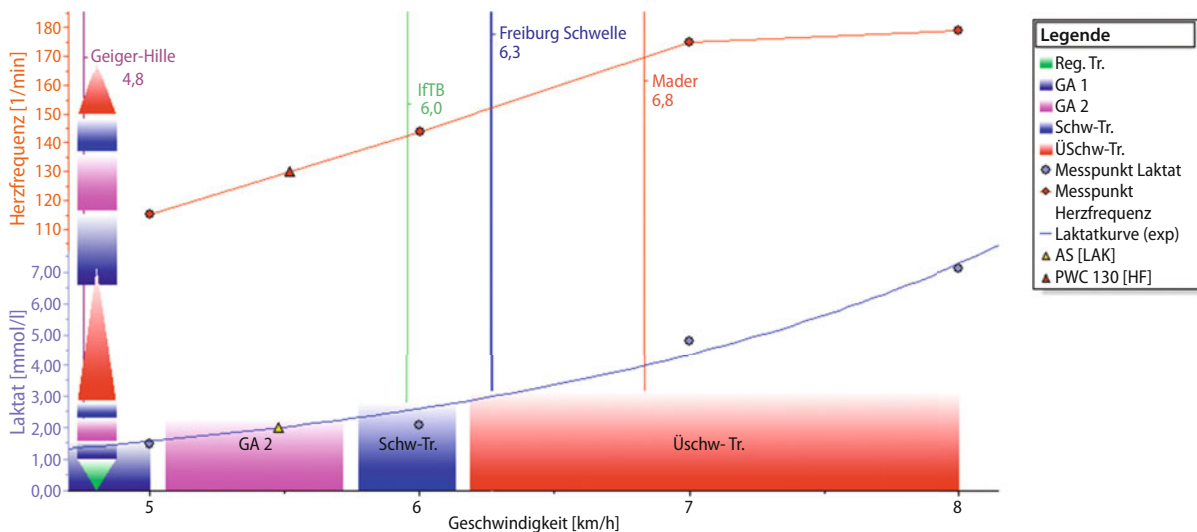


Abb. 13.1 Darstellung der Herzfrequenz (rote Linie) und Laktatkurve (blaue Linie) sowie die Berechnung der IAS nach verschiedenen Modellen aus der Eingangsdiagnostik mittels der Software winlactat der Fa. MESICS

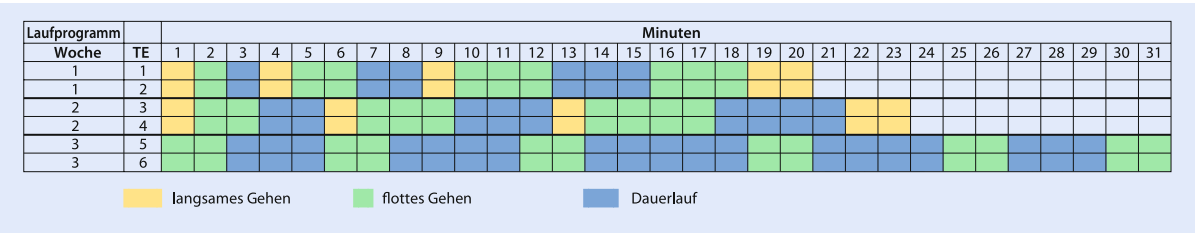


Abb. 13.2 Methodik der Minutenläufe zur Verlängerung der Dauerlaufzeiten (exemplarisch)

Tab. 13.4 Trainingsplanung 1. Monat: Mesozyklus 1	
Ziel	Aufbau von Grundlagenausdauer, 60 min zügig walken können , Rumpfstabilisierung
Umfang	2 TE/Woche à 60 min
Intensität	GA1 (GA2)
Methode	Dauermethode
Anmerkungen	Die Kundin erhält ein Gymnastikprogramm mit Übungen zur Rumpfstabilisierung für zu Hause sowie Ernährungsempfehlungen zur Reduktion der Kalorienaufnahme. Die Walking-Einheiten beginnen mit ca. 30 min. Die verbleibende Trainingszeit wird mit Gymnastik ausgefüllt.

Tab. 13.5 Trainingsplanung 2. Monat: Mesozyklus 2	
Ziel	Aufbau von Grundlagenausdauer, 10 min ohne Pause laufen können , Rumpfstabilisierung und Verbesserung der Kraftausdauer der Beinmuskulatur
Umfang	2 TE/Woche à 60 min
Intensität	GA1, GA2, Schwellentraining
Methode	(Variable) Dauermethode (Minutenläufe)
Anmerkungen	Das Gymnastikprogramm wird durch Übungen zur Verbesserung der Kraftausdauer der Beinmuskulatur ergänzt, die Ernährungsempfehlungen zur Reduktion der Kalorienaufnahme werden beibehalten. Übungen zur Lauftechnik (Laufschule) ergänzen das Lauftraining.

Tab. 13.6 Trainingsplanung 3. Monat: Mesozyklus 3	
Ziel	Verbesserung der Grundlagenausdauer, 20 min ohne Pause laufen können , Muskelaufbau, Koordination
Umfang	2 TE/Woche à 60 min
Intensität	GA1, GA2, Schwellentraining
Methode	(Variable) Dauermethode (Minutenläufe)
Anmerkungen	Das Gymnastikprogramm wird zum Ganzkörpertrainingsprogramm ausgebaut, die Ernährungsempfehlungen zur Reduktion der Kalorienaufnahme werden beibehalten. Beim Lauftraining werden noch mehr Koordinationsübungen aus der Laufschule eingesetzt. Die Laufpausen werden mit Kräftigungsübungen gefüllt.

■ **Tab. 13.7** Trainingsplanung 4. Monat: Mesozyklus 4

Ziel	Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit, 30 min ohne Pause laufen können , Muskelaufbau, Koordination
Umfang	2 TE/Woche à 60 min
Intensität	GA1, GA2, Schwellentraining
Methode	(Variable) Dauerethode, extensives Intervalltraining, vereinzelt HIT-Methode
Anmerkungen	Das Gymnastikprogramm wird als Ganzkörpertraining mit neuen Übungen bestückt, die Ernährungsempfehlungen zur Reduktion der Kalorienaufnahme beibehalten und erweitert. Die Lafeinheiten werden zum Teil in hügeligem Gelände durchgeführt.

■ **Tab. 13.8** Trainingsplanung 5. Monat: Mesozyklus 5

Ziel	Verbesserung der Ausdauerleistungsfähigkeit, 45 min ohne Pause laufen können , Muskelaufbau, Koordination
Umfang	2 TE/Woche à 60 min
Intensität	GA1, GA2, Schwellentraining, vereinzelt Belastungen oberhalb der IAS (Üschw-Tr)
Methode	Methodenmix, Schwerpunkt GA1 und GA2
Anmerkungen	Das Ganzkörpertraining wird ausgebaut, die Ernährungsempfehlungen zur Reduktion der Kalorienaufnahme beibehalten. Die Lafeinheiten ohne Pause werden ständig um 2 min pro TE erhöht, sodass allmählich 45 min gelaufen werden können.

■ **Tab. 13.9** Trainingsplanung 6. Monat: Mesozyklus 6

Ziel	Verbesserung der Grundlagenausdauer, 60 min ohne Pause laufen können , Muskelaufbau, Koordination
Umfang	2 TE/Woche à 60 min
Intensität	GA1, GA2, Schwellentraining, vereinzelt Belastungen oberhalb der IAS (Üschw-Tr)
Methode	Methodenmix, Schwerpunkt GA1 und GA2
Anmerkungen	Das Gymnastikprogramm wird als Ganzkörpertrainingsprogramm weitergeführt, die Ernährungsempfehlungen zur Reduktion der Kalorienaufnahme werden beibehalten. Die Lafeinheiten bestehen aus 2 Teilen (z. B. 2-mal 30 min). Die 1. Einheit wird immer länger, die 2. Einheit kürzer gestaltet, sodass am Ende des Zyklus 60 min Laufen ohne Pausen möglich ist.

■ **Tab. 13.10** Rohdaten der Folgediagnostik des Laufband-Stufentests am 25.03.2013

Stufe	Leistung (km/h)	Dauer (min)	Laktat (mmol/l)	HF (1/min)	RR syst. (mmHg)	RR diast. (mmHg)
Vorbelastung	0	–	1,2	74	110	70
1	5	3	1,3	101	130	75
2	6	3	1,8	126	140	70
3	7	3	2,4	148	145	70
4	8	3	3,2	162	150	70
5	9	3	5,3	174	160	70
Nachbelastung	0	2	4,6	124	125	75

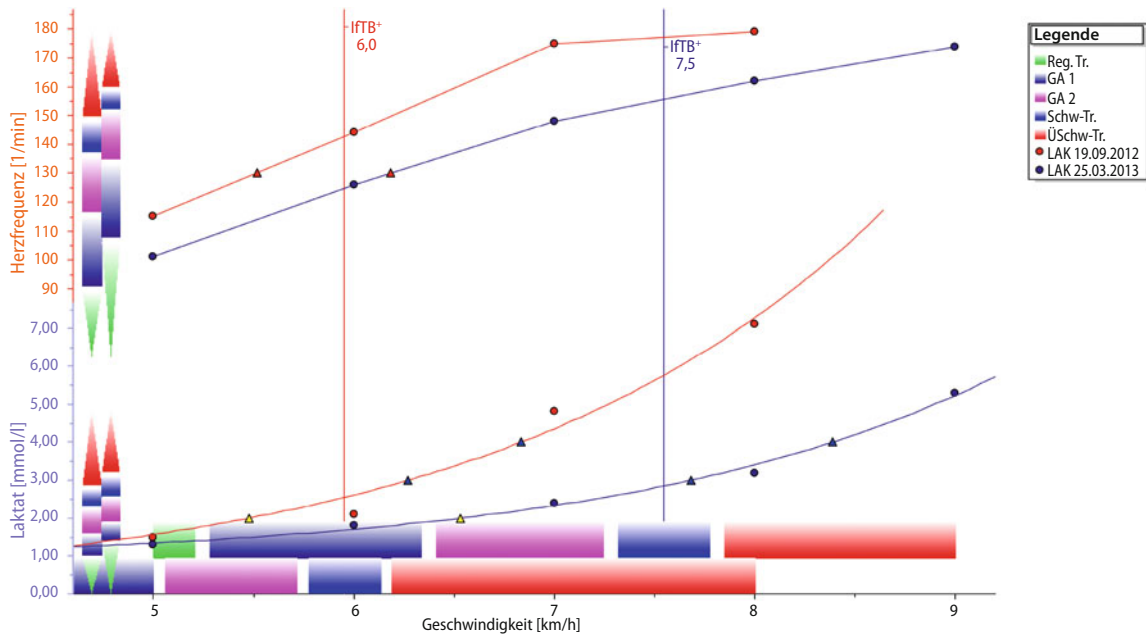


Abb. 13.3 Darstellung der Herzfrequenz- und Laktatkurven sowie der IFTB-Schwelle und Trainingsbereiche der Folgediagnostik (blaue Linien) im Vergleich zur Eingangsdiagnostik (rote Linien)

Tab. 13.11 Berechnung der IAS aus der Folgediagnostik nach dem IFTB-Modell mit der Software winlactat (Fa. MESICS)

	Freiburg	Geiger-Hille	Mader	IftB	Max
Laktat (mmol/l)	2,8	2,14	4	2,85	5,3
HF (1/min)	155	142	167	156	174
Tempo (km/h)	7,5	6,7	8,4	7,5	9

Tab. 13.12 Berechnung der Trainingsbereiche aus der Folgediagnostik nach der IFTB-Schwelle. Reg-Tr: regeneratives Training; GA1: Grundlagenausdauertraining 1; GA2: Grundlagenausdauertraining 2; Schw-Tr: Schwellentraining; ÜSchw-Tr: überschwelliges Training (vgl. Abb. 11.1)

	Reg.-Tr.	GA1	GA2	Schw-Tr.	ÜSchw-Tr.
Intensität	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Laktat (mmol/l)	< 1,40	1,43–1,88	1,93–2,55	2,62–3,11	> 3,20
HF (1/min)	< 106	108–133	135–151	152–159	> 160
Tempo (km/h)	< 5,2	5,3–6,3	6,4–7,2	7,3–7,8	> 7,8

25.03.2012 die Diagnostik durch. Die Ergebnisse sind in Tab. 13.10 und Abb. 13.3 dargestellt.

Der Schwellenvergleich zwischen Eingangs- und Folgediagnostik zeigt, dass die Kundin nach 6 Trainingsmonaten an ihrer IAS 1,5 km/h schneller laufen kann als bei Trainingsbeginn (7,5 statt 6 km/h; Abb. 13.3, Tab. 13.11). Es zeigte sich, dass die Kundin nach einem halben Jahr eine Belastungsstufe mehr leistete und dabei sowohl

geringere Herzfrequenzen als auch Laktatwerte erzielte als im Eingangstest. Im direkten Vergleich zwischen Eingangs- und Folgediagnostik bei 8 km/h hatte sie eine um 17/min niedrigere Herzfrequenz (162 anstatt 179) und einen um 3,9 mmol/l Blut (3,2 statt 7,1) geringeren Laktatwert. Darüber hinaus hatte sie ihr Gewicht von 86 auf 78 kg reduziert. Somit wurde auch dieses Ziel annähernd erreicht.

Nach der halbjährigen Trainingsbegleitung möchte die Kundin ihr Training allein fortsetzen. Dazu erhält sie als Service die Auswertung der Trainingsbereiche für ihr zukünftiges Training aus der Folgediagnostik (■ Tab. 13.12). Der Versuch, weiterhin mit ihr in Kontakt zu bleiben und sie zumindest per Telefon oder E-Mail-Kontakt weiter zu betreuen, scheiterte. Auch diese Erfahrung gehört zum Berufsalltag des Trainers.

13.2 Nach Herzinfarkt wieder belastbar werden

Kunde: Männlich, Jahrgang 1967, 183 cm, 67,5 kg, BMI 20,2

Informationen aus dem Anamnesebogen:

- Bürotätigkeit, überwiegend sitzend, beruflich stark engagiert (50 h/Woche)
- Massive berufliche Stressbelastung
- Ausreichend Schlaf (7,5 h/Tag)
- Seit 2 Jahren unregelmäßig 3-mal/Woche 40–45 min laufen (ca. 4 km)
- Gute Ernährung nach Selbsteinschätzung
- 3 l Flüssigkeitszufuhr/Tag (Wasser, Tee), geringer Alkoholkonsum
- Gutes subjektives Wohlbefinden
- Vater hatte Angina pectoris
- Herzinfarkt im September 2012; danach 3 Wochen Reha
- Blutwerte ohne feststellbaren Risikofaktoren
- Laut medizinischem Gutachten ohne Einschränkung belastbar
- Medikamenteneinnahme: 2,5 mg Bisoprolol (Beta-blocker), ASS100 (Thrombozytenaggregationshemmer, »Blutverdünner«), 20 mg Sortis (Statin, Cholesterinsenker).

Ziele:

- Leistungsfähigkeit nach Herzinfarkt steigern
- Körperfettgehalt unter 20% reduzieren
- Muskelmasse auf über 40% steigern
- 2 TE/Woche bis max. 90 min Dauer

Eingangsdiagnostik am 24.10.2012:

- Stufentest auf dem Laufband mit Laktatdiagnostik
- Körpergewebeanalyse (BIA)

■ Laufband-Stufentest

Die Eingangsdiagnostik am 24.10.2012 wird als Stufentest auf dem Laufband durchgeführt (■ Tab. 13.13), da der Kunde das zukünftige Training unbedingt mit Laufeinheiten

gestalten möchte. Das Argument, die Eingangsanalyse auf dem Fahrradergometer durchzuführen, um die Ergebnisse besser mit Referenzgruppen (gleichaltrigen Männern) vergleichen zu können, ist an dem beschriebenen Beispiel ohnehin nicht stichhaltig, da der Kunde unter Einfluss von Betablockern steht, die neben dem Blutdruck auch die Herzfrequenz senken. Die Bestimmung der Laktatwerte, die zumindest im submaximalen Bereich keiner Beeinflussung durch Betablocker unterliegen, dient somit zur Eichung der medikamentös beeinflussten Herzfrequenzkurve.

Der Stufentest beginnt nach Kontrolle des Blutdrucks bei 5 km/h mit ganz langsamer Laufbelastung, die alle 3 min um 1 km/h erhöht wird, bis der Proband einen Laktatwert von ca. 6 mmol/l Blut erreicht hat. Die Diagnostik verläuft ohne Auffälligkeiten. Auch die letzte Belastungsstufe von 9 km/h verkraftet die Testperson ohne Erschöpfungssymptome über die volle Stufendauer von 3 min.

Die Auswertung ergibt eine IAS nach der IfTB-Methode bei 2,69 mmol Laktat pro Liter Blut. Dies entspricht einer Herzfrequenz von 135/min bei 7,1 km/h (■ Tab. 13.14; ■ Abb. 13.4).

Ausgehend von der Schwellenberechnung folgt die Festlegung der Trainingsbereiche (■ Tab. 13.15) zur Steuerung der folgenden 24 Trainingseinheiten bei 2 TE/Woche (■ Tab. 13.16).

Neben der Laufbandergometrie wird die Zusammensetzung des Körpergewebes mittels einer bioelektrischen Impedanzanalyse bestimmt (■ Abb. 13.5).

■ Trainingsplanung und -steuerung

Die medizinische Vorgeschichte bedingt eine sorgfältige Planung des Trainings, um keinesfalls Überbelastungen zu provozieren. Neben den kardialen Belastungen sollen über funktionsgymnastische Übungen Kraft und Koordination verbessert werden. Ziel ist es dabei, die Intensität der Kraftübungen so weit anzuheben, dass ab dem 3. Mesozyklus Muskelzuwachs erzielt werden kann.

Um das Ausdauertraining abwechslungsreich zu gestalten, möchte der Kunde neben dem Laufband den Cross-Walker als weiteres Gerät ins Training integrieren.

Im 1. Mesozyklus steht die Verbesserung der Grundgenausdauer an. Der Trainingsumfang wird stufenweise auf 60 min angehoben. Im 2. Mesozyklus folgen intensivere Einheiten, die dann im 3. Mesozyklus weiter gesteigert werden, um die Belastbarkeit im oxidativen Beanspruchungsbereich zu verbessern (Rechtsverlagerung der Laktatschwelle).

Insgesamt kann der Kunde die geplanten Trainingseinheiten problemlos ohne Unterbrechungen umsetzen. In der 10. TE erklärt er, die Trainingsbelastungen als relativ niedrig zu empfinden, da er sich sehr gut fühle. Nach ärztlicher Rücksprache wird die Trainingsintensität daraufhin angehoben. Zur Kontrolle erfolgen neben den andauern-

Tab. 13.13 Rohdaten der Eingangsdiagnostik des Laufband-Stufentests am 24.10.2012

Stufe	Leistung (km/h)	Dauer (min)	Laktat (mmol/l)	HF (1/min)	RR syst. (mmHg)	RR diast. (mmHg)
Vorbelastung	0	–	1,3	84	115	70
1	5	3	1,2	101	120	70
2	6	3	1,6	112	120	70
3	7	3	2,4	132	125	70
4	8	3	4,2	153	125	75
5	9	3	6	162	130	75
Nachbelastung	0	2	5,8	135	125	75

Tab. 13.14 Berechnung der IAS nach dem IfTB-Modell mit der Software winlaktat (Fa. MESICS)

	Freiburg	Geiger-Hille	Mader	IfTB	Max
Laktat (mmol/l)	2,9	1,75	4	2,69	6,6
HF (1/min)	138	115	153	135	162
Tempo (km/h)	7,3	6,1	8	7,1	9

Tab. 13.15 Berechnung der Trainingsbereiche von der IfTB-Schwelle. Reg-Tr: regeneratives Training; GA1: Grundlagenausdauertraining 1; GA2: Grundlagenausdauertraining 2; Schw-Tr: Schwellentraining; ÜSchw-Tr: überschwelliges Training (vgl. Abb. 11.1)

	Reg.-Tr.	GA1	GA2	Schw-Tr.	ÜSchw-Tr.
Intensität	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Laktat (mmol/l)	< 1,12	1,15–165	1,70–2,37	2,45–2,97	> 3,07
HF (1/min)	< 100	101–112	113–129	130–139	> 141
Tempo (km/h)	< 4,9	5,0–6,0	6,1–6,8	6,9–7,3	> 7,4

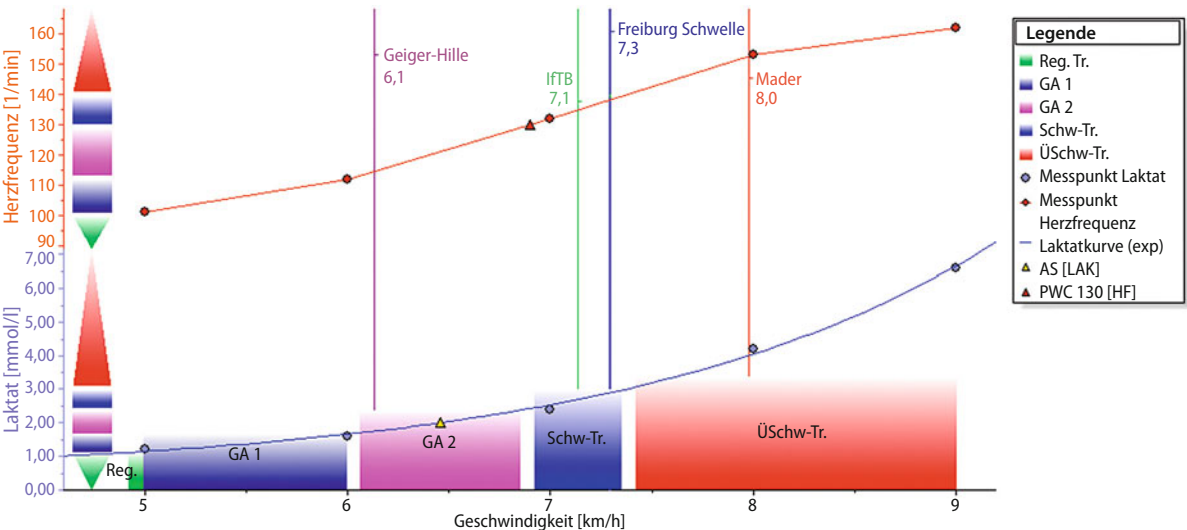
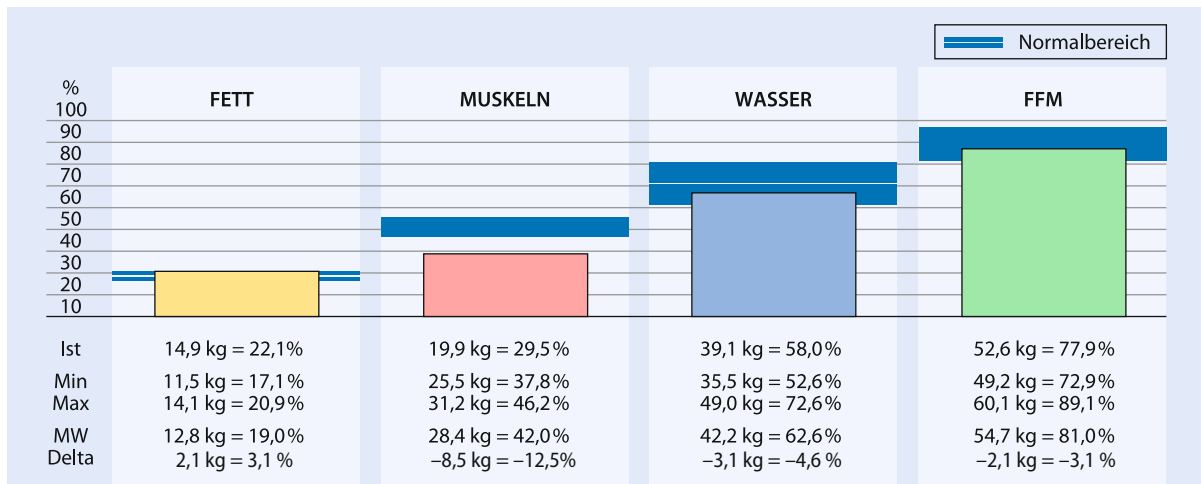


Abb. 13.4 Darstellung der Herzfrequenz- (rote Linie) und Laktatkurve (blaue Linie) sowie die Berechnung der IAS nach verschiedenen Modellen aus der Eingangsdiagnostik mit der Software winlaktat der Fa. MESICS

Tab. 13.16 Trainingsplanung auf der Basis der Eingangsdiagnostik für Mesozyklus 1–3

TE	Datum	Laufband			Crosstrainer			Bemerkungen zur Umsetzung der Planung
		Zeit	Intensität/ Trainings- bereich	Tempo (km/h)	Zeit (min)	Intensität/ Trainings- bereich	Stufe	
Mesozyklus 1								
1	29.10.12	20	GA1	6				Gehbelastung, nach Belastungsende RR 120/80 mmHg, Lac 1,3 mmol
2	21.10.12	25	GA1	6				Gehbelastung
3	05.11.12	30	GA1	6				Gehbelastung
4	07.11.12	20	GA2	6,5	15	GA1	8	Laufbelastung, nach Belastungsende RR 125/75, Lac 2,3 mmol, HF 132
5	13.11.12	25	GA1	6	15	GA1	8	Gehbelastung mit 4 km/h mit Steigung auf 3–5% bei HF 125
6	15.11.12	30	GA1	6	15	GA2	10	Gehbelastung
7	19.11.12	30	GA2	7	20	GA1	8	Ab jetzt Laufbelastung
8	21.11.12	35	GA1	6,5	20	GA1	8	
Mesozyklus 2								
9	26.11.12	35	GA2	7	20	GA2	10	
10	29.11.12	35	GA1	6,5	25	GA2	8	Belastungen vom Kunden als niedrig empfunden
11	03.12.12	35	GA2	7,5	25	GA1	9	
12	05.12.12	30	Schw-Tr	8	30	GA2	11	Nach Belastungsende RR 130/70, Lac 2,1 mmol, HF 140
13	10.12.12	30	ÜSchw-Tr	7–9	30	GA1		24-h-EKG-Kontrolle, nach Belastungsende RR 135/70, Lac 3,4 mmol, HF 148
14	12.12.12	40	GA1	7	20	GA2		
15	17.12.12	35	Schw-Tr	8	25	GA1		RR-Messungen nach 20 min 130/75, HF 133 nach 60 min RR 135/75, HF 141
16	27.12.12	35	ÜSchw-Tr	7–9	25	GA2		RR-Messungen nach Belastungsende 145/75, Lac 3,8 mmol, HF 150
Mesozyklus 3								
17	02.01.13	45	GA1	7	15	Schw-Tr		RR-Messungen nach Belastungsende 140/70, HF 137
18	07.01.13	35	ÜSchw-Tr	7–10	25	GA1		RR-Messungen nach Belastungsende 145/70, Lac 3,6 mmol, HF 148
19	09.01.13	40	GA2	7,5	20	GA2		
20	14.01.13	40	Schw-Tr	8	20	GA1		RR-Messungen nach Belastungsende 130/80, HF 133
21	16.01.13	35	ÜSchw-Tr	7–10	25	GA1		RR-Messungen nach Belastungsende 130/80, Lac 3,9 mmol, HF 146
22	21.01.13	50	GA1	7	10	Schw-Tr		
23	28.01.13	35	ÜSchw-Tr	7–11	25	GA1		RR-Messungen nach Belastungsende 145/70, Lac 4,3 mmol, HF 155
24	30.01.13	60	GA2	7,5				



■ **Abb. 13.5** Ergebnis der Körpergewebe- (BIA) Eingangsanalyse vom 24.10.2012

den Herzfrequenzmessungen verstärkt Blutdruck- und Laktatmessungen vor, während und am Ende des Trainings. Das erste Intervalltraining während der 13. TE wird seitens des Kardiologen mit einem mobilen 24-h-Belastungs-EKG begleitet und ergibt keinen Befund.

Am 04.02.2013 findet die erste Folgediagnostik statt. Die subjektiv empfundene Leistungsverbesserung des Kunden führt dazu, dass die Eingangsstufe bei 6 km/h (statt 5 km/h bei der Eingangsanalyse) angesetzt wird. Da der Laktatwert bei 9 km/h (Endbelastung bei der Eingangsdiagnostik) noch deutlich unter 4 mmol/l Blut liegt, das subjektive Befinden nach Rückfrage als bestens bewertet wird und auch die Blutdruck- sowie Herzfrequenzwerte zu keinem Abbruch der Belastung zwingen, folgen zwei weitere Belastungsstufen bis auf 11 km/h (■ Tab. 13.17).

Im Vergleich zur Eingangsdiagnostik zeigt sich nicht nur beim subjektiven Empfinden, sondern auch bei den objektiven Daten eine deutliche Leistungsverbesserung. Die IAS hat sich von 7,1 auf 9,3 km/h erhöht (■ Abb. 13.6). Bei Betrachtung der Geschwindigkeit von 8 km/h hat der Proband bei der Folgediagnostik einen um 2,0 mmol/l Blut niedrigeren Laktatwert (von 4,2 auf 2,2 mmol/l) und eine um 21 Schläge geringere Herzfrequenz (von 153 auf 132/min) als bei der Eingangsanalyse. Daraus folgt, dass nach einer Trainingsdauer von ca. 3 Monaten sowohl sich das Stoffwechselverhalten, als auch die Herz-Kreislauf-Funktionen des Kunden sehr gut ökonomisiert haben.

Die Betablockerdosierung (Bisoprolol) wurde daraufhin von 2,5 mg auf 1,25 mg reduziert, das Statin (Sortis) von 20 auf 10 mg. Aus den neuen IFTB-Schwellenwerten ergeben sich veränderte Herzfrequenzwerte für die verschiedenen Trainingsbereiche des Folgetrainings (■ Tab. 13.18, ■ Tab. 13.19).

Der Kunde fühlt sich aufgrund seiner Erfolge hochmotiviert und setzt das Training fort. Am 18.09.2013 hat er

seine letzte Folgediagnostik durchgeführt. In der Zwischenzeit ist sein Ziel, seine erreichte Leistungsfähigkeit auf dem derzeitigen Niveau zu stabilisieren. Die IAS liegt neuerdings bei 8,9 km/h. Die detaillierte Darstellung der Trainingsplanung und die Ergebnisse aller Folgediagnostiken würden den Rahmen dieses Buches überschreiten.

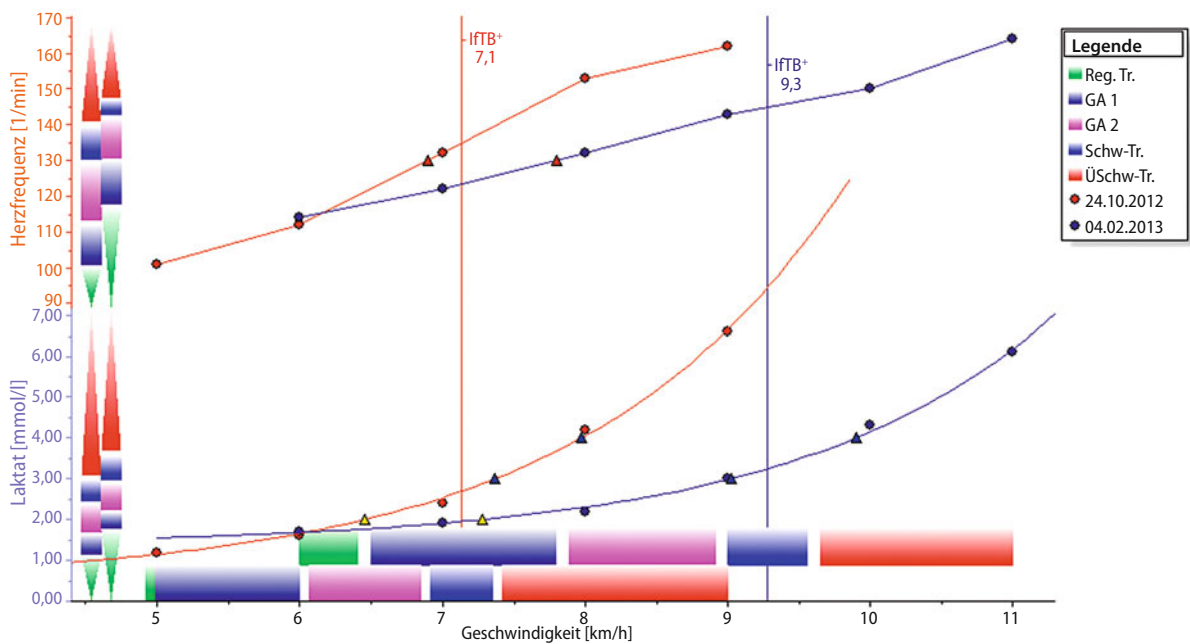
Verwiesen sei noch auf die Ergebnisse der Körperanalysen (■ Abb. 13.7). Der Körperfettgehalt ist nach 9 Monaten kontinuierlich von 22,1 auf 13,2% gefallen. Dagegen ist die Muskelmasse von 29,5 auf 40,5% gestiegen. Der Flüssigkeitsanteil hat sich im Zielbereich stabilisiert. Damit konnte der Kunde sämtliche eingangs formulierten Ziele erreichen. Auch dies gehört glücklicherweise zum Traineralltag und sorgt für die notwendige Motivation, sich um die Ziele seiner Kunden verantwortungsvoll zu kümmern.

Zusammenfassung

Wegen der gesellschaftlichen Bedeutung von Adipositas und Herz-Kreislauf-Erkrankungen wird an zwei Beispielen die Gestaltung von Trainingsprozessen detailliert beschrieben. Im ersten Beispiel möchte eine übergewichtige Kundin nach 6 Monaten wieder eine Stunde ohne Pause laufen können, im zweiten hat ein Kunde das Ziel, nach einem überstandenen Herzinfarkt wieder belastbar zu werden. Ausgehend von den Anamnesedaten und Zielformulierungen werden die Ergebnisse der Körpergewebeanalysen und Laktatdiagnostiken über die Dauer des beschriebenen Trainingsprozesses verfolgt und die erzielten Leistungsverbesserungen dokumentiert. Darüber hinaus wird die Periodisierung und Gestaltung des Trainings exemplarisch beschrieben. Die Dokumentation stellt anschaulich die Beziehung zwischen Diagnostik und Training in ihrer zeitlichen Folge dar.

■ **Tab. 13.17** Rohdaten der Folgediagnostik des Laufband-Stufentests am 04.02.2013

Stufe	Leistung (km/h)	Dauer (min)	Laktat (mmol/l)	HF (1/min)	RR syst. (mmHg)	RR diast. (mmHg)
Vorbelastung	0	–	1,5	72	100	65
1	6	3	1,7	114	110	65
2	7	3	1,9	122	115	65
3	8	3	2,2	132	115	65
4	9	3	3	143	120	70
5	10	3	4,3	150	125	70
6	11	3	6,1	164	130	70
Nachbelastung	0	2	5,4	124	115	70



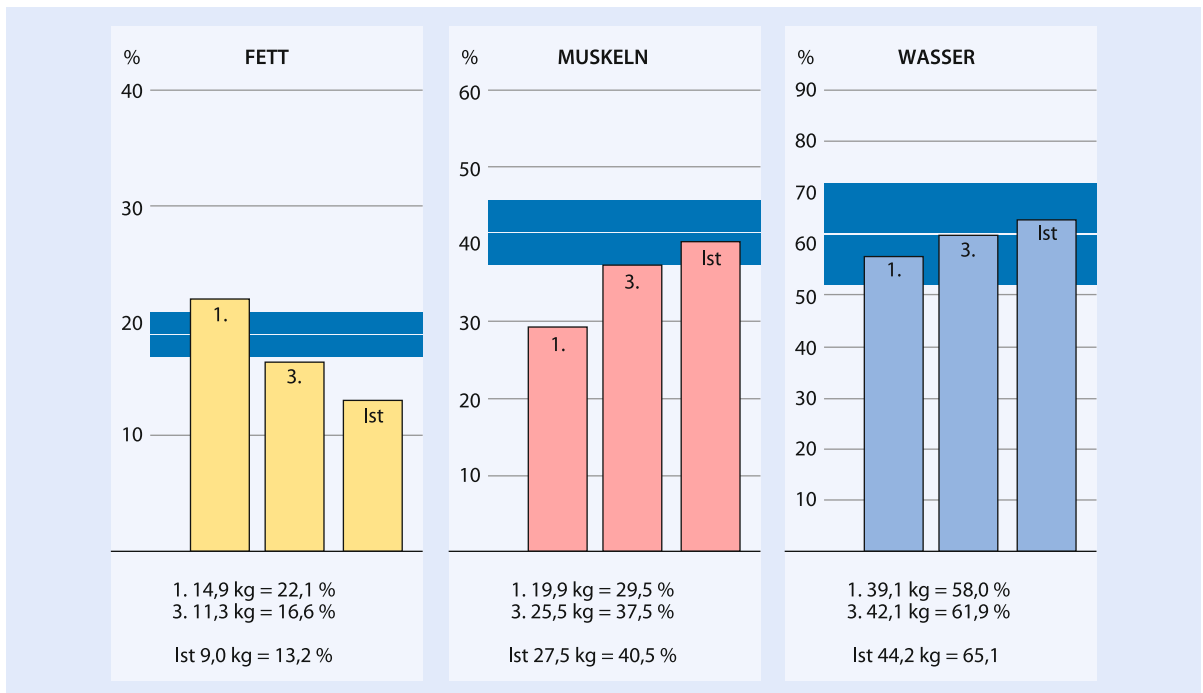
■ **Abb. 13.6** Darstellung der Herzfrequenz- und Laktatkurve sowie der IFTB-Schwelle und Trainingsbereiche der Folgediagnostik (blaue Linie) im Vergleich zur Eingangsdiagnostik (rote Linie) mit der Software winlactat (Fa. MESICS)

■ **Tab. 13.18** Berechnung der IAS aus der Folgediagnostik nach dem IFTB-Modell mit der Software winlactat (Fa. MESICS)

	Freiburg	Geiger-Hille	Mader	IFTB	Max
Laktat (mmol/l)	3,3	2,66	4	3,24	6,1
HF (1/min)	145	139	149	145	164
Tempo (km/h)	9,3	8,6	9,9	9,3	11

■ **Tab. 13.19** Berechnung der Trainingsbereiche aus der Folgediagnostik nach der IFTB-Schwelle. Reg-Tr: regeneratives Training; GA1: Grundlagenausdauertraining 1; GA2: Grundlagenausdauertraining 2; Schw-Tr: Schwellentraining; ÜSchw-Tr: überschwelliges Training (vgl. ■ Abb. 11.1)

	Reg.-Tr.	GA1	GA2	Schw-Tr.	ÜSchw-Tr.
Intensität	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Lac (mmol/l)	< 1,76	1,78–2,20	2,24–2,90	2,98–3,55	> 3,66
HF (1/min)	< 117	118–130	131–142	143–147	> 148
Tempo (km/h)	< 6,4	6,5–7,8	7,9–8,9	9,0–9,6	> 9,7



■ **Abb. 13.7** Entwicklung der Körperfett-, Muskel- und Flüssigkeitsanteile (BIA-Vergleichsmessungen) am 24.10.2012 (1.), 02.05.2013 (3.) und 31.07.2013 (Ist)

Literatur

Gimbel A (2005) Entwicklung eines Verfahrens zur laktatgestützten Leistungsdiagnostik im Ausdauerbereich für freizeit- und gesundheitsorientierte Läufer. GRIN, Norderstedt

Gesundheit geht durch den Magen

- Kapitel 14** **Der Mensch ist, was er isst** – 215
Elisabeth Malzfeldt
- Kapitel 15** **Ernährungsdiagnostik** – 253
Elisabeth Malzfeldt
- Kapitel 16** **Ernährungstraining für bessere Leistungsfähigkeit** – 265
Elisabeth Malzfeldt
- Kapitel 17** **Ernährungsmanagement am praktischen Beispiel** – 293
Elisabeth Malzfeldt

Der Mensch ist, was er isst

Elisabeth Malzfeldt

14.1 Nahrung liefert Energie – 216

14.2 Nahrung enthält Nährstoffe – 218

14.2.1 Makronährstoffe – 219

14.2.2 Mikronährstoffe – 234

14.2.3 Sekundäre Pflanzenstoffe – 244

14.2.4 Wasser – 246

14.2.5 Alkohol – 247

Literatur – 248

Die Überschrift dieses Kapitels, ein Satz des deutschen Philosophen Ludwig Feuerbach (1804–1872), bringt es auf den Punkt: Alles, was unseren Körper ausmacht, jedes Organ, jede Zelle, jedes Hormon, besteht aus den Stoffen, die wir mit der Nahrung aufnehmen und mithilfe von Sauerstoff aus der Atemluft für uns nutzbar machen. Wir stehen so in ständigem Austausch mit der Außenwelt.

Feuerbach verfasste den Satz in einer Zeit großer gesellschaftspolitischer Umbrüche Mitte des 19. Jahrhunderts. Große Teile der Bevölkerung waren im Zuge der Industrialisierung verelendet. Unter anderem forderte er für das Volk eine bessere Ernährung für Körper und Seele. Er schrieb: »Die Speisen werden zu Blut, das Blut zu Herz und Hirn, zu Gedanken und Gesinnungsstoff. Menschliche Kost ist die Grundlage menschlicher Bildung und Gesinnung. Wollt Ihr das Volk bessern, so gebt ihm ... bessere Speisen. Der Mensch ist, was er isst.« (Feuerbach 1971).

Für die körperlich anstrengende Arbeit eines Industriearbeiters ist eine bedarfsgemäße Ernährung notwendig, die neben Kohlenhydraten einen ausreichenden Eiweißanteil enthält. Die moderne Lebens- und Arbeitswelt stellt neue, zusätzliche Anforderungen. Menschen kontrollieren Maschinen, körperliche Beanspruchung gerät vielfach in den Hintergrund. In Arbeit und auch Freizeit sitzen laut Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin die Deutschen täglich 10–14 Stunden (BAUA 2011). Die Wissens- bzw. Informationsgesellschaft, die in der globalisierten Welt vernetzt ist und gleichzeitig mit allen im Wettbewerb steht, verlangt Menschen, die geistig aktiv, körperlich fit und stressresistent sind.

➤ Wichtig

Eine optimale Auswahl und Kombination von Nährstoffen ist eine Grundvoraussetzung für unsere körperliche und geistige Leistungsfähigkeit, für Gesundheit und Wohlbefinden.

Weitere Informationen hierzu siehe ► Abschn. 16.3.4.

14.1 Nahrung liefert Energie

Unsere Nahrungsmittel enthalten Energie, die schrittweise dem Körper durch Zellatmung (Verstoffwechselung mit Sauerstoff) verfügbar gemacht wird und Bewegung, Denken, Wachstum und Regeneration ermöglicht (► Kap. 10). Ein großer Teil der Nahrungsenergie wird in energiereiche körpereigene Verbindungen (ATP) umgewandelt und gespeichert; dabei entsteht Wärme, die der menschliche Körper zur Aufrechterhaltung seiner Temperatur benötigt.

Die Maßeinheit für die Energie ist den international anerkannten SI-Einheiten entsprechend **Kilojoule (kJ)**. Im Zusammenhang mit der Ernährung hält sich aber hartnäckig die **Kilokalorie (kcal)** als Maß für den Energiegehalt

von Lebensmitteln. Der Umrechnungsfaktor ist $1 \text{ kJ} = 4,148 \text{ kcal}$. Außerdem sind im Allgemeinen Kilokalorien gemeint, wenn von Nahrungskalorien gesprochen wird.

Die Bestimmung des **Kaloriengehalts** erfolgt durch vollständige Verbrennung im Bombenkalorimeter, gibt also den *physikalischen* Energiegehalt, die Bruttoenergie, wieder. Einzelne Vertreter der Kohlenhydrate, Fette und Proteine können abhängig von den Moleküleigenschaften um jeweils $\pm 10\%$ von den gängigen Kalorienangaben abweichen.

Der Begriff des **physiologischen Energiegehalts** bezieht sich auf die im Körper tatsächlich umsetzbare Energie, die sich bei Kohlenhydraten und Fetten nicht von der physikalischen unterscheidet, da diese Stoffe vollständig zu Kohlendioxid und Wasser verbrannt werden. Bei den Proteinen sind hingegen die Abbauprodukte noch energiehaltig, z. B. Harnstoff, Kreatinin, Harnsäure, und sie werden mit dem Urin ausgeschieden. Dabei gehen ca. $1,3 \text{ kcal/g}$ verloren, der physiologische Brennwert ist also nur mit $4,1 \text{ kcal/g}$ zu berechnen (Noack 2004, S. 30).

Hinzu kommt, dass die Nährstoffe nicht vollständig verdaut und über die Darmschleimhaut ins Blut überführt (resorbiert) werden. Bei den Fetten sind durchschnittlich 95%, bei Kohlenhydraten bis zu 98% und bei Proteinen 94% verfügbar (bei gemischter Kost). Pflanzliche Eiweiße sind im Durchschnitt zu 85% verdaulich, tierische zu 95%. Alkohol wird vollständig resorbiert. Die Verdaulichkeit aller Nährstoffe wird in Anwesenheit von hoher Ballaststoffzufuhr vermindert.

➤ Wichtig

Durchschnittlich setzt man den verdauungsbedingten Nährstoffverlust bei gemischter Kost mit 10% an. (Institut für Ernährungsinformation (ohne Jahr) (a)).

Am Beispiel von Mandeln zeigt eine kürzlich veröffentlichte Studie eine um fast ein Viertel geringere Energieausbeute als es in Nährstofftabellen zu finden ist (Novotny et al. 2012). Durch Laboruntersuchungen wurde bei Probanden der Gehalt an Energie und Nährstoffen in ihrer Nahrung sowie in ihrem Stuhl und Urin ermittelt. Der Energiegehalt von Mandeln konnte so mit $4,6 \text{ kcal/g}$ errechnet werden, während sie in den gängigen Tabellen mit ca. 6 kcal/g verzeichnet sind.

Vor gut 100 Jahren berechnete Atwater aus dem physikalischen Brennwert und den erwähnten Abweichungen (unterschiedliche Verfügbarkeit und bei Proteinen unvollständige Oxidation) den **physiologischen Brennwert der Nährstoffe**. Die nach ihm benannten Atwater-Faktoren gelten als Berechnungsgrundlage nach dem Lebensmittelrecht und werden in Lebensmitteltabellen und Nährwertangaben der Industrie genutzt. Sie werden von etlichen Autoren als ungenau kritisiert. Für die Wirkung der Nahrung auf den Organismus zählt nicht nur die Energiemenge, sondern wesentlich auch, *was man isst* (► Abschn. 16.3.2).

■ **Tab. 14.1** Nährstoffe und ihr ungefährender Kaloriengehalt (physiologischer Brennwert nach Atwater)

Nährstoffe	Physiologischer Brennwert (kcal/g)
Fette	1g \triangleq ca. 9,3kcal (38,9 kJ)
Kohlenhydrate	1g \triangleq ca. 4,1kcal (17,2 kJ)
Eiweiße	1g \triangleq ca. 4,1kcal (17,2 kJ)
Alkohol	1g \triangleq ca. 7,1kcal (30,0 kJ)
Ballaststoffe	1g \triangleq durchschnittlich ca. 2kcal (ca. 8 kJ)
Wasser, Vitamine, Mineralstoffe, sekundäre Pflanzenstoffe	Energiefrei

Die **energiehaltigen Makronährstoffe** sind Kohlenhydrate, Fette, Eiweiße sowie Alkohol. Daneben tragen in geringerem Maß organische Säuren (3 kcal/g) und Zuckeralkohole (2,4 kcal/g) zur Kalorienzufuhr bei. Nicht alle Ballaststoffe sind energiefrei, sie enthalten durchschnittlich 2 kcal/g (■ Tab. 14.1).

➤ Wichtig

- Kalorienwerte werden meist abgerundet: **Fette auf 9 kcal/g, Kohlenhydrate und Eiweiße auf 4 kcal/g und Alkohol auf 7 kcal/g.**
- Kalorienfrei sind Vitamine, Mineralstoffe, sekundäre Pflanzenstoffe sowie Wasser.
- Die Haupt- oder auch Makronährstoffe können sich prinzipiell als Energielieferanten gegenseitig ersetzen, die Stoffwechselauswirkungen können aber sehr unterschiedlich sein.

■ Grundumsatz

Selbst bei körperlicher Inaktivität verbraucht man Energie für Atmung, Kreislauf, Gehirn, Leber, Nieren und Stoffwechselprozesse. Diese Energiemenge, die zur Aufrechterhaltung der lebensnotwendigen körperlichen Funktionen nötig ist, wird als **Grundumsatz** oder **basale Stoffwechselrate** bezeichnet. Abhängig ist dieser von Alter, Geschlecht (bei Männern ca. 10% höher als bei Frauen), Größe, Gewicht, Muskelmasse, hormonellen Faktoren und Stresslevel.

➤ Wichtig

Der Grundumsatz korreliert mit der fettfreien Körpermasse.

Bei Menschen mit wenig Bewegung beträgt der Grundumsatz ca. zwei Drittel des Gesamtumsatzes; durch größere körperliche Aktivität kann der **Gesamtenergieumsatz** deutlich gesteigert werden. Zur groben Abschätzung dient folgender Wert: 1 kcal pro kg/h.

Dieser geschätzte Wert berücksichtigt allerdings weder Geschlecht noch Alter oder etwa eine geringe fettfreie Masse bei starkem Übergewicht. Zur genaueren Berechnung finden sich Formeln in der Literatur. Messungen sind möglich mit der indirekten Kalorimetrie und auch durch die Spiroergometrie (► Abschn. 11.2).

Für normalgewichtige **junge Frauen** (bis 25 Jahre) liegt der Grundumsatz durchschnittlich bei **ca. 1400 kcal**, bei **jungen Männern bei ca. 1800 kcal**. Zwischen 51 und 65 Jahren beträgt er nur noch knapp 1300 kcal bei Frauen und knapp 1500 kcal bei Männern.

Den größten Anteil am Grundbedarf hat die Muskulatur (24%), gefolgt von der Leber mit 22%, dem Gehirn mit 19%, den Nieren (10%), dem Herz (7%) und dem Fettgewebe (4%). 14% stehen für den restlichen Körper zur Verfügung, insbesondere für Stoffwechselfunktionen (Institut für Ernährungsinformation ohne Jahr (a)).

Die **postprandiale Thermogenese** (Wärmeerzeugung nach Mahlzeiten) bewirkt eine Steigerung des täglichen Energieumsatzes von etwa 8–15%. Sie kommt durch die Verarbeitung der Nährstoffe im Körper (Verdauung, Umbau, Transport und Speicherung) zustande und wird nährstoffbezogen mit folgenden Werten angegeben: 2–4% des Energiegehalts für Fette, 4–7% für Kohlenhydrate und 18–25% für Eiweiße. Im Vergleich zu fett- oder kohlenhydratreichen Mahlzeiten hält sie nach proteinreichen doppelt so lange an (Noack 2004, S. 34).

Die **Temperaturregulation**, die für die Konstanthaltung der Körpertemperatur von 37°C sorgt, verbraucht ebenfalls Energie; bei Kälte wird Wärme produziert (Muskelzittern), bei Hitze wird sie abgegeben (Schwitzen).

■ Arbeits- oder Leistungsumsatz

Der Arbeits- oder Leistungsumsatz ist von Umfang und Intensität der körperlichen Belastung im Alltag und im Sport abhängig sowie in geringerem Maß auch von geistiger Arbeit.

➤ Wichtig

Über körperliche Aktivitäten jeglicher Art kann am stärksten Einfluss auf den Energieverbrauch genommen werden.

Bei leichter körperlicher Betätigung beträgt der Leistungsumsatz ca. 30–40% des Gesamtenergiebedarfs, vermehrte Bewegung ermöglicht ein großes Steigerungspotenzial. Das Gesamtausmaß an körperlicher Aktivität (**Physical Activity Level = PAL**) kann berechnet werden als ein Vielfaches des Grundumsatzes:

$$\text{Gesamtumsatz} = \text{Grundumsatz} \times \text{PAL}$$

Die entsprechenden PAL-Faktoren sind ■ Tab. 14.2 zu entnehmen.

■ **Tab. 14.2** Physical Activity Level (PAL) bei verschiedenen Tätigkeiten

Arbeitsschwere und Freizeitverhalten	PAL-Faktor	Beispiele
Ausschließlich sitzend oder liegend	1,2	Alte und Gebrechliche
Ausschließlich sitzend, wenig oder keine Freizeitaktivität	1,4–1,5	Büroangestellte, Feinmechaniker
Sitzend, zeitweilig gehend oder stehend*	1,6–1,7	Laboranten, Kraftfahrer, Studierende, Fließbandarbeiter
Überwiegend gehend und stehend*	1,8–1,9	Haufrauen/-männer, Verkäufer, Kellner, Mechaniker
Körperlich anstrengend*	2,0–2,4	Bauarbeiter, Landwirte, Wald- und Bergarbeiter, Leistungssportler

*0,3 PAL-Einheiten kommen zusätzlich bei viel Sport oder anstrengenden Hobbys dazu (30–60 min, 5-mal pro Woche) (Institut für Ernährungsinformation ohne Jahr (a))

■ **Tab. 14.3** Kalorienverbrauch pro Minute bei verschiedenen Sportarten (Faustformeln)

Intensität	Kalorienverbrauch* (kcal/min)
Leicht	3
Mittel	5
Hoch	10–15
Sehr hoch	bis zu 20

* Abhängig vom Körpergewicht und von der Intensität

■ **Tab. 14.4** Kalorienverbrauch einer Person mit 75 kg Körpergewicht bei verschiedenen Tätigkeiten pro Stunde (Novafeel ohne Jahr)

Tätigkeit	Kalorienverbrauch (kcal/h)
Sitzen	112
Spazieren gehen	324
Treppen steigen	620
Auto fahren	136
Putzen	352
Gartenarbeit, anstrengend	452
Tanzen	368
Rad fahren mit 15 km/h	540
Skilanglauf	692

Sportliche Aktivitäten lassen sich grob nach dem Kalorienverbrauch in leichte bis schwere Aktivitäten einteilen. Der tatsächliche Verbrauch ist abhängig von Intensität und Körpergewicht (■ Tab. 14.3, ■ Tab. 14.4).

■ Gesamtenergiebedarf

Der Gesamtenergiebedarf ergibt sich folgendermaßen:

➤ Wichtig

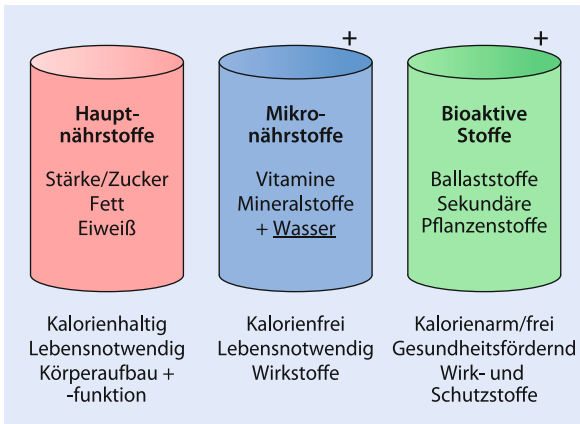
Gesamtenergiebedarf = Grundumsatz + Leistungsumsatz + nahrungsinduzierte Thermogenese + Verdauungsverluste

14.2 Nahrung enthält Nährstoffe

Der ■ Abb. 14.1 ist die grundsätzliche Einteilung der Nährstoffe für eine gesunde Ernährung zu entnehmen. Eine gesundheitsfördernde Ernährung sollte die kalorienfreien (bzw. -armen), funktionell wichtigen Stoffe in höherem Maß enthalten (in ■ Abb. 14.1 mit »+« markiert).

Zahlreiche Nährstoffe nimmt der Mensch aus der Nahrung auf (■ Abb. 14.1):

- Die drei Haupt- oder **Makronährstoffe**, Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße, liefern dem Körper Energie und dienen in unterschiedlichem Maß als Bau- und Funktionsstoffe. Die Besonderheit von Fetten ist, dass ihr Energiegehalt mehr als doppelt so hoch ist wie der von Kohlenhydraten und Eiweißen. Alkohol, leider für manche Menschen auch ein Grundnährstoff, ist ähnlich energiereich wie Fett.
- Mikronährstoffe** sind kalorienfrei, lebensnotwendig und dienen als Wirkstoffe im Stoffwechsel. Jeder einzelne dieser Stoffe ist unverzichtbar; der Bedarf ist relativ gut bekannt. Die empfohlenen Zufuhrwerte stehen für Deutschland (D), Österreich (A) und die Schweiz (CH) als D-A-CH-Referenzwerte (D-A-CH 2012) zur Verfügung (► Abschn. 15.1 und ► Abschn. 15.2). Unter dem Aspekt, dass es nicht kalorienhaltig ist, kann man hier teilweise auch das Wasser einordnen.
- Eine dritte Gruppe Nährstoffe bilden die ebenfalls (annähernd) kalorienfreien **bioaktiven Stoffe**. Sie gelten in der großen Mehrzahl als gesundheitsfördernd. Neben den für die Darmfunktion wichtigen Ballaststoffen fallen in diese Gruppe auch die sekundären Pflanzenstoffe.



■ **Abb. 14.1** Nährstoffgruppen: Makronährstoffe, Mikronährstoffe und bioaktive Stoffe

Essenzielle Nährstoffe sind für den Körper unentbehrlich, können jedoch nicht von ihm selbst synthetisiert werden. Meist sind die dafür notwendigen Enzyme im Laufe der Evolution zugunsten anderer Stoffwechselfunktionen verloren gegangen. Daher müssen diese Stoffwechselprodukte aus pflanzlichen oder tierischen Lebensmitteln aufgenommen werden. Ein Beispiel ist das Vitamin C, das z. B. Hunde noch selbst herstellen können. Unter den essenziellen Nährstoffen finden sich bestimmte ungesättigte Fettsäuren und Eiweißbausteine (Aminosäuren) sowie alle Vitamine und Mineralstoffe. **Nichtessenzielle Nährstoffe** können aus Vorstufen hergestellt werden, die allerdings ausreichend in der Nahrung vorhanden sein müssen.

14.2.1 Makronährstoffe

Kohlenhydrate

➤ Wichtig

Kohlenhydrate sind unsere wichtigste Energiequelle. Mit ca. 4 kcal/g Brennwert dienen sie als Energiespender und in geringerem Maß als Energiespeicher in Form von Glykogen, daneben auch als Baustoff für die Körpersubstanzen, z. B. der Zellmembranen (Glykoproteine, Glykolipide) oder des Bindegewebes.

Man unterscheidet süß schmeckende Einfach- und Zweifachzucker sowie die nichtsüßen Mehrfachzucker (aus Ketten bis zu 10 Traubenzuckereinheiten) und Vielfachzucker, die aus sehr langen Zuckerketten bestehen und als komplexe Kohlenhydrate gelten.

In natürlichen Lebensmitteln kommen Kohlenhydrate vorwiegend in komplexer Form (meist als Stärke) vor. Sie sind in pflanzlicher Kost wie Getreide, Hülsenfrüchten, Kartoffeln, Gemüse und Früchten enthalten. Solche

Kohlenhydrate sollten bevorzugt gegessen werden. Wegen der vielen Mikronährstoffe und Ballaststoffe in den Schalenanteilen sind Vollkornprodukte wertvoller als Weißmehlhaltiges. Die unverdaulichen Fasern sorgen für bessere Sättigung sowie eine gesunde Darmfunktion und wirken positiv auf den Stoffwechsel.

Die **Einfachzucker (Monosaccharide)** Glukose und Fruktose sind natürlich in Früchten und Honig enthalten, der **Zweifachzucker (Disaccharid)** Milchzucker in Milch und Milchprodukten. In der menschlichen Nahrung machte Zucker früher nur einen geringen Anteil aus, bis die Produktion von Haushaltszucker (Saccharose, Zweifachzucker aus Glukose und Fruktose) aus Zuckerrohr (etwa ab dem Jahr 1500) und Zuckerrüben (etwa ab 1800) in größerem Stil möglich war (Südzucker ohne Jahr).

Insbesondere in den USA ist seit den 1970er Jahren als Süßungsmittel aus Mais hergestellter Fruktose-Glukose-Sirup (HFCS) dazugekommen, der besonders in Cola- und Limonadengetränken eingesetzt wird und von etlichen Autoren wegen des hohen Fruktoseanteils als ein Faktor für das zunehmend verbreitete Übergewicht angesehen wird (Lustig 2012). In flüssiger Form angebotene Kalorien können außerdem vom Körper nicht adäquat registriert werden; sie bewirken keine Sättigung und fördern so die Überernährung.

➤ Wichtig

Derzeit wird zu viel Zucker gegessen, der »leere Kalorien« liefert, also reine Energie ohne Begleitstoffe mit gesundheitlicher Relevanz.

Verarbeitete, süß schmeckende Lebensmittel wie Kuchen, Süßwaren, Marmelade, Joghurtzubereitungen, Frühstückszerealien und süße Getränke, aber auch Cocktailsaucen, Sauerkonserven und Fertiggerichte enthalten häufig große Mengen zugesetzten Zuckers. Als Frühstücksflocken getarnte Süßigkeiten, die gezielt für Kinder vermarktet werden, enthalten z. B. häufig über 30% Zucker (Foodwatch 2012). So werden die Kleinen ständig auf den süßen Geschmack geprägt und zum übermäßigen Essen animiert. Nicht zuletzt erhöht sich auch das Risiko für die Kariesentstehung.

Nationale Ernährungsgesellschaften und die WHO empfehlen einmütig, dass **maximal 10% der Tageskalorien aus zugesetztem Zucker** stammen sollten; das betrifft alle Zuckerarten einschließlich Zucker in Honig, Sirup und Fruchtsaft. Daraus ergibt sich für eine »Normalperson« mit 2000 kcal Tagesbedarf (Frau mit sitzender Tätigkeit) eine Menge von 50 g zugesetztem Zucker am Tag (1 g Zucker hat 4 kcal, 200 kcal werden durch 50 g Zucker gedeckt). Diese Menge ist bereits mit 500 ml Cola oder Fruchtojoghurt (■ Tab. 14.5) überschritten! Mit 20 g Marmelade (13 g Zucker), 20 g Ketchup (5 g) und 40 g Gummibärchen (ca. 31 g) erreicht man die akzeptable Tagesmenge von 50 g.

■ **Tab. 14.5** Zuckergehalt ausgesuchter Lebensmittel (nach LAGH 2003)

Lebensmittel	Zuckergehalt (in g) je 100 g Lebensmittel
Hartbonbons	97
Gummibärchen	78
Marmelade	65
Nuss-Nougat-Creme	58
Frühstückszerealien (»Smacks«)	43
Müsliriegel	25
Ketchup	25
Käse-Sahne-Torte	23
Fruchtsaftgetränk	12
Apfelsaft	11
Limonade, Cola	11
Fruchtjoghurt	11

Für Kinder mit geringerem Energiebedarf liegt der empfohlene maximale Zuckerverbrauch (10% der Tageskalorien) weitaus niedriger als 50 g, für Männer und körperlich Aktivere etwas höher.

Auf Lebensmittelpackungen findet man häufig die GDA-Angabe (Guideline Daily Amount, empfohlener Richtwert für die tägliche Aufnahme) entsprechend der Eurodiet, die der Verband der Europäischen Lebensmittelindustrie CIAA seinen Berechnungen zugrunde legt. Der dort benutzte Wert wird bei 2000 Tageskalorien (für Frauen) mit 90 g Zucker angegeben und berechnet sich aus einer Menge von höchstens 50 g zugesetztem Zucker plus ca. 45 g an natürlich in Lebensmitteln vorkommenden Zuckerarten, entsprechend etwa 400 g Obst und Gemüse und drei Portionen Milchprodukten (DGE 2007). Für den Durchschnittsmann werden bei 2500 kcal am Tag 110 g Gesamtzucker angegeben.

Informativer für die Verbraucher wäre eine Deklaration, aus der neben dem Gesamtzuckergehalt hervorgeht, wie viel natürlichen Zucker das Produkt enthält und wie viel Zucker zugesetzt wurde. So könnte jeder erkennen, dass Limonade und »Apfelsaft ohne Zuckerzusatz« im Kaloriengehalt gleich sind (■ Tab. 14.5), sich aber in der Qualität deutlich unterscheiden.

Glukose

Der **tägliche Glukosebedarf** liegt beim Erwachsenen etwa bei 200 g am Tag, wovon ca. 2/3 auf das Gehirn entfallen. Um eine regelmäßige und gute Versorgung des ZNS (Zentralnervensystem) zu gewähren, wird der Blutzucker mit-

■ **Tab. 14.6** Glykämischer Index ausgewählter Lebensmittel (Foster-Powell et al. 2002 und Institut für Ernährungsinformation ohne Jahr (b))

Glykämischer Index	Beispiele	Bewertung der Lebensmittel
> 70	Weißbrot, Cornflakes, Cola, Pommes frites, Honig	Ungünstig
50–70	Naturreis, Pumpernickel, Erbsen	Mittel
< 50	Gemüse, Salat, viele Früchte, Nüsse, Milchprodukte, Linsen	Günstig

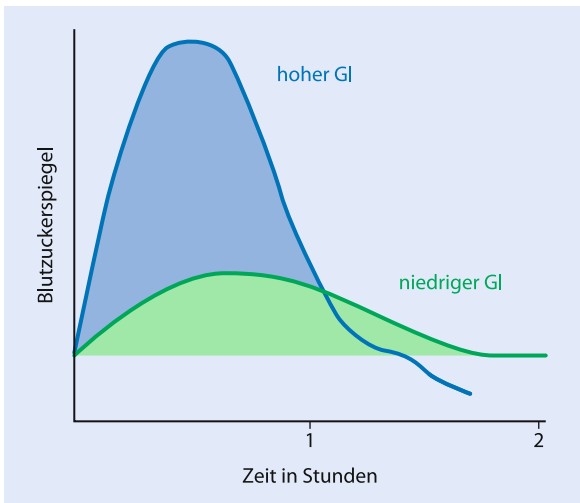
hilfe von Insulin und Glukagon in engen Grenzen von 70–100 mg/dl nüchtern und bis zu 140 mg/dl nach dem Essen konstant gehalten (► Abschn. 3.2.1). Im gesamten Blutvolumen zirkulieren somit lediglich ca. 5 g Glukose, etwa ein Teelöffel.

Während die meisten Gewebe des Körpers neben Glukose auch Fettsäuren (und in geringerem Maß auch Aminosäuren) als Energiequelle nutzen können, ist das Gehirn auf Glukose angewiesen. Kohlenhydrate gelten aber nicht als essenziell, da der Körper Glukose aus anderen Nahrungsbestandteilen wie Aminosäuren und dem Glycerinanteil der Fette selbst herstellen kann (Glukoneogenese). Während einer Hungerperiode kann das Gehirn in zunehmendem Maß auch Ketonkörper aus dem verstärkt stattfindenden Fettsäureabbau nutzen. Einige Gewichtsreduktionsmethoden nutzen dieses Prinzip; so basiert die Atkins-Diät auf einer sehr niedrigen Kohlenhydratzufuhr bei reichlich Fett- und Eiweißangebot.

Glykämischer Index (GI)

Der glykämische Index, GI oder Glyx abgekürzt, wurde in den 1980er Jahren im Zusammenhang mit der Diabetikerberatung entwickelt (Jenkins et al. 1981). Er ist ein Maß für die blutzuckersteigernde Wirkung von Lebensmitteln (■ Tab. 14.6). Experimentell werden in standardisierten Verfahren Kurven des Blutzuckerlaufs ermittelt, indem Versuchspersonen eine (auf 50 g) Kohlenhydratgehalt definierte Menge eines Nahrungsmittels konsumieren und ihr Blutzuckerspiegel im Anschluss über einen Zeitraum von 2 h gemessen wird. Verglichen wird mit dem Blutzuckerlauf nach Verzehr der entsprechenden Menge von 50 g Traubenzucker, dessen Wirkung als 100% definiert ist (GI = 100). In manchen Untersuchungen wird auch Weißbrot als Referenz benutzt.

Ein hoher GI bedeutet, dass das kohlenhydrathaltige Lebensmittel sehr schnell verdaut wird und einen raschen Anstieg und Abfall des Blutzuckers bewirkt – der Zucker



■ **Abb. 14.2** Verlauf der Blutzuckerkurve bei hohem und niedrigem glykämischen Index (GI)

»schießt ins Blut« (■ Abb. 14.2). Der schnelle Abfall kann den Zuckerwert unter das Ausgangsniveau sinken lassen und dann zu Heißhunger führen. Das kann zu erneutem und übermäßigem Essen anregen. Ein niedriger GI sorgt dagegen durch verzögerte Magenentleerung und Resorption im Dünndarm für langsamen und mäßigen Blutzuckeranstieg – der Zucker sickert ins Blut und wirkt länger sättigend.

An der Universität Sydney wird unter der Leitung von Jennie Brand-Miller ein Institut betrieben, das Lebensmittel auf ihren glykämischen Index, den Insulin-Index, die Sättigungsantwort und andere Stoffwechselfparameter hin untersucht und auch Produkten der Industrie ein entsprechendes Siegel verleiht (Brand-Miller 2011).

Der GI unserer Nahrung ist von vielen **Einflussfaktoren** abhängig. Meist isst man Lebensmittel in Kombination und kann ungünstige mit günstigen mischen und so die Gesamtwirkung der Mahlzeit verbessern. Ballaststoffe, aber auch Fett oder Eiweiß verringern den GI einer Mahlzeit. Der Grad der Verarbeitung bzw. Zerkleinerung und die Zubereitung haben ebenso Einfluss.

- Al dente gekochte Hartweizengrieß-Spaghetti enthalten z. B. noch feste, schwerer aufzusplappende Stärketeilchen und haben daher einen deutlich geringeren GI als weich gekochte.
- Ein Stück Schokolade isst man am besten nach einer Hauptmahlzeit, wenn der Magen ohnehin mit verschiedenen Lebensmitteln gefüllt ist.

Häufig wird so auch der Rat an Diabetiker begründet, wegen des verzögerten Blutzuckeranstiegs infolge des hohen Fettgehalts Schwarzwälder Kirschtorte einem einfachen Obstkuchen vorzuziehen – leider führt die fette Torte aber

langfristig bei den häufig übergewichtigen Typ-2-Diabetikern zu noch mehr Gewicht und höherem Gesundheitsrisiko!

Einflussfaktoren auf den glykämischen Index (GI)

- Zusammensetzung des Lebensmittels, Vorhandensein von Ballaststoffen, Fett, Eiweiß
- Grad der Verarbeitung und Zerkleinerung
- Sorte und Zubereitungsweise
- Kombination mit anderen, günstigeren Lebensmitteln
- Individuelle Faktoren

Glykämische Last (GL)

Für die Blutzuckerwirksamkeit eines Lebensmittels ist natürlich auch die **Gesamtmenge der enthaltenen Kohlenhydrate** entscheidend. Dieser Mengenaspekt wird mit dem Begriff glykämische Last (GL) beschrieben. Baguette und gekochte Karotten haben z. B. denselben glykämischen Index (GI) 70. Baguette enthält jedoch 10-mal so viel Zucker wie die Karotten und erhöht entsprechend den Blutzucker 10-mal so stark.

Die glykämische Last wird folgendermaßen berechnet:

$$GL = GI \times g \text{ Kohlenhydrate in der Portion} \div 100.$$

Eine Lebensmittelauswahl nach dem Konzept des glykämischen Index (GI) bildet die Grundlage verschiedener moderner **Diätkonzepte** wie z. B. der LOGI-Diät, Montignac-Diät, Glyx-Diät oder des Mobilis-Programms.

➤ Wichtig

Eine alleinige Ausrichtung an der Blutzuckerwirkung greift allerdings zu kurz, weil weitere Kriterien wie vor allem Fettgehalt und Nährstoffdichte bei der Lebensmittelqualität berücksichtigt werden müssen.

Vollmilchschokolade oder Sahne haben z. B. einen niedrigen GI, aber viel Fett und wenig wertvolle Mikronährstoffe. Kartoffeln oder Vollkornbrot liegen beim GI zwar hoch, aber sie enthalten Ballaststoffe und viele wertvolle Nährstoffe.

Aus einer Studie mit übergewichtigen Jugendlichen leiteten Ludwig et al. (1999) ab, dass der Verzehr von Lebensmitteln mit einem hohen GI aufgrund von hormonellen und metabolischen Veränderungen schon rasch nach den Mahlzeiten zu einer verringerten Verfügbarkeit von Glukose und Fettsäuren im Blut führt. Durch den Mangel an diesen Nährstoffen können Adipöse dazu verführt werden, zu viel zu essen und weiter zuzunehmen sowie ihr Risiko für Diabetes zu erhöhen.

Eine internationale Konsensuskonferenz mit führenden Ernährungswissenschaftlern aus zehn Ländern (Carbohydrate Quality Consortium, CQC) fasste 2013 in ihrem Abschlusspapier die Bedeutung der **Kohlenhydratqualität** für die Gesundheit zusammen. Mit deutlicher Evidenz senken kohlenhydrathaltige Lebensmittel mit geringem GI und geringer GL und somit geringer Wirkung auf Blutzucker- und Insulinspiegel die Wahrscheinlichkeit für Diabetes Typ 2 sowie koronare Herzkrankheit. Sie helfen Diabetespatienten bei der Blutzuckerkontrolle, verbessern Blutfettwerte und Entzündungsmarker (CRP) im Blut und können beim Gewichtsmanagement helfen. Die Empfehlung, sich an GI und GL zu orientieren, gilt in besonderem Maß bei sitzender Lebensweise, Übergewicht und erhöhtem Diabetesrisiko (Nutrition Foundation of Italy 2013).

GI und GL

- Der glykämische Index macht eine Aussage über die Qualität eines Lebensmittels in Form der Geschwindigkeit des Blutzuckeranstiegs, den dieses verursacht.
- Die glykämische Last berücksichtigt die aufgenommene Kohlenhydratmenge und ist damit aussagekräftiger für die Blutzuckererhöhung und den Insulinbedarf.

Fruktose

Fruktose (Fruchtzucker) war in der Ernährung der Jäger und Sammler ein seltenes Gut. Die wenigen Gramm stammten aus Früchten und Honig. Heute wird Fruktose in großen Mengen konsumiert, besonders in industriell verarbeiteten Lebensmitteln. In den USA werden durchschnittlich mehr als 10% der täglichen Kalorienzufuhr (entsprechend 54,7 g) mit Fruktose gedeckt. 30% (bei Heranwachsenden sogar fast 50%) stammen aus mit Zucker gesüßten Softdrinks (Vos et al. 2008).

Die Fruktoseresorption ist im Vergleich zu der von Glukose erschwert und braucht einen besonderen Transporter (GLUT-5-Transporter), der bei Menschen mit Fruktoseintoleranz eine deutlich verringerte Kapazität hat und leicht zu Beschwerden wie Durchfall und Blähungen führt (Schäfer 2009). Eine exzessive Zufuhr von über 50 g löst bei den meisten Menschen Beschwerden aus.

Anders als Glukose benötigt Fruktose kein Insulin für den Transport in die Zellen. Sie wird fast ausschließlich in der Leber abgebaut, zur Energiegewinnung genutzt oder in Fett umgewandelt. Bei dauerhaftem Überschuss an Fruchtzucker kommt es zur Erhöhung der Triglyzeride im Blut. Es kann sich vermehrt Bauchfett ansammeln und eine Fettleber sowie in der Folge eine Fettleberhepatitis (nicht-alkoholische Steatohepatitis, NASH) und sogar eine Leber-

zirrhose ausbilden. Eine verfettete Leber gilt als Mitursache für die Insulinresistenz und somit für Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen (► Abschn. 3.5.1). Darüber hinaus steigt durch Fruktosekonsum auch das Gichtisiko an, da sie zu Fruktose-1-Phosphat verstoffwechselt wird und dabei vermehrt ATP zu AMP, einer Vorstufe der Harnsäure, abgebaut wird (Choi u. Curhan 2008).

Bis 2010 wurde Fruktose als »Diabetikerzucker« gehandelt, da sie einen niedrigen GI hat, den Blutzuckerspiegel nicht direkt ansteigen lässt und die Bauchspeicheldrüse schont. Befürwortet durch das Bundesinstitut für Risikobewertung unter Hinweis auf die negativen Stoffwechselwirkungen wurde die Diätverordnung geändert, sodass es keine speziellen Diabetikerlebensmittel mehr gibt (BfR 2009). Auch für Diabetiker gilt, dass maximal 10% der Tageskalorien Zucker sein dürfen, allerdings gut über die Mahlzeiten verteilt und vorzugsweise aus natürlichen Quellen, z. B. aus Früchten, die durch ihren Fasergehalt die Zuckerresorption begrenzen.

»Der Spiegel« widmete 2012 eine Titelgeschichte dem Thema Gefährlichkeit von Zucker und speziell von Fruktose. Zitiert wird der US-Amerikaner Robert Lustig, dass »Zucker ein Gift sei, eine Droge, die wie Alkohol die Leber schädige und den Stoffwechsel aus dem Gleichgewicht bringe« (Shafi 2012). Als besonders kritisch werden die zuckergesüßten Getränke gesehen, aus denen der bereits aufgelöste Zucker schnell resorbiert werden kann.

Fruktose schmeckt deutlich süßer als Glukose und sättigt weniger, was zu vermehrtem Appetit führen kann. In einer Studie der Yale-Universität ließ Kathleen Page Probanden nach Trinken von je entweder 75 g aufgelöster Glukose und Fruktose im Kernspintomographen auf Aktivitäten im Hungerzentrum im Hypothalamus untersuchen. Nach Glukosekonsum veränderte sich dort die Durchblutung als Folge der Sättigung, bei Fruktose blieb diese Veränderung der Durchblutung aus. Die Auswirkungen auf die Kommunikation (Konnektivität) zwischen Hypothalamus und anderen für Appetit- und Belohnungsregulation zuständigen Hirnregionen waren bei Fruktose und Glukose ebenfalls unterschiedlich. Außerdem blieb nach Fruktosekonsum der Blutzuckeranstieg geringer und damit auch die Ausschüttung von Insulin, das als Sättigungshormon dient (Page et al. 2013).

Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe

Zuckeraustauschstoffe und Süßstoffe machen es möglich, Kalorien einzusparen und dennoch einen süßen Geschmack zu genießen, insbesondere für Diabetiker und Übergewichtige. Außerdem verursachen sie keine Karies. Die Eidgenössische Ernährungskommission hält einen maßvollen Einsatz von Zuckerersatzstoffen und Süßstoffen für gesundheitlich unbedenklich (BAG 2009). Nachhaltiger wäre es, wenn Betroffene lernen würden, ihr Bedürfnis

nach dem süßen Geschmack Schritt für Schritt herunterzuregeln.

➤ Wichtig

Als Zuckeraustauschstoffe bezeichnet man die Zuckeralkohole wie z. B. Sorbit(ol), Maltit(ol) oder Xylit(ol). Sie haben nur etwa halb so viele Kalorien wie Zucker und finden Anwendung in zahnfreundlichen Süßwaren.

Beim Verzehr großer Mengen (über 15–25 g), bei empfindlicheren Menschen – vor allem bei denen mit gleichzeitiger Fruktoseintoleranz – auch von deutlich weniger, kommt es zu Durchfall. Lebensmittel mit mehr als 10% Zuckeralkoholen müssen den Hinweis: »Kann bei übermäßigem Verzehr abführend wirken« tragen. Folgende E-Nummern kennzeichnen Zuckeraustauschstoffe: Sorbit (E420), Mannit (E421), Isomalt (E953), Lactit (E966), Maltit (E965), Xylit (E967).

➤ Wichtig

Süßstoffe sind (weitgehend) kalorienfreie Substanzen aus unterschiedlichen chemischen Klassen, die sich im Vergleich zu Zucker durch einen um ein Vielfaches süßeren Geschmack auszeichnen. Im Rahmen der Gewichtsreduktion können Süßstoffe hilfreich sein.

Folgende **synthetische Süßstoffe** sind in der EU zugelassen: Acesulfam, Aspartam, Cyclamat, Neohesperidin, Neotam, Saccharin, Sucralose, Thaumatin. Obwohl sie in ihren gesundheitlichen Auswirkungen teilweise umstritten sind, halten die Deutsche Gesellschaft für Ernährung und das Bundesinstitut für Risikobewertung sie für unbedenklich, wenn die für sie geltenden Tageshöchstmengenbegrenzungen (Acceptable Daily Intake, ADI) eingehalten werden. 2011 wurde schließlich der natürliche Süßstoff **Stevia** (E960, Inhaltsstoff Steviolglykoside, 300-fach süßer als Zucker) in der EU zugelassen, nachdem die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde EFSA alle gesundheitlichen Bedenken fallen gelassen hatte (EFSA 2010); ein ADI-Wert von 4 mg/kg KG wurde dennoch festgelegt.

Manche Menschen reagieren auf Süßstoffe, vor allem in Getränkeform, mit Hunger oder kompensieren bei der nachfolgenden Mahlzeit das Ausbleiben des Zuckers mit größerem Kohlenhydratverzehr, sodass ein Einsparungseffekt ausbleibt. Rogers et al. (1988) vermuteten hinter dem von Testpersonen genannten Hungergefühl nach dem Süßstoffkonsum einen zephalischen Insulinreflex, eine vom Gehirn ausgehende reflexartige Insulinausschüttung. Härtel et al. (1993) konnten allerdings nachweisen, dass Süßstofflösungen keinen Einfluss auf Insulinsekretion und Blutzuckerspiegel haben. Der Effekt scheint psychologisch zu sein: Durch Zugabe des süßen Geschmacks werden die Speisen schmackhafter und dies regt zu verstärktem Essen

an. So werden Süßstoffe auch in der Tiermast zum Maskieren unangenehmen Geschmacks und als Fressanreiz genutzt (Hof 2000).

Eine neuere epidemiologische Studie zeigt, dass Süßstoffanwendung häufig nicht wie erwartet zu geringeren Gesundheitsrisiken führt als der Konsum von Zucker. Sie fand auch keinen Unterschied im Diabetesrisiko bei regelmäßigem Konsum von süßstoffhaltigen Getränken gegenüber zuckerhaltigen (Fagherazzi et al. 2013). Die Autoren fordern weitere Studien, um die kausalen Zusammenhänge zu erforschen.

Ballaststoffe

Zu den Kohlenhydraten gehören auch die (meisten) Ballaststoffe. Ihre Zuckerbestandteile sind chemisch so miteinander verknüpft, dass sie mit den menschlichen Verdauungsenzymen nicht aufgespalten werden können. Ballaststoffe können aufquellen und ein Mehrfaches ihres Gewichts an Wasser aufnehmen. Dadurch erhöhen sie das Sättigungsgefühl und regen die **Darmtätigkeit** an. Sie sorgen für einen konstanten **Blutzuckerspiegel** und senken durch Bindung und Ausscheidung von Gallensäuren den **Cholesterinspiegel** (► Abschn. 4.3.1). Sie wirken immunregulierend und tragen zur Vorbeugung gegen Dickdarmkrebs bei. Enthalten sind sie vor allem in Getreideprodukten (insbesondere Vollkornprodukten), Hülsenfrüchten, Gemüse, Kartoffeln, Obst (vor allem Beerenfrüchten) und Nüssen.

Mindestens 30 g Ballaststoffe sollte man täglich aufnehmen, zur Diabetesprävention sogar über 40 g (Toeller 2005). Die Umsetzung dieser Empfehlung wird von vielen Menschen als Problem angesehen (► Abschn. 16.2.2). Die mittlere Zufuhr an Ballaststoffen liegt bei Männern mit 25 g/Tag und Frauen mit 23 g/Tag unterhalb des Richtwerts (DGE 2012).

Fette

➤ Wichtig

- **Fette und Öle sind mit ca. 9 kcal/g (38 kJ/g) die energiereichsten Nährstoffe.**
- **Fett trägt zur Sättigung bei, indem es die Magenentleerung verlangsamt.**
- **Fett gilt als der Geschmacksträger, da viele Aromen fettlöslich sind und der Eigengeschmack der Lebensmittel sich in Fett erst richtig entfaltet.**
- **Aufgrund seiner hohen Energiedichte wird von den meisten Beratern eine Begrenzung des Fettkonsums zur Vermeidung oder Reduktion von Übergewicht empfohlen.**
- **Es ist auf ausreichende Zufuhr von essenziellen Fettsäuren und fettlöslichen Vitaminen zu achten.**

Die meisten Menschen und auch Tiere haben eine Vorliebe für Fett. Das Überleben unserer Vorfahren vor Jahrtausenden war davon abhängig, so viel energiereiche Nahrung wie möglich zu sich zu nehmen, wenn sie verfügbar war, um Fettspeicher für knappe Zeiten anzulegen. Der Glaube, dass das Essen nur mit reichlich Fett schmeckt, ist sehr verbreitet. Zum Problem kann dies in der modernen Gesellschaft mit ihrem Überfluss werden – übermäßiger Fettkonsum begünstigt Übergewicht.

2009 entdeckten Forscher in einer Pilotstudie einen Zusammenhang zwischen dem Körpergewicht und der Fähigkeit, Fett zu schmecken. Erstmals konnten sie nachweisen, dass es beim Menschen eine Schwelle für die sensorische Wahrnehmung von Fett gibt und manche Versuchspersonen hypersensitiv sind, also Fettsäuren bei geringeren Konzentrationen schmecken können als andere. Je ausgeprägter die Wahrnehmung von Fett war, desto weniger griffen die Versuchspersonen zu hochkalorischer, fettreicher Nahrung. Entsprechend war auch die Leibesfülle bei diesen Personen geringer als bei denen mit dem geringeren »Geschmackssinn« für Fett. Diese Erkenntnis könnte ein wichtiger Schritt bei der Ursachenforschung der Adipositas sein (Stewart et al. 2010).

Deutsche Männer nehmen nach der Nationalen Verzehrstudie 2008 im Durchschnitt täglich 102 g Fett zu sich, Frauen 74 g (Heseker 2009). 1 g Fett pro kg Normalgewicht, also 60–90 g pro Tag sind für Erwachsene nach den D-A-CH-Richtlinien empfehlenswert, zur Gewichtsreduktion könnte man auch mit nur 30–40 g auskommen – dies allerdings bei hoher Qualität.

■ Fettstoffwechsel

➤ Wichtig

Die Aufnahme und Verwertung von Fetten ist für den Körper komplizierter als es bei wasserlöslichen Nährstoffen der Fall ist.

Bei der Verdauung werden die Fettmoleküle mit Gallensäuren emulgiert, um dann von fettspaltenden Enzymen (Lipasen) aus der Bauchspeicheldrüse in besser wasserlösliche Partikel (Fettsäuren, Glycerin und Monoglyceride) zerlegt zu werden. Erst dann können die Spaltprodukte durch die Dünndarmwand aufgenommen werden, von wo sie als neu zusammengesetzte Fettmoleküle in die Lymphbahn gelangen. Dort und später im Blut werden sie wie andere hydrophobe (wasserunlösliche) Moleküle in größeren, eiweißhaltigen Komplexen (Chylomikronen, Lipoproteinen) transportiert (► Abschn. 4.3.1). Weiterhin gelangen sie in die Leber, die die Verteilung an die Zellen übernimmt und überschüssiges Fett in den Fettspeichern einlagert.

Die in der Betaoxidation entstandenen C2-Einheiten (Acetyl-CoA) werden in den Zitratzyklus eingeschleust und zu Kohlendioxid und Wasser abgebaut (► Abschn. 10.2).

■ Warum Nahrungsfett wichtig ist

Unser Körper benötigt Nahrungsfett in angemessener Menge und Qualität:

- Öle und Fette sind **Träger** der essenziellen Fettsäuren und der fettlöslichen Vitamine A, D, E und K.
- 0,5–1 kg Fett dienen nicht der Energiegewinnung, sondern seine Fettsäuren sind wichtige **Bausteine** im Körper (Biesalski 2004). Sie sind essenzieller Bestandteil von Zellmembranen, Nerven- und Hirnzellen sowie Organoberflächen. Das Hirn besteht in seiner Trockenmasse zu 60% aus Fett.
- Fett und fettähnliche Nahrungssubstanzen sind **Ausgangsmaterial** für zahlreiche Wirk- und Botenstoffe des Körpers wie z. B. die Prostaglandine, die unter anderem als Entzündungs- und Schmerzsubstanzen dienen. Cholesterin ist Ausgangssubstanz für die Bildung von Gallensäuren, Vitamin D und verschiedenen Hormonen (Geschlechtshormonen, Kortison).

■ Bedeutung von Körperfett

- Körperfett dient wie bei Tieren als **Energiereserve**, es kann deutlich mehr wiegen als die fettfreie Masse. Die Menge an gespeichertem Fett liegt beim gesunden Mann zwischen 8 und 15 kg, bei der Frau zwischen 10 und 20 kg (Biesalski 2004, S. 79). Bei Frauen mit sehr geringem Körperfettanteil treten häufig gesundheitliche Probleme auf wie Periodenunregelmäßigkeiten, reduzierte Fruchtbarkeit und Osteoporose.
- Analyse des Körperfettanteils siehe ► Abschn. 4.4.
- Das Unterhautfett wirkt als **Wärmeschutz** – wer zu wenig hat, friert leicht.
- Empfindliche Organe wie die Nieren oder Augäpfel werden durch Fettpolster geschützt.

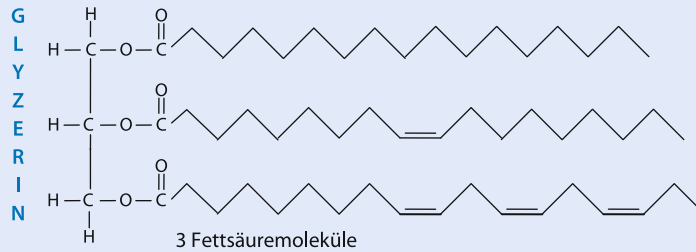
■ Chemische Struktur der Fette

Chemisch bestehen Fette (Triglyceride) aus einem Glycerinmolekül, das mit drei Fettsäuren verestert ist (► Abb. 14.3).

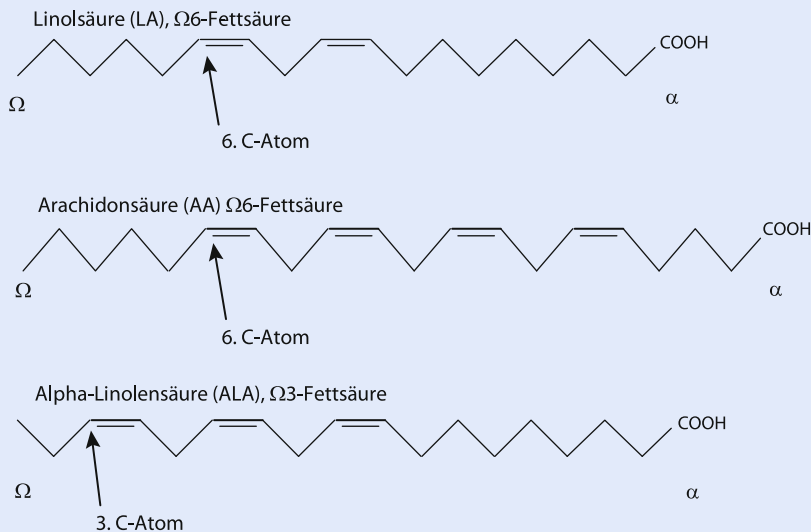
Fettsäuren unterscheiden sich chemisch in der Länge ihrer Kohlenstoffkette und hinsichtlich ihrer Sättigung, also darin, ob sie

- keine C-C-Doppelbindungen (gesättigte Fettsäuren, Saturated Fatty Acids, SFA),
- eine (einfach ungesättigte Fettsäuren, MUFA)
- oder mehrere C-C-Doppelbindungen (mehrfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA)

besitzen (■ Tab. 14.7, ■ Abb. 14.4). Das Ende der Fettsäure, das die Säurefunktion (Carboxylgruppe, -COOH) trägt, wird als Alpha-Ende (α) bezeichnet, das andere als Omega-Ende (Ω). Die Position der ersten Doppelbindung vom Omega-Ende aus gesehen bestimmt die Zugehörigkeit zu den Untergruppen $\Omega 3$, $\Omega 6$ oder auch $\Omega 9$.



■ Abb. 14.3 Das Fettmolekül (Triglyzerid) besteht aus Glycerin und drei Fettsäuren

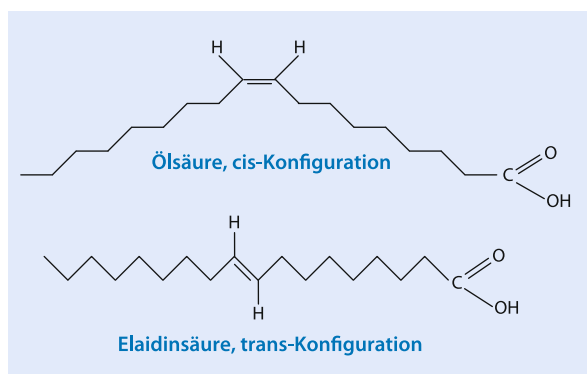


■ Abb. 14.4 Mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Bei den Doppelbindungen gibt es zwei Möglichkeiten der räumlichen Struktur (■ Abb. 14.5). In der Natur kommen ungesättigte Fettsäuren vorwiegend in der *Cis*-Konfiguration vor, wie am Beispiel der Ölsäure zu sehen, d. h., beide Wasserstoffmoleküle an den Kohlenstoffatomen, die mit der Doppelbindung verbunden sind, befinden sich auf derselben Seite. Bei **Transfettsäuren** sind die Wasserstoffatome einander gegenüber positioniert.

■ Fettqualität

Ein übermäßiger Fettkonsum trägt zur Erhöhung des Risikos für Übergewicht bzw. Adipositas und entsprechende Folgekrankheiten bei. Wenn die erhöhte Fettzufuhr durch gesättigte Fettsäuren verursacht wird, steigt unter anderem die Wahrscheinlichkeit von Fettstoffwechselstörungen und Arteriosklerose (DGE 2006; ■ Tab. 14.8). Die Fettquantität sollte zur Übergewichtsprävention zugunsten qualitativ hochwertigerer Fette eingeschränkt werden. Auch bei fettreicher Ernährung sollten vermehrt gesättigte durch ungesättigte Fettsäuren ersetzt werden.



■ Abb. 14.5 Cis- und Transfettsäuren

Die Qualität von Nahrungsfetten bemisst sich nach ihrem Fettsäureprofil und ihrer Auswirkung auf das Risiko für Zivilisationskrankheiten. In ■ Tab. 14.8 sind die Einflüsse der verschiedenen Fettsäuregruppen auf die Entstehung von chronischen Erkrankungen dargestellt. In einer

Tab. 14.7 Empfehlung zur Verteilung der unterschiedlichen Fettsäuren in der Ernährung in Prozent der Kalorienzufuhr (nach DGE 2009b)

Fette/Öle und Fettsäuren	Empfohlene Zufuhrmenge (in % der Gesamtkalorienzufuhr)
Fett	höchstens 30%
SFA = Gesättigte Fettsäuren	bis zu 10% ≤ 1/3
MUFA = Einfach ungesättigte Fettsäuren	mindestens 10% ≥ 1/3
PUFA = Mehrfach ungesättigte Fettsäuren	7% bis max. 10% ≤ 1/3
davon Linolsäure (Ω6)	ca. 2,5%
davon Alpha-Linolensäure (Ω3)	ca. 0,5%
Linolsäure zu Alpha-Linolensäure, Ω6 : Ω3	max. 5 : 1
Trans-Fettsäuren	weniger als 1%
Cholesterin	nicht wesentlich mehr als 300mg

Tab. 14.8 Einfluss verschiedener Fettsäuregruppen auf die primäre Prävention ausgewählter ernährungsbedingter Krankheiten (nach Evidenzbasierte Leitlinie Fettkonsum, DGE 2006). Die Pfeile beziehen sich auf die Stärke der Beweiskraft (Evidenz) der Studien-
daten, nicht auf das Ausmaß des Risikos.

Erhöhung von	Adipositas	Diabetes mellitus	Dyslipoproteinämie	Hypertonie	KHK	Schlaganfall	Krebs
Gesamtfett	↑↑	**	↑↑↑↑ ^{1,2}	~	**	*	**
SFA	–	**	↑↑↑↑ ¹	***	↑	*	** ↑ ⁶
MUFA	~	**	↓↓↓	~	*	**	** ↓ ⁶
PUFA/Ω6-FA	~	↓	↓↓↓ ¹	~	↓	**	**
Langkettige Ω3-PUFA	–	~	↓↓↓ ³	↓↓↓	↓↓↓	↓↓↓ ⁴ ** ⁵	↓ ⁷
Trans-FA	–	~	↑↑↑	–	↑↑↑	*	~
Evidenz	Risiko erhöhend		Risiko senkend		Kein Zusammenhang		
überzeugend	↑↑↑		↓↓↓		***		
wahrscheinlich	↑↑		↓↓		**		
möglich	↑		↓		*		
unzureichend	~		~				
keine Studie identifiziert	–						

¹ Hyperbetalipoproteinämie, ² durch gesättigte Fettsäuren, ³ Hypertriglyceridämie, ⁴ ischämischer Schlaganfall, ⁵ hämorrhagischer Schlaganfall, ⁶ Brustkrebs, ⁷ Darmkrebs
 MUFA = einfach ungesättigte Fettsäuren, PUFA = mehrfach ungesättigte F., Ω3-PUFA = Omega-3-F., Ω6-PUFA = Omega-6-F., SFA = gesättigte F., Trans-FA = Transfettsäuren

ausgewogenen Kost sollte die Gesamtfettmenge sich zu etwa je einem Drittel auf die verschiedenen Fettsäuretypen (gesättigte, einfach und mehrfach ungesättigte) verteilen. Diese Faustregel hat sich in der Beratungspraxis bewährt und bleibt leicht in Erinnerung. ■ Tab. 14.7 zeigt die differenzierteren Empfehlungen der Ernährungsgesellschaften DGE bzw. D-A-CH.

Gesättigte Fettsäuren

Gesättigte Fettsäuren (**Saturated Fatty Acids, SFA**), die in ihrem Molekül keine Doppelbindung tragen, bilden reines Speicher- und Brennfett und tragen zur Erhöhung des Cholesterinspiegels und damit zum kardiovaskulären Risiko sowie auch teilweise zum Krebsrisiko (Brustkrebs) bei (■ Tab. 14.8). Dies trifft auf die **langkettigen** SFA (ab 12 C-Atome, Beispiel: Palmitinsäure mit 16 C-Atomen) zu; **mittelkettige** SFA (Medium Chain Triglycerides MCT, Beispiel: Capronsäure mit 6 C-Atomen) mit bis zu 10 C-Atomen in der Kette werden einfacher verstoffwechselt, enthalten ca. 10% weniger Energie und erhöhen den Cholesterinspiegel nicht. MCT kommen allerdings allgemein kaum in der Nahrung vor, werden aber aus Kokosöl gewonnen, um sie als diätetisches Nahrungsmittel z. B. bei Fettresorptionsstörungen einzusetzen.

Da gesättigte Fettsäuren nichtessenziell sind, sollte ihr **Anteil an der Gesamtfettzufuhr höchstens ein Drittel** betragen. Sie kommen vorwiegend in Fetten **tierischer Herkunft** vor wie z. B. Wurst, Fleisch und Milchprodukten, aber auch in pflanzlichen Fetten wie Kokos- und Palmkernfett, daneben in Backfett, Fertigkost und Süßigkeiten.

Ungesättigte Fettsäuren

Ungesättigte Fettsäuren (**Unsaturated Fatty Acid**) mit einer oder mehreren Doppelbindungen findet man hauptsächlich in Pflanzen und fettreichem Fisch. Je mehr Doppelbindungen (ungesättigte Bindungen) eine Fettsäure enthält, desto beweglicher (fluid) ist das Molekül. Ungesättigte Fettsäuren halten so das Blut flüssiger, machen Zellmembranen beweglich und unterstützen sie bei Funktionen wie dem kontrollierten Stoffaustausch mit ihrer Umgebung oder bei der Reizleitung.

■ Einfach ungesättigte Fettsäuren

Einfach ungesättigte Fettsäuren (**Mono-Unsaturated Fatty Acids, MUFA**) werden u. a. in Lipoproteine eingebaut und als Bausteine für Zellmembranen genutzt; sie halten diese beweglich und schützen sie vor oxidativer Zerstörung. Hauptvertreter ist die Ölsäure, die wenig oxidationsempfindlich ist. Die Beweglichkeit der Membranen (Membranfluidität) ermöglicht die Verteilung von Wirkstoffen und Informationen von Zelle zu Zelle; im ZNS wird so für die Anpassung an neue Reize und Speicherung von Lerninhalten (Neuroplastizität) gesorgt.

Der Körper kann einfach ungesättigte Fettsäuren selbst bilden, sie sind also nichtessenziell. In Nahrungsfetten sind sie dennoch erwünscht, da sie die Entzündungsaktivität senken und sich günstig auf den Blutfettspiegel auswirken. Sie senken das Gesamtcholesterin und das gefäßschädliche LDL-Cholesterin, ohne das schützende HDL-Cholesterin zu verändern (■ Tab. 14.8). Laut Leitlinie Fettkonsum und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten (DGE 2006) senken sie auch das Brustkrebsrisiko.

Der Anteil von MUFA an den Fettsäuren in der Ernährung sollte bei **mindestens einem Drittel** liegen. Sie kommen besonders in pflanzlichen Ölen vor (Oliven-, Raps-, Erdnussöl). Teilweise sind die gesundheitsfördernden Wirkungen der mediterranen Kost auf die Verwendung von Olivenöl zugunsten anderer Fette zurückzuführen.

■ Mehrfach ungesättigte Fettsäuren

Besonderer Bedarf besteht an den mehrfach ungesättigten Fettsäuren (**Poly-Unsaturated Fatty Acids, PUFA**), den Omega-3- und Omega-6-Fettsäuren. Einige mehrfach ungesättigte Fettsäuren wie **Linolsäure (LA)** und **Alpha-Linolensäure (ALA)**, im Säuglingsalter wahrscheinlich außerdem die Arachidonsäure (AA), sind essenziell. Aufgrund ihrer Doppelbindungen sind sie flexible Moleküle, die die Elastizität von Membranen erhöhen und so z. B. die Durchblutung verbessern, indem die Blutkörperchen leicht verformbar sind.

Der Anteil der PUFA an der Fettzufuhr sollte **ein Drittel** nicht überschreiten, da sie sehr oxidationsempfindlich sind und Entzündungen fördern können (Biesalski 2004, S. 82). Je höher ihre Zufuhr ist, desto mehr Antioxidanzien sind zum Schutz vor Lipidperoxidation (oxidative Zerstörung der empfindlichen Doppelbindungen) notwendig. Als fettlösliches Antioxidans hat dabei besonders Vitamin E Bedeutung. PUFA dienen weniger zur Energiegewinnung, sie sind vor allem als Bestandteile der Phospholipide der zellulären Membranen für deren Kommunikation mit der Umgebung zuständig.

Außerdem sind sie Vorläufer der **Eikosanoide**, hormonartiger Substanzen oder Signalstoffe, zu denen die Prostaglandine, Thromboxane und Leukotriene gehören. Diese haben Auswirkungen auf Blutgerinnung, Blutdruck, Fieber, Schmerzen, Entzündungen und Allergien. Die Effekte dieser Gewebshormone sind häufig gegensätzlich – je nachdem ob sie von den Omega-3- oder der Omega-6-Gruppe stammen. So kann ihr Einfluss auf Entzündungsprozesse sowohl fördernd als auch hemmend sein.

■ ■ Omega-6-Fettsäuren

Hauptvertreter der Omega-6-Fettsäuren ist die essenzielle **Linolsäure**, die vor allem in Distel-, Hanf- und Sonnenblumenöl, in Vollkorngetreide (Keimöl) und vielen Nüssen enthalten ist. Sie ist Bestandteil der Zellmembranen, ist

verantwortlich für eine intakte Hautbarriere und erfüllt zahlreiche Stoffwechselfunktionen.

Im menschlichen und tierischen Stoffwechsel dient Linolsäure außerdem als Ausgangssubstanz für die Bildung der **Arachidonsäure**, die u.a. die Vorstufe für die **entzündungsfördernden** Eikosanoide (Prostaglandine der Serie 2) darstellt. Arachidonsäure kommt zusätzlich als Nahrungsbestandteil in hoher Konzentration in **tierischen Fetten** (v.a. Schweinefleisch, Innereien und Eigelb) vor. Zur Reduktion der entzündlichen Aktivität wird daher z.B. Rheumatikern empfohlen, wenig tierische Fette (von Landtieren) zu essen.

Andererseits hat die **Arachidonsäure** auch wichtige positive Funktionen für den Menschen, insbesondere im Säuglingsalter. Sie ist ebenfalls ein Bestandteil von **Phospholipiden und Zellmembranen**, speziell auch im Gehirn. Daneben ist sie an der Bildung von **Testosteron** beteiligt und Bestandteil der Spermien. Und nicht zuletzt dienen entzündliche Reaktionen, Schmerzen und Fieber ja dem Körper und seinen Geweben der **Abwehr von schädigenden Reizen**.

➤ Wichtig

Von entscheidender Bedeutung für die Entzündungsaktivität ist ein optimales Mengenverhältnis Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren von weniger als 5:1.

■ ■ Omega-3-Fettsäuren

➤ Wichtig

Die wichtigste Omega-3-Fettsäure pflanzlichen Ursprungs ist die essenzielle Alpha-Linolensäure (ALA), die z.B. in Leinöl, Rapsöl, Sojaöl und Walnüssen enthalten ist. Seefisch enthält die wichtigen langkettigen Omega-3-Fettsäuren Eicosapentaensäure (EPA) und Docosahexaensäure (DHA).

Geringe ALA-Konzentrationen finden sich auch in grünem Gemüse wie Grünkohl, Spinat und Rosenkohl sowie in Linsen und Walnüssen. Im Körper ist ALA **Bestandteil der Biomembranen** und liegt in besonders hoher Konzentration in den **Phospholipiden** des Nervengewebes vor. Für die Funktion und Entwicklung von Gehirn und Nerven ist sie besonders wichtig, vor allem während Schwangerschaft und Stillzeit. Auch wenn der menschliche Körper in der Lage ist, mit pflanzlicher Nahrung aufgenommene Alpha-Linolensäure mittels Enzymen zu EPA und DHA zu verlängern, reicht die Syntheserate möglicherweise nicht aus, um die Versorgung sicherzustellen (Singer und Wirth 2003).

Die langkettigen, mehrfach ungesättigten Omega-3-Fettsäuren **Eicosapentaensäure (EPA)** und **Docosahexaensäure (DHA)**, liefern fettreicher Meeresfisch (Lachs, Makrele, Hering, Thunfisch etc.) sowie Algen, alternativ gibt es angereicherte Lebensmittel oder auch Fischöl-

kapseln (empfohlen z.B. bei erhöhtem kardiovaskulärem Risiko). EPA und DHA halten u. a. die Zellmembranen elastisch, das Blut fließfähig und den Herzrhythmus stabil. DHA ist eine wichtige Strukturkomponente in Netzhaut und Gehirn, für das sie besonders im wachsenden Organismus von Bedeutung ist. Neben einer Förderung von Hirnentwicklung und Sehvermögen kann durch ausreichende Zufuhr von DHA (täglich 200 mg, entsprechend wöchentlich 1–2 Portionen fetter Seefisch) in Schwangerschaft und Stillzeit auch der Neigung zu allergischen Krankheiten vorgebeugt werden. Wenn Stillen nicht möglich ist, sollte die industriell hergestellte Säuglingsmilch mit je 0,2–0,5% der essenziellen Fettsäuren DHA (Omega 3) und Arachidonsäure (Omega 6) angereichert sein (Koletzko et al. 2008).

Wichtig ist das **Verhältnis Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren** und damit das Verhältnis der Geweshormone untereinander in Bezug auf die Vorbeugung chronisch entzündlicher Erkrankungen wie z. B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder Rheuma (Tab. 14.9). Dabei konkurriert (u. a.) die entzündungshemmende Omega-3-Fettsäure EPA mit der strukturähnlichen entzündungsfördernden Omega-6-Fettsäure Arachidonsäure bei der Weiterverarbeitung zu den Eikosanoiden um dasselbe Enzym (delta-Desaturase). Das Überwiegen der Metaboliten der Omega-3-Fettsäuren (Prostaglandine der Serie 3) hemmt somit die Prostaglandine der Serie 2, was über einen thrombosehemmenden, gefäßerweiternden und entzündungshemmenden Effekt der Prävention der Arteriosklerose dient (Abschn. 4.3.1).

Ein eher den physiologischen Erfordernissen entsprechendes Omega-6-Omega-3-Verhältnis zwischen 1:1 und 4:1 statt der momentanen 10:1 in der westlichen Ernährungsweise (Western Diet) könnte die Entzündungsaktivität deutlich reduzieren (Konner u. Eaton 2010). Orientiert an den steinzeitlichen Jägern und Sammlern lassen sich sogar wünschenswerte Quotienten von 1:1 bis 2:1 formulieren (Simopoulos 2001).

Der **Mangel an Omega-3-Fettsäuren** in der westlichen Kost ist eine zunehmende Tendenz aufgrund industrieller Lebensmittelproduktion, die vor ca. 150 Jahren begann und unter anderem zur Stallhaltung von Vieh sowie einer veränderten Auswahl an Ölen (Omega-6-reich) geführt hat. Wild lebende Tiere und Vögel, die sich von Omega-3-reichen Wildpflanzen ernähren, haben sehr mageres Fleisch mit ca. 4% Fett bei einem Omega-6-Omega-3-Fettsäuren-Verhältnis von 1:1 und mit einem 5-fach höheren Gehalt an mehrfach ungesättigten Fettsäuren verglichen mit Masttieren, die mit Omega-6-reichem Getreide gefüttert werden. Ähnliches gilt auch in der heutigen Milchproduktion bei Maisfütterung im Gegensatz zu Freilandhaltung und zum Teil ebenfalls für Fisch aus Aquakulturen im Vergleich zu wild lebenden Fischen (Cordain et al. 2002; Kris-Etherton et al. 2000). Die

Tab. 14.9 Essenzielle Fettsäuren und ihre Wirkung auf Entzündungsprozesse im Körper

Essenzielle Fettsäure	Fettsäurestruktur	Nahrungsquelle	Wirkung auf Entzündungsprozesse
Arachidonsäure (AA)	$\Omega 6$	Tierisch	↑ Entzündungsfördernd
Linolsäure (LA)	$\Omega 6$	Pflanzlich	(↑) kann Entzündung fördern, wenn wenig ALA in der Nahrung ist (Umbau zu AA)
Eicosapentaensäure (EPA)	$\Omega 3$	Tierisch (Fisch), Algen	↓ Entzündungshemmend
Docosapentaensäure (DHA)	$\Omega 3$	Tierisch (Fisch), Algen	↓ Entzündungshemmend
Alpha-Linolensäure (ALA)	$\Omega 3$	Pflanzlich	↓ Entzündungshemmend

DGE gibt ein wünschenswertes Verhältnis von Omega-6- (Linolsäure) zu Omega-3-Fettsäuren (α -Linolensäure) von 5:1 oder darunter an (DGE 2006) (► Abschn. 4.3.1).

■ Transfettsäuren

Transfettsäuren kommen in der Natur mit Ausnahme des Milchfetts (Entstehung durch bakterielle Transformation im Pansen) nur wenig vor. Sie sind ungesättigte Fettsäuren mit mindestens einer Doppelbindung in Trans-Konfiguration, einer anderen räumlichen Struktur als die der üblichen Cis-Fettsäuren, die gewinkelte, flexible Moleküle darstellen.

Transfettsäuren bilden starre Moleküle, die bei Raumtemperatur fest sind. Sie entstehen bei der industriellen Hydrierung (Härtung) und Desodorierung von Ölen sowie bei starker Erhitzung (über 200°C) von pflanzlichen Ölen und ölhaltigen Lebensmitteln (BAG 2012). Auf den Cholesterinspiegel (Erhöhung von LDL-Cholesterin, Senkung von HDL-Cholesterin), die Entzündungsfaktoren und das kardiovaskuläre Risiko wirken sie sich besonders ungünstig aus (DGE 2006). Eine Deklarationspflicht für den Gehalt an Transfettsäuren in Lebensmitteln gibt es in der EU bisher nicht (Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft 2012).

➤ Wichtig

Man sollte sich mit Produkten zurückhalten, die in der Zutatenliste die Angabe »gehärtete« oder »teilgehärtete Fette« enthalten (z. B. Fertigbackwaren, Snacks, Trockensuppen), außerdem Öle im Haushalt vorsichtig erhitzen und selten Frittiertes essen.

Cholesterin

Ein **Fettbegleitstoff** von großer gesundheitlicher Bedeutung ist das Cholesterin. Für den menschlichen und tierischen Organismus ist es lebensnotwendig. Es dient als wichtiger Bestandteil der Zellmembranen und Ausgangssubstanz für die Bildung vieler Hormone wie der Geschlechtshormone oder Kortison, von Vitamin D und den Gallensäuren.

Tab. 14.10 Cholesteringehalt ausgewählter Lebensmittel pro Portion (nach BAG 2012)

Lebensmittel	Cholesteringehalt (mg)
Leber, Niere (1 Portion = 120 g)	420–480
1 Ei (ca. 60 g)	200–250
Butter (1 Portion = 10 g)	23
Geräucherter Schinken (1 Portion = 100 g)	110
Hartkäse (1 Portion = 30 g)	10–45
Garnelen (1 Portion = 80 g)	110

Eine **Hypercholesterinämie** (erhöhter Cholesterinspiegel im Blut) gilt – wenn auch nicht unumstritten – als eine wesentliche Ursache der Arteriosklerose. Im Zentrum steht dabei das **LDL-Cholesterin** (Low Density Lipoprotein), eine Fett-Eiweiß-Verbindung mit geringer Dichte, die in der Leber gebildetes Cholesterin von dort zur Weiterverarbeitung zu den Geweben transportiert. Überschüssiges Cholesterin kann dabei in den Wänden der Arterien abgelagert werden, begleitet von entzündlichen Prozessen. **HDL-Cholesterin** (High Density Lipoprotein, Fett-Eiweiß-Verbindung mit hoher Dichte) sorgt für den Rücktransport von Cholesterin in die Leber, wo es durch Umbau zu Gallensäuren inaktiviert und ausgeschieden wird. LDL wird umgangssprachlich daher als das »böse«, HDL als das »gute« Cholesterin bezeichnet (► Abschn. 3.5.4, ► Abschn. 4.3.1, ► Abb. 4.4).

Cholesterin kommt **nur in tierischen Nahrungsmitteln** vor, z. B. in Fleisch, Wurst, Innereien, fettreichen Milchprodukten, Eigelb und Meeresfrüchten (► Tab. 14.10). Auch die Leber stellt Cholesterin her; wenn viel Cholesterin aus der Nahrung zugeführt wird, passt sie sich bei den meisten Menschen an und produziert entsprechend weniger. Es gibt aber Menschen, bei denen dieser Mechanismus versagt und sich der Blutspiegel des schädlichen LDL-Cholesterins durch Nahrungscholesterin erhöht, weshalb diese

die Zufuhr begrenzen sollten. Dies gilt insbesondere bei bereits bestehenden arteriosklerotischen Veränderungen.

Allgemein sollte eine Nahrungscholesterinzufuhr von 300 mg pro Tag nicht überschritten werden (DGE 2003). Die Schweizer ECK sieht keine wissenschaftliche Grundlage für eine konkrete, für alle gültige Beschränkung der Cholesterinzufuhr, empfiehlt aber dennoch eine cholesterinbewusste Ernährung wegen möglicher individueller Cholesterinempfindlichkeiten (BAG 2012; Fernandez 2012).

Streit gibt es immer wieder um den Genuss von Eiern. Ein Eigelb enthält mit ca. 250 mg nahezu die maximale Tagesmenge an Cholesterin. Die DGE (2004a) gibt daher die allgemeine Empfehlung, nur 2–3 Eier pro Woche zu essen, einschließlich der in Kuchen, Saucen oder Nudeln verarbeiteten. Eine systematische Übersichtsarbeit von 2013 sieht bei täglichem Verzehr von einem Ei keinen Zusammenhang zwischen dem Eierkonsum und einem erhöhten kardiovaskulären Risiko (Rong et al. 2013).

Das Nahrungscholesterin selbst hat einen vergleichsweise geringen Einfluss auf den Blutspiegel von Cholesterin bzw. LDL-Cholesterin; vielmehr wird den gesättigten Fettsäuren und insbesondere den Transfettsäuren in der Ernährung eine ungünstigere Wirkung zugeschrieben. Allerdings kommen gesättigte Fettsäuren und Cholesterin häufig in denselben Lebensmitteln vor.

➤ Wichtig

Statt tierischer Fette sollte man vermehrt pflanzliche Öle und Ölf Früchte sowie Fisch konsumieren.

Proteine

Aminosäuren

Aminosäuren sind die Bausteine des Lebens. Der Name Protein leitet sich ab von gr. *proteios*, das Erste, das Wichtigste. Etwa 70% der Trockenmasse der Körperzellen bestehen aus Eiweiß. Aminosäuren sind die Puzzleteile, aus denen unser Körper z. B. die Muskeleiweiße Aktin und Myosin, einen Teil der Hormone sowie Botenstoffe im Gehirn, Verdauungsenzyme, die für die Immunabwehr zuständigen Immunglobuline und die Blutgerinnungsfaktoren zusammensetzt.

Wie in der gesamten Natur, so gibt es auch im menschlichen Körper unzählige Aminosäuren, jedoch sind nur 20 verschiedene proteinogene Aminosäuren auf der DNA kodiert und stehen gleichermaßen allen Lebewesen für die Eiweißsynthese zur Verfügung. Neun von ihnen kann der menschliche Körper nicht selbst herstellen. Diese **essenziellen Aminosäuren** (Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan und Valin) müssen regelmäßig aus eiweißhaltigen Nahrungsmitteln aufgenommen werden (Vaupel u. Biesalski 2010).

■ **Tab. 14.11** Einteilung der 20 (21) proteinogenen Aminosäuren entsprechend ihrer Essenziellität (nach Fürst 2004; Vaupel u. Biesalski 2010)

Essenziell	Histidin, Isoleucin, Leucin, Lysin, Methionin, Phenylalanin, Threonin, Tryptophan, Valin
Bedingt essenziell	Arginin, Cystein, Serin, Tyrosin
Nichtessenziell	Alanin, Asparagin, Asparaginsäure, Glutaminsäure, Glycin, Prolin, (Selenocystein)

Die **nichtessenziellen Aminosäuren** (Alanin, Asparagin, Asparaginsäure, Glutamin, Glutaminsäure, Glycin und Prolin) können im Organismus selbst aus entsprechenden Kohlenstoffgerüsten und Ammoniak (Transaminierung) aufgebaut werden. In bestimmten Lebensabschnitten (Fetalentwicklung, Säuglinge, Kleinkinder) und bei bestimmten Erkrankungen, bei der Genesung und auch im Leistungssport können folgende weitere Aminosäuren essenziell (bedingt essenziell) sein: Tyrosin, Cystein, Serin und Arginin (Vaupel u. Biesalski 2010; ■ Tab. 14.11)

Der Vollständigkeit halber soll noch Selenocystein erwähnt werden, die 21. im Genom verankerte proteinogene Aminosäure. Sie ist nichtessenziell und dient als Bestandteil der Selenoproteine, unter ihnen das antioxidative Enzym Glutathionperoxidase und das Enzym Dejodase für die Aktivierung der Schilddrüsenhormone.

➤ Wichtig

Proteine unterscheiden sich untereinander in der Anzahl bzw. Reihenfolge der Aminosäuren im Molekül und in ihrer charakteristischen räumlichen Struktur.

Der Bauplan dafür ist in der genetischen Information, den Genen auf der DNA (Desoxyribonukleinsäure), in den Zellkernen gespeichert. Die Orte, an denen die Proteine in der Zelle gebildet werden (Proteinbiosynthese) sind die Ribosomen. Zu diesem Zweck muss die Information aus dem Zellkern ins Zellplasma transportiert werden. Diese Aufgabe und die Übersetzung der Information aus der Sprache der Gene in die Struktur der Proteine (Transkription, Translation) übernehmen verschiedene RNA-Moleküle (Ribonukleinsäuren).

Bei der Verdauung werden die Nahrungseiweiße enzymatisch in die einzelnen Aminosäuren zerlegt und über die Dünndarmzotten resorbiert. Aus dem angelegten Aminosäurepool bildet der Körper dann nach Bedarf seine eigenen vielfältigen Eiweißsubstanzen. Der Gesamtbestand an Körpereiweiß beträgt ca. 10 kg bei einer Person mit 70 kg Körpergewicht. Die durchschnittliche Ernährung in Industrieländern liefert ca. 100 g Protein am Tag (Fürst

2004). Täglich findet ein Proteinumsatz (Turnover) von 300–400 g statt. Frei werdende Aminosäuren werden dabei intensiv wiederverwertet. Für die täglich stattfindende Erneuerung der Darmmukoszellen, für den Muskelzellstoffwechsel und die Plasmaproteinsynthese wird immer ein ausreichendes Eiweißangebot angefordert. Größere Speicher gibt es für Eiweiß nicht. Bei mangelnder Versorgung kommt es zum Abbau bestehender Strukturen wie der Muskulatur und einer Schwächung des Immunsystems mit Infektanfälligkeit.

Neben der Eiweißsynthese haben manche Aminosäuren auch noch Bedeutung als **Ausgangssubstanzen** für die Bildung von Neurotransmittern und Gewebeshormonen, z. B. Phenylalanin für die Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin, Glutaminsäure für den Neurotransmitter im Gehirn Gamma-Aminobuttersäure (GABA), Histidin für Histamin (Botenstoff bei Entzündungen und Allergien) oder Tryptophan für Serotonin (Gewebeshormon und Neurotransmitter im Gehirn).

Eiweißstoffwechsel

Eiweiße werden wie die Kohlenhydrate und Fette als Energieträger genutzt, allerdings in wesentlich geringerem Maß. Je nach ihrer chemischen Struktur werden sie an unterschiedlichen Stellen in den Energiestoffwechsel eingeschleust. Glukogene Aminosäuren können in der Leber zu Glukose umgebaut werden (Glukoneogenese), sodass es in Notsituationen (bei extremer Belastung, bei Hungerperioden) nicht zu einem Engpass an Glukose kommt, denn die Nervenzellen sind auf sie angewiesen. Sie werden über die Zwischenstufe Pyruvat der Glukoneogenese zugeführt oder gelangen über den Zitratzyklus in den Prozess der Energiegewinnung. Die ketogenen Aminosäuren (Vorstufen der Ketonkörper-Synthese) werden über Acetyl-CoA dort eingeschleust (► Kap. 12).

Im Unterschied zu den Kohlenhydraten und Fetten enthalten die Proteine neben Sauerstoff und Wasserstoff Stickstoff in ihrem Molekül, der beim Abbau der Aminosäuren freigesetzt und zum Aufbau anderer Aminosäuren und von DNA und RNA verwendet wird. Überschüssiger Stickstoff wird zu Ammoniak umgebaut und dieser vorwiegend als Harnstoff ausgeschieden. Bei sehr eiweißreicher Nahrung kann es zur Überlastung der Nieren durch Stickstoff kommen.

Funktion der Proteine im Körper

Der Körper nutzt fibrilläre (fadenförmige) Eiweiße als Stütz- und Gerüstsubstanzen, beispielsweise Kollagen in Haut, Sehnen, Knorpel, Knochen und Bindegewebe, Keratin in Haaren, Nägeln und Haut sowie Aktin und Myosin in den Muskeln.

Die im Zellinneren (Zytoplasma) und in den Körperflüssigkeiten vorkommenden globulären (kugelförmigen)

Proteine dienen als Funktionseweiße. Plasmaproteine im Blut liegen zu 60% als Albumine und zu 40% als Globuline vor.

Albumine binden Wasser in den Gefäßen und sind so für die Aufrechterhaltung des kolloidosmotischen Druckes verantwortlich. Bei Albuminmangel kann der Druck nicht mehr aufrecht erhalten werden, und es kommt zu Ödembildung in den Geweben. Darüber hinaus beteiligen sich die Albumine am Transport hydrophober (wasserunlöslicher) Stoffe, wie z. B. freie Fettsäuren, Vitamin D, Bilirubin sowie verschiedene Arzneimittel, und unterstützen mit ihren Puffereigenschaften die Regulation des Blut-pH-Wertes.

Globuline erfüllen wesentliche Funktionen im Immunsystem als Immunglobuline (Antikörper) bei der Abwehr von Fremdstoffen (Antigenen) und als Bestandteile des Komplementsystems. Dieses dient zur Bekämpfung von Mikroorganismen und führt z. B. bei Autoimmunerkrankungen und chronischen Entzündungen zu Gewebeschäden. Akute-Phase-Proteine werden infolge einer lokalen Entzündung von der Leber an den Organismus abgegeben. Ein Vertreter dieser Gruppe ist das CRP (C-reaktives Protein), das eine Rolle als Marker der Arteriosklerose spielt. Globuline dienen weiterhin der Blutgerinnung (Fibrinogen, Thrombin), dem Sauerstofftransport im Blut (Hämoglobin) und der Sauerstoffspeicherung im Muskel (Myoglobin). Sie sind Teile der Lipoproteine (Transport von Cholesterin und Lipiden) (► Abschn. 4.3) und sorgen als Transportproteine u. a. für die Verteilung von Hormonen (Kortison, Schilddrüsenhormone), Vitaminen (B12), Spurenelementen (Eisen, Kupfer) im Körper. Die Globuline sind auch an der pH-Wert-Regulierung im Blut beteiligt.

Eiweiß in der Ernährung

Eine gute Eiweißversorgung ist wichtig für Gesundheit und Leistungsfähigkeit. Tierisches Eiweiß hat in den meisten Fällen eine höhere biologische Wertigkeit, denn die Aminosäurezusammensetzung ist der des menschlichen Körpers ähnlicher als die der pflanzlichen Proteine. Allerdings ist zu bedenken, dass tierische Produkte häufig gesundheitsschädigende Begleitsubstanzen (u. a. gesättigte Fettsäuren und Cholesterin) enthalten. Außerdem gibt es eine kontroverse Diskussion darüber, ob eiweißreiche Ernährung mit überwiegend tierischen Produkten zu einer krank machenden Übersäuerung des Körpers führt.

Aufgrund ihres hohen Gehalts an schwefelhaltigen Aminosäuren entstehen aus tierischen Eiweißen (Fleisch und Käse) im Stoffwechsel Säuren, pflanzliche Proteine wirken meist basenbildend, da die enthaltenen Mineralsalze Säuren abpuffern können (siehe auch Exkurs »Übersäuerung«, Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>).

Biologische Wertigkeit der Proteine

Für den Aufbau von Proteinen ist immer das Vorhandensein aller 20 verschiedenen Eiweißbausteine im richtigen Mengenverhältnis nötig. Bei eiweißreichen Nahrungsmitteln ist daher auf ihre biologische Wertigkeit zu achten.

➤ Wichtig

Die biologische Wertigkeit gibt an, wie effektiv das zugeführte Nahrungsprotein in körpereigenes Eiweiß umgewandelt werden kann. Maßgeblich sind dafür die essenziellen Aminosäuren. Je ähnlicher die Aminosäurestruktur des Nahrungsproteins dem Aminosäuremuster des Körperproteins ist, desto höher ist die biologische Wertigkeit. Je höher die Wertigkeit, desto weniger Eiweiß muss zugeführt werden, um den Bedarf zu decken.

Als Maßstab gilt das Hühnerei, dessen Wertigkeit mit 100 angesetzt wurde. Tierische Eiweiße sind allgemein hochwertiger als pflanzliche. Wie Tab. 14.12 zeigt, kann eine Kombination verschiedener Lebensmittel die Wertigkeit auch auf über 100 erhöhen. Bei einer Kombination von Kartoffeln mit Ei steigt die biologische Wertigkeit auf 138, bei Ei mit Soja auf 123 und bei Ei mit Milch auf 122. Die Ergänzungswirkung der Aminosäuren bleibt über einen Zeitraum von 4–6 h erhalten, sodass die Lebensmittel nicht in derselben Mahlzeit gegessen werden müssen.

Die Zahlenangaben für die biologische Wertigkeit der Lebensmittel stimmen in der Literatur nicht exakt überein.

Eiweißbedarf

➤ Wichtig

In der Nahrung sollte täglich hochwertiges Eiweiß in ausreichender Menge und aus verschiedenen Quellen enthalten sein.

Bei ungenügender Eiweißzufuhr kommt es zu Haarausfall, Störungen des Wachstums und der körperlichen und geistigen Entwicklung, des Muskelaufbaus und der Zellregeneration, der Immunabwehr und der Wundheilung. Dies ist ein verbreitetes Problem in Entwicklungsländern. In den Industrieländern liegt die Proteinversorgung der meisten Menschen oberhalb der D-A-CH-Empfehlungen (Max-Rubner-Institut 2008). Besonders eiweißreiche Nahrungsmittel sind Fleisch, Fisch, Eier, Milchprodukte, Tofu, Hülsenfrüchte und Nüsse.

Bedingungen des täglichen Eiweißbedarfs (BAG 2011)

- 0,8 (bis maximal 2,0) g/kg KG für Erwachsene (auf das Normalgewicht bezogen)
- 10–20% der täglichen Kalorienzufuhr (in besonderen Fällen auch mehr)

Tab. 14.12 Biologische Wertigkeit eiweißhaltiger Lebensmittel und Lebensmittelkombinationen (Gola 2004)

Lebensmittel	Biologische Wertigkeit
Vollei	100
Schweinefleisch	85
Sojaprotein	81
Rindfleisch/Geflügel	80
Kartoffel	76
Kuhmilch	72
Mais	72
Reis	72
Pflanzliche Proteinmischung	55–75
Weizen	55
Lebensmittelkombinationen	
Vollei + Kartoffeln (1:2)	138
Vollei + Soja (3:2)	123
Vollei + Milch (5:2)	122
Vollei + Weizen (3:1)	118
Vollei + Reis (3:2)	106
Milch + Weizen (3:2)	106
Rindfleisch + Kartoffeln (3:1)	90

Für einen normalgewichtigen, wenig aktiven Menschen von 75 kg entsprechen 0,8 g/kg KG einer Eiweißmenge von 60 g, bei maximaler Zufuhr von 2 g/kg KG wären es 150 g Eiweiß pro Tag.

100 g mageres Fleisch enthalten ca. 20 g Protein, 85 g getrocknete Linsen ebenfalls.

100 g Protein werden im Schnitt in der üblichen mittlereuropäischen Ernährung aufgenommen. Als absoluter Mindestbedarf zum Ausgleich der täglichen Verluste über Urin, Stuhl und abgeschilferte Zellen gelten 0,45 g/kg KG, d.h. 32 g für eine gesunde erwachsene Person mit 70 kg. (Fürst 2004, S. 105). Laut WHO wird der Eiweißbedarf in der Nahrung mit 0,75 g/kg KG für junge Erwachsene angegeben, dieser beinhaltet einen Sicherheitszuschlag von 25% zum Ausgleich individueller Schwankungen. Die D-A-CH-Referenzwerte geben 0,8 g/kg KG als Empfehlung für gesunde Erwachsene an. Für Säuglinge, bei denen sich die Körpermasse rapide vermehrt, liegt der Bedarf bei ca. 2 g/kg KG.

Der Anteil der Eiweißversorgung an der gesamten Kalorienzufuhr soll laut DGE 9–11% betragen. Als akzeptabel werden auch bis zu 15 Energie-% angesehen bei ausreichend körperlicher Aktivität (PAL 1,4) (DGE 2011a).

Das Schweizer Bundesamt nennt Zahlen zwischen 10 und 20%. Beispielsweise bei einer Kalorieneinschränkung bei Übergewichtigen kann sich rechnerisch auch ein höherer Prozentsatz ergeben (20 oder auch 30%), wenn die Reduktionskost einen erhöhten Proteinanteil von bis zu 1,3 g pro kg KG enthält (BAG 2011) (► Abschn. 16.3.2). Um sicherzustellen, dass das aufgenommene Protein nicht als Energiequelle, sondern für den Aufbau von Körpereiwweiß genutzt wird, ist immer eine ausreichende Menge an Kalorien aus Nicht-Proteinen erforderlich (Vaupel u. Biesalski 2010).

Eiweißversorgung

Während ein durchschnittlicher Erwachsener pro kg KG 0,8 g Eiweiß am Tag braucht, haben einzelne Gruppen einen erhöhten Eiweißbedarf, so Schwangere, Stillende, Kinder und Jugendliche, Schwerverletzte, Tumorpatienten, Frischoperierte und Sportler.

► Wichtig

Für leistungsorientierte Sportler gilt heute ein mittlerer Bedarf von 1,5 g/kg KG pro Tag.

Er orientiert sich nicht mehr pauschal an einer bestimmten Sportart, sondern am individuellen Bedarf und der Belastungsintensität, von 1,0 bis zu 2,0 g/kg (BAG 2011). Bei derart erhöhter Eiweißzufuhr ist auf **ausreichende Flüssigkeitszufuhr** von mindestens 2,5 l zu achten. Der Höchstwert von 2 g/kg KG sollte nicht überschritten werden, da ein hoher Anfall von Stickstoff in Form von Harnstoff die Nieren schädigen kann und ein höheres Angebot auch nicht für die Körpereiwweißsynthese nutzbar ist. Pro Mahlzeit können 30 bis maximal 40 g Eiweiß für den Eiweißaufbau genutzt werden (Institut für Ernährungsinformation ohne Jahr (c)). Der Überschuss dient der Energiegewinnung.

► Wichtig

Zwischen dem 26. und 65. Lebensjahr findet ein Verlust von etwa 20% des Körperproteins statt. Dem Muskelabbau sollte durch ausreichend Eiweißzufuhr und Betätigung der Muskeln entgegengewirkt werden.

Eiweißsupplemente (Eiweißshakes) werden im Sportbereich vielfach genutzt. Sie können überall und ohne Aufwand zubereitet werden und bieten den Vorteil, dass mit der Proteinzufuhr nicht gleichzeitig auch viel Fett konsumiert werden muss. Dies ist allerdings ebenfalls z. B. mit fettarmen Milchprodukten (Quark) und magerem Fleisch und Fisch zu erreichen. Da unsere Eiweißversorgung ohnehin die Empfehlungen übertrifft, reicht eine ausgewogene Ernährung entsprechend dem Energiebedarf zumindest für den **Freizeitsportler** aus. **Leistungssportler** haben einen erhöhten Eiweißbedarf durch einen höheren Stoffwechselumsatz, Belastung und Abnutzung von Struk-

turen sowie den erhöhten Regenerationsbedarf. Sie schätzen häufig die praktische Anwendbarkeit sowie die hohe biologische Wertigkeit bei Molksupplementen (biologische Wertigkeit mindestens 100). Ausreichende Flüssigkeitszufuhr zum Schutz der Nieren ist auch hier unerlässlich.

Zur **Gewichtsreduktion** sollte der Kaloriengehalt der Kost vermindert werden, aber die absolute Eiweißmenge von 0,8–1,2 g/kg KG erhalten bleiben. Auch bis zu 1,3 g/kg werden teilweise empfohlen (BAG 2011). Proteine besitzen im Vergleich zu den anderen Makronährstoffen (Fett und Kohlenhydrate) das höchste Sättigungsvermögen und helfen dabei, den Blutzucker stabil zu halten. So ist man vor plötzlichen Heißhungerattacken geschützt. Außerdem löst Eiweiß eine ausgeprägte Thermogenese (► Abschn. 14.1) aus. Es sorgt im Körper verstärkt dafür, dass Kalorien als Wärme über die Haut abgegeben werden. So werden pro Tag etwa 100 kcal extra verbrannt. Das klingt nicht viel – ergibt aber im Jahr 36500 kcal oder 5,2 kg Fett. Eine Sonderform der eiweißreichen Ernährung bei Adipositas, die diese Effekte nutzt, ist der Mahlzeitenersatz mit Proteinsupplementen (Formulaprodukten).

Einseitige Diäten mit weniger Eiweiß oder Hungerkuren führen zur Abnahme der fettfreien Masse, ausgeprägter Absenkung des Grundumsatzes und rascher Gewichtszunahme nach der Reduktionsphase, auch als Jojoeffekt bezeichnet (Westerterp-Platenga et al. 2012). Unbedingt sollte vorher, vor allem beim metabolischen Syndrom oder bei Diabetes, die Nierenfunktion untersucht werden. Bei Niereninsuffizienz muss die Proteinzufuhr eingeschränkt werden. Eine Trinkmenge von mindestens 2 l Wasser dient dabei dem Schutz der Nieren.

Tierisch oder pflanzlich?

► Wichtig

Fleisch enthält neben Eiweiß von hoher biologischer Wertigkeit viele wertvolle Mikronährstoffe, vor allem Eisen, Zink und die Vitamine B1, B2 und B12.

Fleisch liefert aber auch je nach Herkunft mehr oder weniger viel tierische Fette (gesättigte Fettsäuren), Cholesterin, Purine (Abbau zu Harnsäure, Gichtisiko) und Rückstände aus der Tiermast wie Hormone und Antibiotika. **Magere Milchprodukte, Fisch und Eier** sind ebenfalls hochwertige Proteinlieferanten mit weniger Belastung für den Organismus. Milch ist reich an Kalzium und den Vitaminen A, B1, B2, B12 und D. Insbesondere **Seefisch** versorgt uns mit Omega-3-Fettsäuren, Jod, Selen sowie Vitamin D und B12. Zudem führt eine Kost mit einem hohen Anteil an tierischem Eiweiß zu vermehrter Säurebildung im Stoffwechsel (siehe auch Exkurs »Übersäuerung«, Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>).

➤ Wichtig

Pflanzliches Eiweiß ist häufig von geringerer Wertigkeit, aber meist mit weniger Fett vergesellschaftet und reich an bioaktiven Begleitstoffen.

Haferflocken, Kartoffeln, Getreide, Reis, Mais, Nüsse, Hülsenfrüchte, Soja sind hervorragende Eiweißquellen, die alle **reich an Mikronährstoffen** und zumeist Ballaststoffen sind. Pflanzliche Eiweiße mit Ausnahme von Sojaeiweiß haben eine **geringere biologische Wertigkeit** als tierische, da sie einen relativen Mangel an bestimmten Aminosäuren haben. Sie können aber durch Kombination mit anderen, meist tierischen, Eiweißlieferanten mit unterschiedlichem Aminosäurenmuster ergänzt werden.

Eine gute Empfehlung für eine ausgewogene Ernährung ist es, den **Eiweißbedarf je etwa zur Hälfte aus tierischen und pflanzlichen Quellen** zu decken. Besonders Geschick brauchen Vegetarier – und besonders Veganer – bei der Zusammensetzung ihrer Kost. Sie sollten regelmäßig Hülsenfrüchte in Kombination mit Getreide sowie Nüsse, Kerne und auch Soja essen, um eine vollwertige Eiweißversorgung zu bekommen (► Abschn. 16.3.1).

14.2.2 Mikronährstoffe

Neben den energieliefernden Makronährstoffen ist eine Vielzahl an Stoffen bekannt, die der Körper in geringen Mengen benötigt (Mikronährstoffe) und die für Gesundheit und Erhalt des Lebens, für Schwung und Energie unerlässlich (essenziell) sind. Wichtige Aufgaben wie z. B. die Verwertung der Makronährstoffe, die Übertragung von Impulsen im Nervensystem oder die Abwehr von Krankheitserregern sind von einer regelmäßigen und ausreichenden Versorgung mit all diesen Substanzen abhängig. Die meisten von ihnen werden im Stoffwechsel verbraucht und müssen regelmäßig zugeführt werden, nur wenige können auch im Körper gespeichert werden (vor allem fettlösliche im Fettgewebe).

Die **D-A-CH-Referenzwerte** geben für zahlreiche Nährstoffe Empfehlungen zu den benötigten Mengen, die für die Bedarfsdeckung von nahezu allen gesunden Jugendlichen und Erwachsenen (97,5%) in der Bevölkerung erforderlich sind. Für andere Nährstoffe können aufgrund der Datenlage nur Schätz- oder Richtwerte für die angemessene Zufuhrmenge angegeben werden. Bei Anwendung auf den Einzelnen sind sie eher als Orientierungswerte zu betrachten, die etwa im Wochendurchschnitt erreicht werden sollten (► Abschn. 15.2).

Neben dem Bezug auf die Referenzwerte ist immer die spezifische Situation des Einzelnen einzubeziehen wie:

- Lebensphase
- Körperliche Aktivität

- Allgemeine Gesundheit und Fitness
- Stresslevel
- Kostform und Ausgewogenheit der Ernährung
- Einhalten einer Diät
- Genussmittelkonsum
- Medikamenteneinnahme
- Resorptionsstörungen
- Schwangerschaft

Bei geringerer Kalorienzufuhr oder eingeschränkter Nahrungsmittelauswahl bedarf es teilweise einer geschickten Zusammenstellung hochwertiger Lebensmittel, um diese Werte auch zu erreichen.

Für gesunde Menschen in Mitteleuropa ist bei ausgewogener, abwechslungsreicher Ernährung eine **Unterversorgung** mit Mikronährstoffen selten. Vitaminmangelkrankheiten wie Skorbut (Vitamin-C-Mangel) oder Beri-Beri (Mangel an Vitamin B1) spielen keine Rolle mehr. Als **kritisch** gilt die Bedarfsdeckung dennoch bei **Vitamin D** und **Folsäure** in allen Altersgruppen, bei Kindern zusätzlich Vitamin E, bei Senioren im Pflegeheim Vitamin E, einige B-Vitamine und Vitamin C (Bechthold et al. 2012). Bei den Mineralstoffen gilt die Aufnahme von **Eisen, Kalzium, Jod und Fluor** häufig als nicht ausreichend.

Ein **Überschuss an Mikronährstoffen** durch Lebensmittel ist kaum möglich, mit Ausnahme einer gefährlich hohen Anreicherung von Vitamin A durch häufigen Verzehr von Leber (Schwangere). Meist ist die Ursache einer Hypervitaminose (Vitaminübersversorgung) in **Nahrungsergänzungsmitteln** und eventuell in angereicherten Lebensmitteln zu finden.

Anhänger der auf den Biochemiker Linus Pauling zurückgehenden **orthomolekularen Medizin** (Burgerstein 2002, S. 19) gehen im Gegensatz zu den offiziellen Ernährungsfachleuten davon aus, dass ein erheblich höherer Bedarf an essenziellen Nährstoffen besteht und durch eine optimale Mikronährstoffversorgung viele Krankheiten ursächlich behandelt werden können.

Hersteller von Nahrungsergänzungsmitteln zitieren gern eine Untersuchung des Schwarzwald-Sanatoriums Obertal, um die Notwendigkeit ihrer Produkte darzulegen. Mit dem Aufmacher »Unsere Ernährung deckt nicht den Vitaminbedarf« hatte ein Artikel in Welt am Sonntag (Sünder 1997) große Aufmerksamkeit erregt. Angeblich hatte innerhalb von 12 Jahren (!) eine massive Verarmung an Mikronährstoffen in gängigen pflanzlichen Lebensmitteln stattgefunden. Verglichen wurden Mikronährstoffgehalte von Produkten vom Wochenmarkt mit Werten aus einer Nährstofftabelle von 1985. Es wurden z. B. Wertstoffverluste von 87% gefunden (Folsäure in Bananen von 23 mg/100 g auf 3 mg/100 g). Bei Brokkoli fanden sich 68% weniger Kalzium, bei Erdbeeren ein Rückgang von Vitamin C um 67%.

Derartige Naturprodukte sind immer abhängig von Wachstumsbedingungen, Klima, Bodenqualität, Erntezeitpunkt und Lagerung nach der Ernte und daher schwankend in der Stoffzusammensetzung. Kirchhoff konnte allerdings zeigen, dass sich der Vitamin- und Mineralstoffgehalt in einer Auswahl pflanzlicher Lebensmittel in den Jahren 1954–2004 – abgesehen von den natürlichen Schwankungen – nicht verändert hat. Er plädiert dafür, mit reichlich Obst- und Gemüseverzehr die Mikronährstoffversorgung sicherzustellen. Qualität und Frische könne der Verbraucher z. B. an Farbe, Konsistenz und Geruch wahrnehmen (Kirchhoff 2004).

Zur Umsetzung dieser Empfehlung bietet es sich entsprechend der Kampagne »Fünf am Tag« an, 5 Portionen Gemüse und Obst pro Tag zu verzehren (► Abschn. 16.2.1). Wer dies nicht kann oder will, sollte nach ärztlicher Rücksprache und Untersuchung eventuell über eine gezielte Substitution nachdenken.

■ Vitamintabletten oder Obst und Gemüse?

Eine Versorgung mit den notwendigen Mikronährstoffen aus Lebensmitteln ist bei ausgewogener Ernährung grundsätzlich möglich, abgesehen von einigen Problemnährstoffen (u. a. Vitamin D, Folsäure, Eisen, Jod). In den USA hat man eine lockerere Einstellung in Bezug auf die Vitaminisierung von Nahrungsmitteln (z. B. Milch, Mehl, Frühstücksflocken) und den Gebrauch von Supplementen.

Im Gegensatz zur landläufigen Meinung, dass die Einnahme von **Antioxidanzien** gesund sei und das Leben verlängere, kommt eine 2012 überarbeitete systematische Übersichtsarbeit der Cochrane Collaboration (eines internationalen Wissenschaftlernetzwerks, das medizinische Therapien systematisch bewertet) aus 78 randomisierten klinischen Studien (Teilnehmerzuordnung nach dem Zufallsprinzip) mit insgesamt fast 300.000 Probanden zu dem Schluss, dass derartige Supplemente die Mortalität sogar erhöhen können (Bjelakovic et al. 2012).

Bei Menschen, die rein zur Prävention die Antioxidanzien Vitamin A, Betacarotin und Vitamin E – einzeln oder in Kombination mit anderen Antioxidanzien – einnehmen, erhöhte sich signifikant die Sterberate. Für die Einnahme von Vitamin C und Selen traf dies nicht zu. Es wird keine Aussage gemacht über eine Einnahme von Antioxidanzien zur Behebung erwiesener Mangelzustände. Auch die Wirkung von natürlichen Antioxidanzien in Früchten und Gemüse wird hier nicht in Frage gestellt. Die Experten raten von Antioxidanzisupplementen zu Präventionszwecken ab.

Gezielt eingesetzt haben Vitamintabletten selbstverständlich ihre Berechtigung wie z. B. bei der Folsäuresubstitution in der Frühschwangerschaft, Vitamin-D-Gabe an Säuglinge oder Senioren sowie bei gewissen Krankheiten, nach Operationen oder im Hochleistungssport.

➤ Wichtig

- **Vitamine liegen in natürlichen Nahrungsmitteln im Gegensatz zu den synthetisch hergestellten nicht isoliert vor, sondern mit zahlreichen Begleitsubstanzen, die in ihrem Zusammenspiel positiv auf den Körper einwirken.**
- **Eine Weiterverarbeitung der Früchte führt zu Mikronährstoffverlusten.**
- **Vitaminpillen können eine natürlich vitamin- und mineralstoffreiche Ernährung nicht ersetzen, allenfalls ergänzen.**

Ein **Apfel** enthält beispielsweise zahlreiche **sekundäre Pflanzenstoffe** (► Abschn. 14.2.3), vor allem in der Schale, viele davon mit großem antioxidativem Potenzial (► Abschn. 3.4). Pro 100 g enthalten Äpfel ca. 5,7 mg **Vitamin C**, mithilfe der sekundären Pflanzenstoffe (u. a. Quercetin, Catechin, Chlorogensäure) wird insgesamt eine antioxidative Kapazität erreicht, die 1500 mg Vitamin C entspricht. Nur knapp 0,4% der totalen antioxidativen Aktivität beruhen also auf dem Vitamin-C-Gehalt.

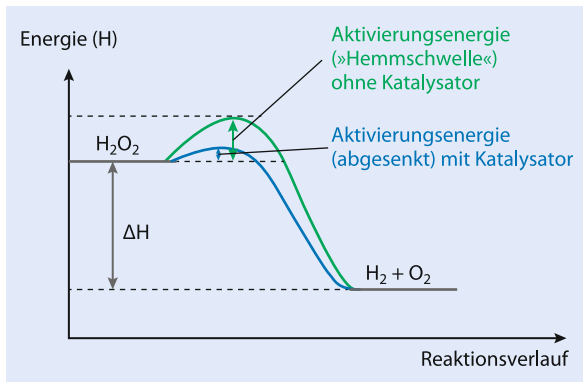
Frischer, naturtrüber Apfelsaft enthält nur noch 10%, klarer Apfelsaft lediglich 3% der Antioxidanzien. Unter Laborbedingungen konnte mit Apfelextrakten eine Hemmung der Krebszellenvermehrung, eine verminderte Lipidoxidation und eine Cholesterinsenkung gezeigt werden (Boyer u. Liu 2004). Die Engländer liegen einfach richtig mit ihrer Redensart »An apple a day keeps the doctor away«.

In diesem Sinne sind Tabelle 15.1 und Tabelle 15.2 (► Abschn. 15.2) als Angebot zu verstehen. Hier wird eine Auflistung der Blutparameter dargestellt als Anhaltspunkt für die Versorgung mit Vitaminen und Mineralstoffen, gleich daneben die Empfehlungen für die tägliche Zufuhr und eine Auswahl an Lebensmitteln, die reich an dem jeweiligen Nährstoff sind.

Vitamine

Vitamin leitet sich von lat. *vita* (Leben) ab und von »amin« (Abkömmling des Ammoniaks), eine Namensgebung, die auf die ersten gefundenen Vitamine zutraf, einige später entdeckte Vitamine haben allerdings ganz andere Strukturen. Vitamine können von Bakterien, Pflanzen und Tieren synthetisiert werden. Viele Säugetiere erzeugen beispielsweise ihr eigenes Vitamin C.

Für den Menschen sind 13 Vitamine essenziell, also lebensnotwendig. Da der Körper sie nicht selbst herstellen kann, müssen sie mit der Nahrung zugeführt werden. Mittlerweile sieht die Wissenschaft hier auch Ausnahmen – Vitamin D bildet der Organismus mithilfe von Sonnenlicht auch in der Haut, Niacin kann in der Leber aus der Aminosäure Tryptophan hergestellt werden, Vitamin K wird auch von Bakterien im menschlichen Darm gebildet



■ Abb. 14.6 Wirkprinzip von Enzymen als Biokatalysatoren

(allerdings kaum resorbiert). Manche Vitamine werden als Provitamine (Vitaminvorstufe) aufgenommen und im Körper bedarfsgemäß umgewandelt (Spaltung des Provitamins Betacarotin zu Vitamin A).

Um ein optimales Funktionieren des Stoffwechsels und des Immunsystems zu gewährleisten, ist es nötig, dass ausreichend Vitamine vorhanden sind. Jedes Vitamin erfüllt seine ganz spezifischen Aufgaben bei Vorgängen wie:

- Energiegewinnung
- Verwertung von Nährstoffen (Kohlenhydraten, Fetten, Eiweißen und Mineralstoffen)
- Aufbau von Körperstrukturen (Zellen, Blutkörperchen, Knochen etc.)
- Stärkung des Immunsystems

Liegen Vitamine nicht in ausreichender Menge vor, so kann es zu **Mangelerscheinungen** kommen. Da sie sehr empfindlich gegenüber äußeren Einflüssen (Licht, Hitze, Luft) sind, bedarf es des sorgsam Umgangs mit den Lebensmitteln beim Einkauf, der Lagerung und der Herstellung von Speisen.

Wir unterscheiden zwischen Vitaminen, die sich nur in Fett lösen (Vitamine A, D, E, K – Merke »EDEKA«!) sowie den wasserlöslichen (Vitamin C und der Vitamin-B-Komplex).

Überdosierungen können praktisch nur bei den fettlöslichen Vitaminen vorkommen, da diese sich in der Leber und im Fettgewebe anreichern. Überschüssige wasserlösliche Vitamine werden hingegen über die Nieren ausgeschieden. Zu hohe Dosen von Vitamin A und D können toxisch wirken. So sollten beispielsweise schwangere Frauen wegen des sehr hohen Vitamin-A-Gehalts keine Leber essen und keine Vitamin-A-haltigen Nahrungsergänzungsmittel einnehmen, da dies zu kindlichen Fehlbildungen führen kann.

Die Vitamine der **B-Gruppe** dienen dem Körper als Vorstufen von **Koenzymen**, die für die Wirkung von Enzymen unerlässlich sind. Enzyme wirken als Biokatalysatoren

(Reaktionsbeschleuniger), indem sie die Aktivierungsenergie von chemischen Reaktionen herabsetzen (■ Abb. 14.6).

Jedes Enzym kann nur ein bestimmtes Substrat, also z. B. Glukose oder ATP, umsetzen (Substratspezifität) und an diesem nur eine bestimmte Wirkung erzeugen (Reaktionsspezifität), also z. B. ein Wasserstoffmolekül oder einen Phosphatrest an- oder abhängen. Die Reaktion erfolgt nach dem »Schlüssel-Schloss-Prinzip«. Das Enzym besitzt eine charakteristische Raumstruktur. In das sog. aktive Zentrum (Schloss) passt lediglich das entsprechende Substrat (Schlüssel). Wenn sich dieses dort anlagert, wird die diesem Enzym entsprechende charakteristische Funktion ausgelöst. Das aktive Zentrum des Enzyms wird in vielen Fällen erst durch ein nichtproteinhaltiges Koenzym (Kofaktor) in die Passform für das Substrat gebracht.

Vitamin A (Retinol) Vitamin A ist das Vitamin für besseren Durchblick und essenziell für die Sehfunktion (Bestandteil des Sehpurpurs). Bei einem Mangel ist die Sicht in der Dämmerung schlecht oder es tritt sogar Nachtblindheit auf. Außerdem hilft Vitamin A bei der Bildung von Haut, Schleimhäuten sowie Blutkörperchen. Seine Vorstufe, das **Betacarotin**, häufig auch als Provitamin A bezeichnet, ist bedeutsam bei der Abwehr freier Radikaler und hat eine immunstimulierende Wirkung.

➔ **Wichtig**
Vitamin A kommt nur in tierischen Nahrungsmitteln vor. Eine regelmäßig zu hohe Retinolaufnahme ist gesundheitsschädlich (schwere Leberschäden, Osteoporose).

Daher sollte z. B. Leber nicht häufig gegessen und in der frühen Schwangerschaft gemieden werden, denn 100 g Schweineleber enthalten etwa einen Monatsbedarf an Vitamin A, und Leber kann außerdem mit Schwermetallen sowie anderen Schadstoffen belastet sein. Da der Körper Vitamin A auch aus Carotin (Provitamin A) selbst herstellen kann, sind für unsere Nahrung alle pflanzlichen Lebensmittel von Bedeutung, die einen hohen Anteil an Betacarotin besitzen. Aus etwa 6 µg Betacarotin kann 1 µg Retinol hergestellt werden. Die Umwandlung erfolgt nur nach Bedarf und führt somit nicht zu Retinolüberdosierungen.

Allerdings sind bei Rauchern unter unphysiologisch hohen Dosen von isoliertem Betacarotin (20 mg täglich als Nahrungsergänzungsmittel) vermehrt Lungenkrebsfälle und eine erhöhte Gesamtsterblichkeit aufgetreten (Goodman et al. 2004). Das Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) mahnt daher, Betacarotin in Nahrungsergänzungsmitteln mit großer Vorsicht zu verwenden und empfiehlt dafür eine maximale Tagesdosis von 2 mg. Der Verzehr von natürlichen carotinhaltenen Nahrungsmitteln ist davon nicht berührt (BfR 2013).

➤ Wichtig

Vitamin-A-reiche Lebensmittel sind Leber, Lebertran und fette Fische (Aal, Thunfisch) sowie Butter. Beta-carotin ist enthalten in Gemüse- und Obstsorten (häufig gelb-orange-rote Farbe).

Der Vitamin-B-Komplex umfasst eine Gruppe von 8 wasserlöslichen Vitaminen, die eine wesentliche Rolle im Zellstoffwechsel spielen, meist als Koenzyme oder deren Vorstufen. Sie sind für den Kohlenhydrat-, Fett- und Eiweißstoffwechsel sowie die körpereigene Energiegewinnung wichtig.

B-Vitamine sind in tierischen und pflanzlichen Lebensmitteln wie Getreide, Hefe, Milch, Hülsenfrüchten, Kartoffeln, Gemüse (besonders dunkelgrünen Blattgemüsen), Fisch, Fleisch und Leber vorhanden. In naturbelassenen Getreideprodukten (Vollkorn) und in Speisekleie ist ihr Anteil erheblich höher als in Weißmehlprodukten. Ein erhöhter Bedarf kann z. B. in Schwangerschaft und Stillzeit bestehen, bei intensiver körperlicher Tätigkeit und bei Alkoholikern, Rauchern sowie unter Einnahme einiger Medikamente.

Die Nummerierung der B-Vitamine ist mehrfach verändert worden und wird nach wie vor uneinheitlich gehandhabt.

Vitamin B₁ (Thiamin) Vitamin B₁ ist das Vitamin für mehr Power im Gehirn und essenziell für den Stoffwechsel der Kohlenhydrate und Fette. Besonders für die Energiegewinnung des Gehirns aus Glukose ist es von zentraler Bedeutung. Außerdem ist es an der Reizleitung im peripheren Nervensystem beteiligt und unterstützt die Produktion der Neurotransmitter Acetylcholin, Adrenalin und Serotonin im ZNS. Auch bei der Energiegewinnung für den Herzmuskel und für die Blutbildung spielt es eine Rolle.

Ein Mangel an Vitamin B₁ kann bei Alkoholkranken, die sich mangelhaft ernähren, auftreten und die lebensgefährliche Wernicke-Enzephalopathie verursachen (Desorientiertheit, Bewegungsstörungen und Augmuskellähmungen). Häufig erfolgt der Übergang in ein Korsakow-Syndrom (Schädigung von Hirnstrukturen mit Gedächtnisverlust) und Demenz.

Da Thiamin Kofaktor der Pyruvatdecarboxylase ist, die Pyruvat in den Zitratzyklus, also in den oxidativen Stoffwechsel, einschleust, kann ein Mangel an Vitamin B₁ zu einem **Laktatanstieg** führen (Thomas 2005, S. 301) (► Abschn. 10.3). Bei der Umwandlung von Thiamin in seine physiologisch aktive Form wird Magnesium benötigt. Thiamin kommt in Vollkornmehl und Kleie vor (kaum in Weißmehl), daneben in Innereien, Schweinefleisch und Hefe.

Vitamin B₂ (Riboflavin) Vitamin B₂ ist das Vitamin für Zellpower und spielt als Baustein der Koenzyme Flavinadenindinukleotid (FAD) und Flavinmononukleotid (FMN)

eine wichtige Rolle im Energiestoffwechsel bei der Wasserstoffübertragung in der Atmungskette. Die Flavinenzyme haben ausgeprägte Redox Eigenschaften. Die Anwesenheit von Riboflavin soll die Häufigkeit und Schwere von Migräneanfällen deutlich reduzieren (Gröber 2000, S. 40). Riboflavinreich sind Milchprodukte, Fleisch, Leber, Fisch, Eier und Getreideprodukte.

Niacin (Vitamin B₃) Niacin ist das Vitamin für Haut und Darm und wichtiger Bestandteil von NAD(P)⁺/NAD(P)H₂, den wasserstoffübertragenden Koenzymen im Energiestoffwechsel (► Abschn. 10.2). In dieser Funktion ist es am Stoffwechsel aller Nährstoffe beteiligt und nimmt am Aufbau und der Reparatur der DNA teil. Außerdem sorgt es für eine gesunde Haut und ein funktionierendes Verdauungssystem. Es senkt den Cholesterinspiegel und hilft im Kampf gegen Arteriosklerose.

Niacin kommt in Lebensmitteln in zwei Formen vor, als Nikotinsäure und Nikotinamid, und wird im Körper in seine aktive Form Niacin umgewandelt. Daneben kann es auch in der Leber aus der Aminosäure Tryptophan hergestellt werden. Nahrungsmittel, die Niacin liefern, sind Innereien, Fleisch, Fisch und Vollkornprodukte.

Pantothensäure (Vitamin B₅) Pantothensäure ist das unterstützende Vitamin und an vielfachen Prozessen im gesamten Organismus beteiligt. Als Bestandteil von Koenzym A spielt es beim Zellstoffwechsel und der Energieproduktion eine zentrale Rolle. Im Fettstoffwechsel ist es an der Synthese von Cholesterin, Acetylcholin, Taurin und an der des roten Blutfarbstoffs Häm beteiligt. Es arbeitet mit Koenzym Q10 und L-Carnitin beim Transport und der Verbrennung von Fettsäuren zusammen. Pantothensäure kommt praktisch in allen Nahrungsmitteln vor, reichlich vorhanden ist es in Hefe, Innereien, Vollkornprodukten und Hülsenfrüchten.

Vitamin B₆ (Pyridoxin) Vitamin B₆ ist das Stoffwechselvitamin und als Koenzym an vielen enzymatischen Reaktionen des Stoffwechsels beteiligt. Insbesondere ist es beim Aminosäurestoffwechsel unentbehrlich und beteiligt am Aufbau verschiedener Nervenbotenstoffe, u. a. Noradrenalin, Dopamin und Serotonin. Es spielt neben Folsäure und Vitamin B₁₂ eine Rolle bei der Entgiftung von Homocystein (► Abschn. 4.3.1). Außerdem hält es das Bindegewebe elastisch und ist für das Gleichgewicht von Natrium und Kalium in Körperflüssigkeiten zuständig. Reich an Vitamin B₆ sind Vollkornprodukte und Speisekleie, Hülsenfrüchte, Leber und Fleisch.

Biotin (Vitamin H bzw. B₇) Biotin ist das Vitamin für Haut und Haar und an einer Vielzahl von Stoffwechselprozessen beteiligt, z. B. an der Neubildung von Glukose aus Amino-

säuren nach intensiven körperlichen Belastungen. Es hilft, Nahrung in Energie umzuwandeln und sorgt außerdem für schöne Haut, üppiges Haar und kräftige Nägel. Biotin kommt besonders in Leber, Hefe, Eiern, Haferflocken und Hülsenfrüchten vor.

Folsäure (Vitamin B₉) Folsäure ist das Zellvitamin und für Wachstums- und Entwicklungsprozesse des Körpers (Zellreifung und -differenzierung) und die Blutbildung (Bildung der roten und weißen Blutkörperchen, Eisenaufnahme) unentbehrlich. Zusammen mit Vitamin B₁₂ trägt sie zum Abbau des Zellgifts Homocystein bei. Einen erhöhten Homocysteinspiegel findet man u. a. im Zusammenhang mit neurogenerativen Erkrankungen, z. B. Demenz oder Parkinson-Erkrankung sowie bei Gefäßerkrankungen. Eine Substitution mit Folsäure, Vitamin B₆ und B₁₂ erbrachte in Studien allerdings trotz Homocysteinsenkung keine Risikoreduktion bei kardiovaskulären Ereignissen (► Abschn. 4.3.1). Homocystein gilt auch als Biomarker für alters-assoziierte neurodegenerative Erkrankungen (Herrmann u. Obeid 2011). Was bleibt, ist eine ausreichende Folsäureversorgung mit der Nahrung sicherzustellen.

Insbesondere für schwangere Frauen ist Folsäure unentbehrlich, da sie zwischen dem 22. und 28. Schwangerschaftstag die Schließung des Neuralrohrs unterstützt. Ein Mangel kann zu einer Spina bifida (»offenem Rücken«) führen. Deshalb wird Frauen mit Kinderwunsch dringend geraten, schon vor der Befruchtung auf ihre Versorgung mit ausreichend Folsäure zu achten (zusätzlich 400 µg Folsäure als Supplement).

Folsäuremangel kann auch zu einer megaloblastären Anämie führen (Blutarmut durch Reifungsstörung der roten Blutkörperchen). Bei Alkoholikern, Krebskranken und unter der Einnahme zahlreicher Medikamente (Schmerzmittel, Pille) besteht erhöhter Bedarf; bei Senioren kommen häufig Folsäuredefizite vor.

► Wichtig

Die Versorgungssituation mit Folsäure in Mitteleuropa ist nicht zufriedenstellend (MRI 2008). Gute Nahrungsquellen sind frisches, vor allem dunkelgrünes Gemüse, Hülsenfrüchte und Vollgetreide sowie ab und zu etwas Leber.

Zur Nahrungsergänzung ist mit Folsäure angereichertes Speisesalz erhältlich. In den USA und Kanada werden Getreideprodukte mit Folsäure angereichert, Kritiker warnen aber auch vor möglichen tumorfördernden Effekten bei überhöhter Zufuhr (Smith et al. 2008).

Aus tierischen Nahrungsmitteln (v. a. Leber) wird Folsäure besser resorbiert als aus pflanzlichen. Generell gilt, dass Lagerung, Licht und Erhitzen den Folsäuregehalt in Lebensmitteln reduzieren. Bei der Empfehlung für den Bedarf wird von Folatäquivalenten ausgegangen, da die

Bioverfügbarkeit von Nahrungsfolat (im Mittel 50%) sich von der der synthetischen Folsäure (100%) unterscheidet. 1 µg Folatäquivalent entspricht 1 µg Nahrungsfolat bzw. 0,5 µg synthetischer Folsäure.

Vitamin B₁₂ (Cobalamin) Vitamin B₁₂ ist das Vitamin für Nerven und Blut und wichtig für die DNA-Synthese, Zellentwicklung und -teilung, die Bildung der roten Blutkörperchen und die Funktion des Nervensystems (Synthese der Markscheiden). Es ist als Koenzym am Aminosäure- und Fettsäurestoffwechsel beteiligt. An vielen Stellen im Stoffwechsel agiert Vitamin B₁₂ gemeinsam mit Folsäure, die es in die aktive Form versetzt.

Cobalamin ist ein spezielles Molekül, das größer und komplexer ist als die anderen Vitamine und als einziges ein Metallatom enthält (Zentralatom Kobalt). Für die Resorption aus der Nahrung produzieren die Belegzellen im Magen den sog. Intrinsic Factor, ein Glykoprotein, das mit Cobalamin einen Komplex bildet, der dann im unteren Dünndarm resorbiert wird. Bei der im Alter häufig auftretenden atrophischen Gastritis fehlt dieser Faktor. Somit kann sich ein Vitamin-B₁₂-Mangel entwickeln mit (perniziöser) Anämie sowie neurologischen Symptomen (Koordinationsstörungen, Verwirrtheit, Depression, Demenz). Eine Schädigung des Rückenmarks (Entmarkung der Nerven, funikuläre Spinalerkrankung) kann bis zur Querschnittslähmung führen. Wegen des Intrinsic-Factor-Mangels kann in diesem Fall nicht mit Tabletten behandelt werden, sondern mit Vitamin-B₁₂-Injektionen.

Da relativ große Mengen in der Leber gespeichert werden, treten B₁₂-Mangelsymptome meist erst nach mehreren Jahren auf; gefährdete Gruppen sind Senioren, Alkoholiker sowie Veganer und Vegetarier. Die empfohlene Zufuhr liegt bei 3 µg täglich. Bei Verzehr von Milch und Eiern (ovolaktovegetarische Ernährung) kann ausreichend Vitamin B₁₂ aufgenommen werden (1,7–2,5 µg täglich). Vegane Ernährung liefert (fast) kein Vitamin B₁₂, sodass zu Nahrungsergänzungsmitteln oder angereicherten Lebensmitteln geraten werden muss. Seit kurzem ist auch eine Vitamin B₁₂-haltige Zahnpasta im Handel (Keller 2013).

Vitamin B₁₂ wird ausschließlich von Mikroorganismen erzeugt. Mit Ausnahme von Algen gibt es für den Menschen ausschließlich tierische Nahrungsquellen, vor allem Innereien (Leber, Nieren, Herz), Fleisch, Fisch, Meeresfrüchte sowie Milchprodukte und Eier. Auch die menschliche Darmflora kann Cobalamin erzeugen, aber es findet im unteren Verdauungstrakt keine ausreichende Resorption mehr statt (Bässler et al. 2002).

Vitamin C (Ascorbinsäure) Vitamin C ist der Radikalfänger Nr. 1 und an sehr vielen Prozessen in unserem Körper beteiligt. Es stärkt unser Immunsystem, agiert gegen freie Radikale (Antioxidans) und wehrt krebserregende Nitro-

samine ab. Außerdem spielt es eine Rolle bei der Eisenresorption, der Bildung von Kollagen (Bindegewebe und Knorpel) und der Wundheilung. Es hilft auch beim Schutz gegen Arteriosklerose.

Vitamin C ist in fast allen Obstsorten (z. B. Acerolakirsche, Sanddorn, Kiwi, Zitrusfrüchte, Beeren) und vielen Gemüsesorten (u. a. Paprika, Brokkoli, Rosenkohl) reichhaltig vorhanden. Auch die Kartoffel gilt aufgrund ihres hohen Verzehrs als Vitamin-C-Quelle. Durch Lagerung, langes Wässern, Zerkleinern und Erhitzen von Lebensmitteln kommt es zu Verlusten im Vitamin-C-Gehalt der Lebensmittel.

In der Komplementärnarkologie (ergänzende Therapieverfahren bei Krebserkrankungen) findet Vitamin C Anwendung per Infusion in Einzeldosen bis zu 60 g, die 2-mal pro Woche gegeben werden, um die Nebenwirkungen von Strahlen- und Chemotherapie zu vermindern (Gröber 2006).

Vitamin D₃ (Calcitriol oder Cholecalciferol) Vitamin D₃ ist die Sonne für die Knochen und genießt unter den Vitaminen eine Sonderstellung, da der Organismus es unter Einfluss von Sonnenlicht (UV-B-Licht) selbst in der Haut aus Cholesterin herstellen kann. Daher gilt es heute statt als Vitamin eher als ein Hormon. Nach der Synthese oder Aufnahme aus der Nahrung wird Vitamin D in der Leber gespeichert (25-Hydroxy-Vitamin D) und bei Bedarf in der Niere in die aktive Form 1,25-Hydroxy-Vitamin D (Calcitriol) umgewandelt.

Vitamin D steigert die Aufnahme von Kalzium aus dem Darm und sorgt für Knochenaufbau und -stabilität sowie für ein gesundes Gebiss. Außerdem steigert es die Immunabwehr und hilft den Inselzellen der Bauchspeicheldrüse, Insulin auszuschütten. Epidemiologische Studien stellen eine inverse Beziehung zwischen Vitamin D und der Entwicklung von Herz- und Gefäßerkrankungen fest. Demnach sind niedrige Vitamin-D-Spiegel mit einer Zunahme von kardiovaskulären Ereignissen assoziiert. Trotz widersprüchlicher Studienlage sieht die DGE eine präventive Wirkung von Vitamin-D-Supplementen als möglich an. Zurzeit werden zahlreiche weitere Erkrankungen im Zusammenhang mit einer mangelhaften Vitamin-D-Versorgung diskutiert wie u. a. einige Krebsarten (Dickdarm, Brust), Bluthochdruck, Diabetes Typ 2 sowie erhöhte Sturz- und Frakturgefahr bei Älteren (Linseisen et al. 2011).

Lange ging man davon aus, dass bei täglichem Aufenthalt von 10–30 min im Freien die Vitamin-D-Synthese über die Haut von Gesicht, Händen und unbedeckten Armen die Versorgung sicherstellt, zumindest bei jüngeren Leuten. Im Winterhalbjahr reicht nach neueren Einschätzungen in Mitteleuropa dafür aber die Strahlung nicht aus. Bei Verzicht auf fettreichen Fisch werden mit den üblichen

Lebensmitteln lediglich 2–4 µg pro Tag aufgenommen. Bei über der Hälfte der Deutschen führt dies dazu, dass sie den wünschenswerten Serumspiegel (50 nmol 25-OH-Vitamin D pro Liter Serum) nicht erreichen. In diesem Fall sollte in der dunkleren Jahreszeit mit einem Vitamin-D-Präparat substituiert werden. Dies gilt insbesondere für Vegetarier und Veganer, Säuglinge (gesamtes 1. Lebensjahr) und Kleinkinder sowie Ältere, bei denen die Synthese in der Haut nicht mehr so effizient ist.

➤ Wichtig

Die D-A-CH-Gesellschaften empfehlen seit 2012 für Säuglinge eine tägliche Zufuhr von 10 µg (400 IE) Vitamin D, für alle Personen über 1 Jahr 20 µg (800 IE) bei fehlender körpereigener Bildung (D-A-CH-Referenzwerte 2012).

Vitamin-D-Mangel im Kindesalter führt zu fehlerhaftem Knochenaufbau (Rachitis), beim Erwachsenen spricht man von Osteomalazie. Eine **Vitamin-D-Überdosierung** kann zu Nierenschäden, Verkalkung von Arterien und Weichteilgeweben, Knochenentkalkung und -verformung führen.

In der Nahrung kommt Vitamin D in höherer Konzentration nur in Lebertran und fettreichem Fisch vor, in geringerem Maß in Milchprodukten, Eigelb und einigen Pilzen. Es werden auch Vitamin-D-angereicherte Margarine, Milcherzeugnisse und Speiseöle angeboten.

Vitamin E (Tocopherol) Vitamin E ist das Vitamin für den Zellschutz und Bestandteil aller biologischen Zellmembranen und das wichtigste fettlösliche Antioxidans. Es schützt Fette und besonders die oxidationsempfindlichen mehrfach ungesättigten Fettsäuren vor aggressiven freien Radikalen und unterbricht zerstörerische Kettenreaktionen. Es agiert mit anderen Antioxidanzien zusammen, oxidiertes Vitamin E wird durch Vitamin C, Koenzym Q, Selen und Glutathion regeneriert. Es wirkt antientzündlich und antithrombotisch und schützt die Blutgefäße. Zudem unterstützt es die Immunabwehr. Reiche Vitamin-E-Quellen sind pflanzliche Öle (Weizenkeim-, Mais-, Sonnenblumen-, Sojaöl) und Kerne, Nüsse und Mandeln.

Vitamin K (Phyllochinon) Vitamin K ist das Vitamin fürs Blut und zuständig für die Bildung von Blutgerinnungsfaktoren. Außerdem übernimmt es eine wichtige Funktion beim Einbau von Kalzium in den Knochen und hemmt die Verkalkung von Blutgefäßen und Geweben. Vitamin K kommt in grünen Gemüsen, Leber, Milchprodukten, Eiern und pflanzlichen Ölen vor. Daneben findet auch eine Eigenproduktion durch die Darmflora statt, allerdings kann dieses Vitamin K kaum aus den unteren Darmabschnitten in den Körper aufgenommen werden.

Koenzym Q10 (Ubichinon) Im Zusammenhang mit den Vitaminen ist auch das **Koenzym Q10 (Ubichinon)** zu erwähnen. Es ist ein Vitaminoid (vitaminartige Substanz) und stellt einen essenziellen Bestandteil beim Wasserstoff- und Elektronentransport in der Atmungskette dar. Insofern ist es zuständig für die Energie in den Zellen und auch für die Herzfunktion. Es bekämpft als fettlösliches Antioxidans freie Radikale und senkt den Blutdruck.

Der Q10-Bestand nimmt im Körper mit zunehmendem Alter ab. Koenzym Q10 hat Wechselwirkungen mit einigen Medikamenten. Ein Q10-Mangel kann z. B. bei Patienten auftreten, die bestimmte Cholesterinsenker einnehmen (Statine, HMG-CoA-Reduktase-Hemmer), da diese auch die körpereigene Q10-Bildung hemmen. Symptome sind Leistungsabfall und Muskelschwäche, behandelt wird dann mit Nahrungsergänzungsmitteln.

Q10 wird im Körper selbst produziert und ist auch reichlich enthalten in Innereien, Fleisch, fettem Fisch, Nüssen, Kernen und Ölen. Kochen kann das Koenzym jedoch zerstören.

Mineralstoffe und Spurenelemente

➤ Wichtig

Wie die Vitamine sind Mineralstoffe und Spurenelemente (Anteil im Körper unter 50 mg/kg KG) essenzielle Bestandteile der Ernährung. Ohne sie kommt es zu Mangelerscheinungen, da sie als Bau- und Reglerstoffe die unterschiedlichsten Prozesse im Organismus unterstützen.

Sie treten als Bestandteil von Hormonen (z. B. Jod beim Schilddrüsenhormon Thyroxin) oder Kofaktoren bei Enzymreaktionen auf, regulieren als Anion oder Kation die Elektroneutralität von Körperflüssigkeiten und sorgen für das Aufrechterhalten des osmotischen Druckes. Zu den wichtigen Mineralstoffen zählen Natrium, Kalium, Kalzium, Magnesium, Phosphor und Chlorid. Sie liegen im wässrigen Milieu meist als geladene Teilchen (Ionen) vor.

Die Mineralstoffe **Natrium** und **Kalium** regeln gemeinsam den Wasserhaushalt des Körpers und den Säure-Basen-Haushalt. Ionenpumpen (Na-K-ATPase) sorgen für die unterschiedliche Verteilung: Kalium dominiert im Zellinnenraum, Natrium (und Chlorid) im Extrazellulärraum, sodass die Zellen von einer Salzlösung umgeben sind – ähnlich dem Meerwasser, aus dem ja alles Leben stammt. Durch die ungleiche Verteilung kommt es an der Zellmembran zur Ausbildung eines Ruhepotenzials. Durch Ioneneinstrom in die Zelle wird ein Aktionspotenzial ausgelöst, das zur Erregung von Nervenzellen und Muskelkontraktionen führt.

Natrium trägt neben seiner Rolle als Gegenspieler von Kalium bei der Erregungsleitung in Nerven und Muskulatur zur Kreislaufstabilisierung bei (Wasserbindung im Gewebe, Blutdrucksteigerung) sowie zur Aktivierung von Enzymen, zur Resorption von Glukose und zum Transport vieler Nährstoffe. Es liegt als positiv geladenes Ion (Na^+) zu ca. 98% extrazellulär vor. Natrium wird hauptsächlich in Verbindung mit dem negativ geladenen Ion **Chlorid** (Cl^-) in den Körper aufgenommen, also über das **Kochsalz**.

In Verbindung mit der Blutdruckproblematik gilt, geringere Natriumaufnahme bietet häufig gesundheitlichen Nutzen, zumal etwa die Hälfte der Betroffenen »salzsensibel« ist, d. h. auf hohe Salzzufuhr mit Blutdruckerhöhung reagiert. Die DGE (2009a) empfiehlt deshalb, eine Tagesmenge von maximal 2–2,4 g Natrium (entsprechend 5–6 g Salz) am Tag nicht zu überschreiten. Eine tägliche Mindestmenge an Natrium wird als Schätzwert von 550 mg angegeben, entsprechend ca. 1,4 g Kochsalz.

Natriumchlorid (Kochsalz) ist lebensnotwendig und war früher ein begehrtes Handelsobjekt, z. B. wurden römische Soldaten teilweise mit einer Ration Salz bezahlt (lat. *salarium*, fr. *salaire*). In der heutigen Nahrung ist Salz allerdings im Überfluss enthalten. Um die DGE-Empfehlung einzuhalten, sollte der Verzehr salzreicher Lebensmittel (Gepökeltes, Wurst, alter Käse, Matjes, salzige Snacks und viele Brotsorten) eingeschränkt werden, ebenso die Verwendung von Salz beim Kochen und bei Tisch. Der Lebensmittelindustrie kommt hier eine wichtige Funktion zu (BFR 2008).

Unverarbeitete Lebensmittel enthalten im Allgemeinen deutlich weniger Salz als Fertigkost. So ist der Natriumanteil in rohen Erbsen 1 mg/100 g, in Dosenerbbsen dagegen 222 mg/100 g. Körperlich aktive Menschen, die häufig und stark schwitzen und dabei Natrium verlieren, sollten andererseits aber beim Trinken von Mineralwasser darauf achten, dass der Natriumgehalt höher als 200 mg/l ist. Manifeste Natriummangel (Hyponatriämie) geht mit Symptomen wie Verwirrung, Muskelkrämpfen und Krampfanfällen einher und ist lebensgefährlich. Es sind plötzliche Todesfälle von Marathonläufern bekannt, die zu viel Wasser ohne gleichzeitige Natriumzufuhr getrunken hatten.

Kalium ist das mengenmäßig wichtigste intrazelluläre Mineral. Ungefähr 98% des Kaliumvorrats befinden sich als Kation gelöst in den Zellen. Neben der Funktion bei der neuromuskulären Erregungsleitung und im Flüssigkeitshaushalt ist es unentbehrlich für viele Wachstumsvorgänge. Es ist an der DNA- und Proteinsynthese sowie am Abbau von Kohlenhydraten beteiligt und regelt zahlreiche Enzymsysteme in der Zelle. Bei einer Azidose (► Abschn. 10.3) strömen zur Neutralisierung Kaliumionen aus den Zellen ins Blutplasma, eine Alkalose führt zur Aufnahme

von Kalium in die Zellen (► Abschn. 3.3.2). Kalium senkt den Blutdruck, indem es die Natrium- und Wasserausscheidung über die Nieren anregt. Wichtig ist hier das Verhältnis zwischen Natrium und Kalium:

- Ein Zuviel an Kalium (**Hyperkaliämie**) kann zu Muskelschwäche, Muskellähmungen, zentralnervösen Störungen, Niereninsuffizienz und Herzrhythmusstörungen bis zum Herzstillstand führen.
- Ein Mangel an Kalium (**Hypokaliämie**) zeigt sich in Schwäche, Muskelkrämpfen, Lähmungserscheinungen, Verstopfung, Herzrhythmusstörungen und Glukosetoleranzstörungen.

Kaliumreiche Lebensmittel sind u. a. (Trocken-)Früchte, Gemüse, Nüsse, Kartoffeln und Vollkorngetreide; die Mindestzufuhr wird von der DGE mit 2 g pro Tag angegeben.

Kalzium (Ca^{2+}) befindet sich fast ausschließlich intrazellulär und zu 99% im Skelett (ca. 1 kg) und in den Zähnen. Auch Muskelzellen enthalten einen hohen Anteil des Mineralstoffs. Es spielt bei der Muskelkontraktion, der Blutgerinnung, dem Herzrhythmus und bei der Reizleitung im Nervensystem eine wichtige Rolle und dient als Kofaktor bei der Sekretion einiger Enzyme, Hormone und Neurotransmitter.

Der Kalziumgehalt im Blut wird durch die Hormone Parathormon und Kalzitinin sowie das Vitamin D konstant gehalten. Zum Ausgleich einer Azidose (Blut-pH < 7,35) kommt es zu einem Kalziumausstrom aus den Zellen, während eine Alkalose (Blut-pH > 7,45) mit einem Kalziumstrom aus dem extrazellulären Raum in die Zellen verbunden ist (Morlion 2004).

Mit der Nahrung sollte täglich ca. 1 g Kalzium (Jugendliche 1,2 g) aufgenommen werden, insbesondere zur Prävention der **Osteoporose** (► Abschn. 4.2.1). Die Möglichkeit für den Aufbau einer stabilen Knochensubstanz erreicht schon vor dem 30. Lebensjahr ihren Höhepunkt (peak bone mass, Spitzenknochenmasse), danach verringert sich die Knochenmasse kontinuierlich mit zunehmendem Alter. Bei Frauen erhöht sich mit Wegfall des schützenden Östrogens in den Wechseljahren das Osteoporoserisiko zusätzlich. Vitamin-D-Mangel, Bewegungsmangel, Untergewicht sowie Medikamente (Kortison) fördern den Knochenabbau. Unter den Nahrungsmitteln verstärken Alkohol, Koffein und bei hoher Zufuhr Kochsalz und Fleischwaren den Knochenabbau (Phosphat verschlechtert die Kalziumresorption; schwefelhaltige Aminosäuren verstärken die Kalziumausscheidung im Harn); Oxalsäure in Rhabarber oder Spinat und Phytinsäure in Vollkorngetreide behindern teilweise die Kalziumresorption im Darm.

Schutz vor Osteoporose bietet neben regelmäßiger körperlicher Betätigung (Kraft, Ausdauer- und Koordina-

tionstraining, ► Teil III und IV) eine kalzium- und Vitamin-D-reiche Ernährung. Die reichhaltigsten Kalziumquellen sind Milch und Milchprodukte (vor allem Hartkäse), daneben Sojaprodukte, Gemüse (Kohlarten) und kalziumreiches Mineralwasser (> 300 mg/l, wichtig bei Milchunverträglichkeit).

Eine Kalziumzufuhr mithilfe von Supplementen wird kritisch gesehen. Die Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft empfiehlt eine Begrenzung der Gesamtkalziumaufnahme (aus Nahrung plus Supplement) auf 1000–1500 mg (AkdÄ 2010). Mehrfach wurde in aktuellen Studien nachgewiesen, dass eine überhöhte Substitution von Kalzium durch Nahrungsergänzungsmittel (1400–1500 mg) das Risiko für einen Herztod erhöht (Siegmund-Schultze 2013).

Magnesium liegt zu 95% intrazellulär vor. Der Körperbestand liegt bei etwa 20 g. Es ist an mehr als 300 Stoffwechselreaktionen in unserem Körper beteiligt (z. B. bei der Phosphorylierung der Glukose während der Glykolyse). Mg^{2+} fördert die Energiegewinnung in den Zellen, ist an der Erregungsleitung in den Nervenzellen sowie der Muskulatur beteiligt und in diesem Zusammenhang der Gegenspieler von Kalzium. Herzrhythmusstörungen werden beispielsweise mit Magnesiumpräparaten behandelt.

► Wichtig

90% der Herzinfarktpatienten haben zu wenig Magnesium. Epidemiologischen Studien zufolge nimmt das kardiovaskuläre Risiko bei Personen mit Mg^{2+} -Werten > 0,8 mmol/l signifikant ab (Thomas 2005, S. 493).

Bei Nierenfunktionsstörungen, im Verlauf schwerer Erkrankungen (wie HIV, Krebs), bei Diabetes, bei Alkoholmissbrauch, unter bestimmten Medikamenten, in der Schwangerschaft oder auch im Leistungssport können u. a. Mangelzustände auftreten. Supplemente, am besten als organische Magnesiumsalze (Orotat, Aspartat) werden hier eingesetzt. Sie sollten zwischen den Mahlzeiten im Abstand von 2 h zur Einnahme anderer Medikamente und von Kalzium eingenommen werden, um Wechselwirkungen zu vermeiden.

Zu einem Magnesiumüberschuss kann es durch übermäßige Zufuhr oder bei Niereninsuffizienz kommen, Symptome sind Durchfall, Verlangsamung von Herz- und Atemtätigkeit und verminderte Erregbarkeit von Nerven und Muskeln. Magnesium kommt besonders in Vollkornprodukten, grünem Gemüse, Obst, Nüssen, Samen und Hülsenfrüchten vor, daneben sind Mineralwasser und härteres Leitungswasser eine gute Nahrungsquelle.

Anorganisches Phosphat (Phosphor) ist nach Kalzium mengenmäßig das häufigste Mineral in unserem Körper

(ca. 700 g). Mehr als 85% befinden sich gemeinsam mit Kalzium als anorganische Verbindung im Skelett und in den Zähnen. Zudem dient Phosphor als Puffer in Blut und Urin, aktiviert Enzyme und Hormone (Phosphorylierung) und ist wesentlicher Bestandteil unseres energetischen Akkus, von ATP und Kreatinphosphat.

Zu einem Phosphatüberschuss kann es durch schwere Nierenerkrankungen oder durch Fehlfunktion der Kalziumregulation kommen. Bei gleichzeitig erhöhtem Kalziumangebot gibt es langfristig Ablagerungen in Weichteilen, Muskulatur und Gefäßen. In praktisch allen Lebensmitteln kommt Phosphat vor, besonders in Fleisch, Wurst, Fisch, Milchprodukten und Nüssen.

Als technologische Hilfsstoffe (Konservierung, Stabilisierung, Rieselhilfe, Schmelzsatz) finden Phosphate vielfache Verwendung in der Fertignahrung und Fast Food (u. a. in Wurstwaren und Cola-Getränken). Mit entsprechenden E-Nummern findet man auf Lebensmittelpackungen den Hinweis auf Phosphatbeigaben, lose Ware muss den Hinweis »Enthält Phosphat« tragen. Eine Mengenangabe findet man meist nicht. Es gibt Hinweise, dass auch Nierengesunde durch derart erhöhte Phosphatzufuhr von Gefäßschäden und einem erhöhten Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen bedroht sind (Ritz et al. 2012). Eine Gesamtzufuhr von 1000 mg Phosphat pro Tag sollte nicht überschritten werden, diese Menge wird im Moment schon durch die Phosphatzusätze erreicht.

Das Spurenelement Chrom (in der Oxidationsstufe III) ist als Kofaktor des Insulins maßgeblich an der Regulierung des Blutzuckerspiegels beteiligt und optimiert den Fettstoffwechsel (► Abschn. 3.3.2). Es wird benötigt, um den Cholesterinspiegel konstant zu halten. Chrommangel ist selten. Nahrungsquellen sind Nüsse, Käse, Fleisch, Ei, Getreideprodukte und Hülsenfrüchte.

Eisen Von besonderer Bedeutung ist das Spurenelement **Eisen**. Die wesentliche Aufgabe des Eisens besteht im Transport von Sauerstoff im Blut (Hämoglobin) sowie der Sauerstoffversorgung der Muskulatur (Myoglobin) und im Elektronentransport, z. B. in der Atmungskette. Es nimmt an unzähligen Redoxreaktionen teil, ist Kofaktor vieler Enzyme (Cytochrome, Peroxidasen, Katalasen) und spielt eine Rolle bei der Immunabwehr. Von den 3–5 g in unserem Körper sind ca. 60–70% im Hämoglobin, 3–5% im Myoglobin gebunden. Etwa 10–20% des Eisens sind vorwiegend über das Eiweißmolekül Ferritin in Leber, Milz und Knochenmark gespeichert. Dies ist insofern von Bedeutung, als freies Eisen bereits in geringen Dosen toxisch wirkt.

Eisenmangel kann zu Blutarmut (Eisenmangelanämie) mit Müdigkeit und Leistungsknick führen. Dabei ist ein Mangel am roten Blutfarbstoff Hämoglobin und ein verringerter Eisen-Serumspiegel festzustellen. Auch bei

normalem Blutspiegel können die Eisenspeicher bereits erschöpft sein (latenter Eisenmangel). In diesem Fall ist eine Bestimmung des Ferritingehalts (Speicherform) im Blut zur Kontrolle der Eisenversorgung sinnvoll. Häufige Ursache von Eisenmangel ist Blutverlust infolge starker Menstruationsblutungen. Besonders oft betrifft Eisenmangel aufgrund geringer Zufuhr neben Veganern auch Sportler in Disziplinen, bei denen ein niedriges Körpergewicht zählt, sowie Magersüchtige.

Kleine Mengen von Eisen kommen in fast allen Nahrungsmitteln vor. Am besten wird es aus tierischen Quellen als Häm-Eisen resorbiert (aus Häm- und Myoglobin, 2-wertiges Eisen), also aus Fleisch, Innereien, Geflügel und Fisch. Es wird 2- bis 3-mal besser aufgenommen als Nicht-Häm-Eisen, das sich in Pflanzen- und Milchprodukten findet. Nicht-Häm-Eisen macht bei gemischter Kost 85% der Zufuhr aus.

Die Resorption von Eisen aus pflanzlichen Nahrungsmitteln wird durch Komplexbildung mit zahlreichen Inhaltsstoffen (Tannine, Oxalsäure, Phytat) gehemmt. Eisen-III-Verbindungen, wie sie in Pflanzenkost vorliegen (Nicht-Häm-Eisen), sind zudem schlecht löslich. Ihre Resorption kann maßgeblich durch Vitamin C erhöht werden (Reduktion zu 2-wertigem Eisen), auch andere organische Säuren (Zitronensäure, Milchsäure) verbessern die Eisenausnutzung. Ein Glas Orangensaft (70 mg Vitamin C) führt z. B. zu einer 2,5-fachen Erhöhung der Eisenaufnahme (Domke 2004). Eisenreiche pflanzliche Lebensmittel sind Vollkornprodukte (Hirse) und Hülsenfrüchte sowie einige Gemüsesorten. Gleichzeitiger Verzehr von Milchprodukten, Kaffee oder schwarzem Tee hemmt jedoch die Eisenaufnahme.

Zahlreiche Medikamente und gleichzeitige hohe Zufuhr von Kalzium (auch in Milch), Magnesium, Zink, Kobalt, Kadmium, Kupfer und Mangan hemmen die Eisenaufnahme aus Supplementen. Daher empfiehlt sich ein zeitlicher Abstand von 2–3 h.

Eine übermäßige Eisenzufuhr soll vermieden werden. Akute Vergiftungen führen zu blutiger Magen-Darm-Entzündung, Leber- und Nierenversagen und eventuell zum Tod. Langfristig wird eine zu hohe Eisenversorgung wegen der oxidationsfördernden Wirkung des Eisens im Zusammenhang mit einem erhöhten Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen und Krebs (oxidativer Stress) diskutiert. Hier besteht weiterer Forschungsbedarf (Domke et al. 2004). Das Bundesinstitut für Risikobewertung empfiehlt daher, dass keinesfalls eine Selbstmedikation mit Eisenpräparaten erfolgen solle, sondern erst nach Untersuchung und unter Kontrolle eines Arztes sei eine gezielte Substitution angeraten.

Das Spurenelement Jod ist im Wesentlichen im Zusammenhang mit der Schilddrüse zu nennen, die für den Stoffwechsel im gesamten Organismus zuständig ist und den

Grundumsatz regelt. Der Vorrat im Körper wird bei guter Versorgung auf 10–20 mg geschätzt. Etwa 70–80% davon finden sich in der Schilddrüse. Hier ist Jod an der Herstellung des L-Thyroxin (T_4) beteiligt, das in der Leber dann durch ein selenabhängiges Enzym in die biologisch wirksame Form Trijodthyronin (T_3) umgebaut wird. Das Jod, das nicht für die Thyroxinsynthese benötigt wird, verlässt zu 90% über den Urin den Körper (Thomas 2005, S. 503).

Jod ist insgesamt für das Wachstum, die geistige Entwicklung, die Ausgeglichenheit und den inneren Antrieb mit verantwortlich. Beachtenswert ist, dass schwangere und stillende Frauen einen höheren Jodbedarf haben als andere Erwachsene. Jodmangel in der Schwangerschaft kann schwere Entwicklungsstörungen, insbesondere des Gehirns, beim ungeborenen Kind verursachen, die zu Fehlbildungen und geistiger Behinderung führen. Das Vollbild der kindlichen Schilddrüsenunterfunktion heißt Kretinismus. Bei Neugeborenen wird am 2.–5. Lebenstag eine Screening-Untersuchung zum Ausschluss einer Hypothyreose durchgeführt. Der Arbeitskreis Jodmangel empfiehlt zusätzlich zu jodiertem Speisesalz und Fischkonsum 1- bis 2-mal pro Woche eine **Substitution** von 100–150 µg täglich in **Schwangerschaft und Stillzeit** (gesamter Bedarf 230 bzw. 260 µg) (Arbeitskreis Jodmangel ohne Jahr).

Ein **Jodmangel** ist in Deutschland wie in vielen Ländern weltweit aufgrund der Jodarmut von Böden und Trinkwasser relativ häufig. Als Folge kann es zu Kropfbildung (Vergrößerung der Schilddrüse) und zu Schilddrüsenunterfunktion oder -überfunktion kommen. Zwei Maßnahmen wurden zur Verbesserung der Jodversorgung ergriffen:

- Jodierung von Speisesalz mit 20 µg Jod pro Gramm (Markteinführung 1976)
- Anreicherung von Tierfutter mit Jod, was indirekt den Jodgehalt in Milch, Fleisch und Eiern erhöht hat

Eine Überdosierung von Jod ist zu vermeiden. 500 µg gelten als sichere Obergrenze, um jodempfindliche Menschen (Allergie, Hyperthyreose) nicht zu gefährden (Domke et al. 2004).

Nur Meeresprodukte (**Fische, Muscheln etc.**) weisen einen natürlichen hohen Jodgehalt auf. Milch, Eier und Fleisch (jodhaltig durch entsprechende Tierfütterung), Wurst und Brot (hergestellt mit Jodsalz) sind weitere Jodquellen, darüber hinaus das in Haushalt, Kantinen und Restaurants verwendete **Jodsalz**.

Kupfer ist als Spurenelement Bestandteil der eisenhaltigen **Cytochrom-C-Oxidase** und zuständig für die **Elektronentransportkette in den Mitochondrien**, d.h. für die Energiegewinnung über die Bildung von ATP. Außerdem ist es essenziell für den Aufbau von Knochen und Bindegewebe. Hier steuert es die Vernetzung der Kollagenfasern. Des

Weiteren ist die kupferabhängige Superoxiddismutase (SOD) ein wichtiger Bestandteil des antioxidativen Zellschutzes. Kupfer ist auch an der Synthese des Hämoglobins sowie an der Pigmentierung von Haut und Haaren beteiligt. In Lebensmitteln kommt Kupfer in Fisch, Nüssen, Hülsenfrüchten, Vollkornprodukten, Kakao, Kaffee und Tee vor.

Auch Mangan ist als Spurenelement ein wesentlicher Bestandteil von antioxidativen Enzymen in der Zelle und hauptsächlich in den Mitochondrien lokalisiert. Als Kofaktor der Superoxiddismutase SOD schützt es die Membran der Mitochondrien vor der Zerstörung durch Superoxidradikale. Außerdem hilft es über die Pyruvatcarboxylase bei der Umwandlung von Pyruvat und CO_2 zu Oxalacetat, das je nach Bedarf als Energiespeicher verwendet oder im Zitratzyklus zur Energiegewinnung verstoffwechselt wird (► Abschn. 10.2). Darüber hinaus ist Mangan für die Bildung der Schilddrüsen- und Sexualhormone notwendig und wirkt bei der Verarbeitung von Cholesterin sowie bei der Insulinproduktion mit. Mangan ist eher in pflanzlichen Lebensmitteln zu finden, z. B. in Nüssen, Hülsenfrüchten, Haferflocken, Vollkornprodukten, Kakao, einigen Gemüsesorten und in Erdbeeren.

Das Spurenelement Selen ist in erster Linie ein wichtiges **Antioxidans**. Es sind einige selenabhängige Enzyme und Proteine (Selenoproteine) bekannt, die eine wesentliche Funktion beim Schutz gegen DNA- und zellschädigende oxidative Prozesse übernehmen. Selen ist in Form der Aminosäure Selenocystein Kofaktor bei der Bildung der Glutathionperoxidasen. Diese Enzyme spielen eine wichtige Rolle bei der Aufrechterhaltung der Redoxpotenziale der Zellen und bei der Entgiftung zelltoxischer Sauerstoffverbindungen (Gröber 2000, S. 104). Selenhaltige Enzyme (Glutathionperoxidasen, Tetraiodthyronin-Dejodinasen) spielen im Schilddrüsenstoffwechsel eine wesentliche Rolle.

Aufgrund der verminderten Aktivität der Glutathionperoxidase begünstigt Selenmangel auch das Auftreten von Autoimmunerkrankungen der Schilddrüse (Thyreoiditis Hashimoto, Basedow-Erkrankung), Selenzufuhr kann die Symptomatik bessern (Drutel et al. 2013). Selen scheint die Funktion von Vitamin E beim Schutz gegenüber der Lipidperoxidation zu unterstützen.

Eine ausreichende Versorgung mit Selen soll das Risiko von Krebs und auch von Arteriosklerose vermindern. Beobachtungsstudien legen diesen Schluss nahe, eine Metaanalyse von großen Interventionsstudien mit fast 20.000 gesunden Teilnehmern konnte allerdings für kardiovaskuläre Erkrankungen keine Risikoreduktion durch Selengaben nachweisen (Rees et al. 2013). In Bezug auf Krebserkrankungen lassen sich ebenfalls keine eindeutigen Aussagen aus Interventionsstudien ableiten. Offensichtlich

nützt eine Seleneinnahme nur, wenn vorher die Versorgung nicht optimal war (Rayman 2012).

Je nach Bodenbeschaffenheit unterscheidet sich der Selengehalt und damit ist auch die Versorgung mit Selen regional unterschiedlich. In Deutschland wird die empfohlene Zufuhr von 30–70 µg nur knapp erreicht (DGE 2011b). Bei einer eventuellen Supplementation sollte beachtet werden, dass Selen toxisch ist. Als obere Grenze für eine Zufuhr in Nahrungsergänzungsmitteln empfiehlt das Bundesinstitut für Risikobewertung 30 µg (Domke et al. 2004), als oberster Grenzwert für die Gesamtzufuhr aus Lebensmitteln und Supplementen gelten 300 µg (EFSA 2006). Symptome einer Vergiftung mit Selen sind Haarausfall, Nagelveränderungen, Magen-Darm-Beschwerden und Reizbarkeit. Charakteristisch ist ein Geruch nach Knoblauch.

Selenhaltige Lebensmittel sind Innereien, Fisch, Nüsse, Fleisch, Vollkorngetreide, Eier und Linsen. Die reichste Quelle für Selen sind Paranüsse aus den südamerikanischen Regenwäldern, schon 1 Nuss (à 4 g) enthält durchschnittlich eine Menge von 78 µg (Redaktion NutritionData.com ohne Jahr), was mehr als der empfohlenen Tageszufuhrmenge entspricht (30–70 µg). Von täglichem Konsum muss allerdings abgeraten werden, weil auch der Gehalt an giftigem Barium und radioaktivem Radium hoch ist (BFS 2012). In Nahrungsergänzungsmitteln ist häufig organisch gebundenes Selen in Form von Selenhefe enthalten.

Silizium übernimmt als Spurenelement Aufgaben im Bindegewebe. Es ist beteiligt beim Aufbau von Zähnen, Knorpel, Knochen, also den Strukturen, die bei der Bewegung beansprucht werden, und es kräftigt den Zahnschmelz und die Fingernägel (lat. *silex*, harter Stein, Kieselstein, Feuerstein).

Siliziumhaltige Lebensmittel sind Kartoffeln, Getreidesorten wie Hirse, Gerste und Hafer, Erdnüsse, Bier und Wein. Als Nahrungsergänzungsmittel wird es in Form von Kieselerde (Siliziumdioxid) angeboten. Es gibt keine allgemein gültigen Zufuhrempfehlungen. Gröber (2006) empfiehlt 20–50 mg pro Tag bei Bindegewebsschwäche, Altershaut oder brüchigen Nägeln.

Das Spurenelement Zink ist als Kofaktor an über 300 Enzymreaktionen beteiligt. Es hat aufgrund seiner chemischen Eigenschaften eine hohe Affinität zu Aminosäuren bzw. Proteinen. Deshalb hat es entscheidenden Einfluss auf die Bildung unserer körpereigenen Eiweiße. Es unterstützt den Aufbau unseres Immunsystems und ist beteiligt an der Bildung von Haut, Haaren und Fingernägeln sowie der Funktion der Sinnesorgane. Außerdem regelt es den Testosteronspiegel und damit die Spermienbildung. Es hat damit wesentlichen Einfluss auf die sexuelle Aktivität des Mannes.

Die Zinkkonzentration im Blut beträgt weniger als 1% des Zinkvorkommens im Körper und ist zahlreichen Ein-

flussgrößen ausgesetzt: Geschlecht, Alter, Tagesrhythmik, Nahrungsaufnahme, Protein- und Hormonstatus. Wegen der geringen Menge im Blut und den reichlichen Reserven in den Knochen und der Muskulatur bleibt ein Zinkmangel lange Zeit unerkannt (Thomas 2005, S. 501). Symptome von Zinkmangel können Haarausfall und Abwehrschwäche sein.

Ein erhöhter Zinkbedarf besteht z. B. bei Alkoholikern, Schwangeren, Stillenden, Sportlern (Schweißverluste), Verbrennungsoptionen und Frischoperierten. Bei vegetarischer Ernährung sowie einseitiger Ernährung reicht die Versorgung oft nicht aus. Nahrungsquellen für Zink sind im Wesentlichen tierische Lebensmittel wie rotes Muskelfleisch, Meeresfrüchte und Käse, daneben auch Hülsenfrüchte und Nüsse. Phytate in Vollkorngetreide vermindern die Zinkresorption.

14.2.3 Sekundäre Pflanzenstoffe

Sekundäre Pflanzenstoffe, gelegentlich auch Phytamine genannt, sind bioaktive Substanzen, deren Bedeutung für die Gesundheit immer deutlicher wird. Allerdings werden sie nicht zu den essenziellen Nährstoffen gezählt. Ihre genaue Anzahl ist nicht bekannt, ständig werden neue entdeckt. Es sind auf jeden Fall mehrere 10.000, möglicherweise sogar bereits über 100.000, wobei ca. 5000–10.000 in Nahrungsmitteln vorkommen (Watzl 2008, S. 486 f).

Zu den sekundären Pflanzenstoffen gehört eine Vielzahl unterschiedlicher Substanzen, die sich aus der Auseinandersetzung zwischen Pflanze und Umwelt entwickelt haben.

Funktionen sekundärer Pflanzenstoffe für die Pflanze

- Sie geben Pflanzen ihre Farbe und ihren Duft, mit denen sie bestäubende Insekten oder samenverbreitende Fruchtfresser anlocken
- Dienen als Abwehrstoffe gegen Fraßfeinde oder Bakterien
- Schützen vor der zerstörerischen Kraft von UV-Strahlen
- Dienen als Wachstumsregulatoren
- Sorgen für mechanische Festigung

Einige dieser Stoffe sind Gifte, die die entsprechenden Pflanzen ungenießbar machen. In entsprechender Dosierung gegeben, sind etliche wertvolle Medikamente.



Wichtig

Durch Verzehr von essbaren Pflanzen kann sich auch der menschliche Organismus viele der genannten Funktionen zunutze machen.

Betacarotine

- antikanzerogen
- antimikrobiell
- cholesterinsenkend
- stärken die Abwehrkräfte

**Sulfide**

- antikanzerogen
- antimikrobiell
- antioxidativ
- entzündungshemmend
- blutdruckregulierend
- cholesterinsenkend

**Flavonoide**

- antikanzerogen
- antimikrobiell
- antioxidativ
- entzündungshemmend
- blutdruckregulierend
- cholesterinsenkend

**Glucosinolate**

- antikanzerogen
- antimikrobiell
- cholesterinsenkend



■ **Abb. 14.7** Sekundäre Pflanzenstoffe und ihre Wirkungen auf die Gesundheit. (© Servicebüro 5 am Tag e.V., mit freundl. Genehmigung)

Studienergebnisse der letzten Jahre bestärken immer mehr die Einschätzung, dass sekundäre Pflanzenstoffe bzw. pflanzliche Lebensmittel das Risiko für die Entstehung verschiedener Krankheiten senken können (DGE 2010).

Gesundheitseffekte sekundärer Pflanzenstoffe

- Sie schützen möglicherweise vor Krebs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen
- Wirken regulierend auf den Blutdruck
- Hemmen Entzündungen
- Wirken antibakteriell

Als potenzielle Wirkmechanismen für die Krebshemmung werden antigenotoxische (genotoxisch = DNA-schädigend), antioxidative und immunmodulatorische Wirkungen der sekundären Pflanzenstoffe diskutiert.

Enthalten sind sekundäre Pflanzenstoffe vorwiegend in den äußeren Blättern und Schalen von Obst und Gemüse (wenn möglich Obst mit Schale essen!), in Hülsenfrüchten, Nüssen, Vollkornprodukten. Auch in fermentierten Lebensmitteln wie z. B. Sauerkraut sind sie zu finden.

Pflanzenfarbstoffe spielen eine besonders wichtige Rolle. Je intensiver Früchte oder Gemüsesorten gefärbt sind, desto ausgeprägter ist ihre gesundheitsschützende Wirkung. Die Anthocyane der Heidelbeere haben beispielsweise eine besonders ausgeprägte antioxidative Wirkung. Die gleichzeitige Funktion von Farbstoffen als Wirksubstanzen gab Anlass für das Motto: »Nimm 5 am Tag in den Farben des Regenbogens« mit dem Ziel einer möglichst vielfältigen Versorgung mit sekundären Pflanzenstoffen. ■ **Abb. 14.7** zeigt pflanzliche Lebensmittel in

Farbgruppen, denen entsprechende Wirkstoffe zugeordnet wurden. ■ **Tab. 14.13** gibt einen Überblick über die möglichen Wirkungen: Während die meisten sekundären Pflanzenstoffe in essbaren Frucht- und Gemüsesorten gesundheitsfördernde Wirkungen haben, sind auch einige toxische und antinutritive Substanzen bekannt. Diese dienen der Pflanze zur Abwehr von Fraßfeinden.

Eine toxische Substanz ist z. B. das Nachtschattengift **Solanin**, das sich in der Schale von Kartoffeln findet und sich besonders in grün gewordenen Stellen und Keimen anreichert. Es kann, wenn nicht schon der bittere Geschmack den Konsum verhindert, zu Kopfschmerz, Magen-Darm-Störungen bis zu Atemlähmung und Tod führen. Durch Schälen wird der Solaningehalt massiv gesenkt. Die giftige **Blausäure** in 5 bis 10 bitteren Mandeln kann ausreichen, um ein Kind umzubringen.

➤ Wichtig

Antinutritive Stoffe behindern die Aufnahme anderer Nährstoffe.

Als Beispiel für antinutritive Stoffe dient die in Vollkorngetreide und Hülsenfrüchten, insbesondere Soja, vorkommende **Phytinsäure**. Sie bildet mit zweiwertigen Kationen wie Kalzium, Magnesium, Eisen und Zink unlösliche Komplexe und schränkt so deren Resorption ein. Ebenso kann sie auch die Eiweißverwertung verschlechtern. Eine positive Auswirkung ist ein verzögerter Abbau von Stärke und damit ein verlangsamter Blutzuckeranstieg. Durch Erhitzen und spezielle Teigführung bei Vollkornbackwaren kann der Phytinsäuregehalt reduziert werden (Franz 2002). Gerbstoffe (Tannine in Rotwein, Tee, Walnüssen) und Oxalsäure (Spinat, Kakao) können ebenfalls Kationen

■ Tab. 14.13 Sekundäre Pflanzenstoffe – Bedeutung für die Pflanze und die menschliche Gesundheit (nach DGE 2010)

Sekundäre Pflanzenstoffe	Quelle (Beispiele)	Mögliche Bedeutung für die Pflanze	Gesundheitseffekte
Flavonoide	Äpfel, Birne, Traube, Beeren, Zwiebel, Grünkohl, Aubergine, Soja, schwarzer und grüner Tee	Farbstoffe (rot, hellgelb, blau, violett)	Senken Risiko für bestimmte Krebserkrankungen Senken Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten Antioxidativ Antithrombotisch Blutdrucksenkend Entzündungshemmend Beeinflussen Immunsystem Antibiotisch Neurologische Wirkungen (positiver Einfluss auf kognitive Fähigkeiten)
Phenolsäuren	Kaffee, Tee, Vollkornprodukte, Weißwein, Nüsse	Abwehrstoffe gegen Fraßfeinde	Senken Risiko für bestimmte Krebserkrankungen Antioxidativ
Carotinoide	Karotte, Tomate, Paprika, grünes Gemüse (Spinat, Grünkohl), Grapefruit, Aprikose, Melone, Kürbis	Farbstoff (gelb, orange, rot)	Senken Risiko für bestimmte Krebserkrankungen Senken Risiko für Herz-Kreislauf-Krankheiten Antioxidativ Beeinflussen Immunsystem Senken Risiko für altersbedingte Augenerkrankungen Entzündungshemmend
Phytoöstrogene	Getreide und Hülsenfrüchte (z. B. Sojabohne), Leinsamen	Pflanzenhormone, ähnlicher Aufbau wie weibliches Sexualhormon Östrogen	Senken Risiko für bestimmte Krebserkrankungen Antioxidativ Beeinflussen Immunsystem Protektive Wirkung auf Knochenstoffwechsel
Glucosinolate	Alle Kohlsorten, Rettich, Radieschen, Kresse, Senf	Abwehrstoffe gegen Fraßfeinde oder Pathogene	Senken das Risiko für bestimmte Krebserkrankungen Beeinflussen Immunsystem Antibiotisch Antioxidativ
Sulfide	Zwiebel, Lauch, Knoblauch, Schnittlauch	Duft- und Aromastoffe	Senken das Risiko für bestimmte Krebserkrankungen Antibiotisch Antioxidativ Antithrombotisch Blutdrucksenkend Cholesterinsenkend
Monoterpene	Minze, Zitrone, Kümmel	Duft- und Aromastoffe	Cholesterinsenkend Antikarzinogen (senken Krebsrisiko im Tierversuch)
Saponine	Hülsenfrüchte, Soja, Spargel, Hafer, Lakritze	Bitterstoffe (in wässriger Lösung schaumbildende Wirkung)	Antikarzinogen (senken Risiko für bestimmte Krebserkrankungen im Tierversuch) Antibiotisch (antifungal)
Phytosterine	Nüsse und Pflanzensamen (Sonnenblumenkerne, Sesam, Soja), Hülsenfrüchte	Membranbaustoff, Pflanzenhormon (ähnlicher Aufbau wie Cholesterin)	Cholesterinsenkend

komplex binden und die Mineralstoffresorption erschweren.

14.2.4 Wasser

Menschen bestehen zum größten Anteil aus Wasser. Bei der Geburt sind es ca. 75%. Im Alter kann der Anteil auf ca. 50% sinken. Erwachsene verfügen je nach Geschlecht

(Frauen geringer als Männer) und Konstitution (Schwergewichtige geringer als Schlanke) über ca. 60% Wasseranteil. Mittels einer Körpergewebeanalyse lässt sich leicht der genaue Anteil ermitteln (► Abschn. 4.4). Der Wasserhaushalt (► Abschn. 3.3.2) wird über drei wichtige Hormone geregelt:

- **ADH (antidiuretisches Hormon)**, produziert vom Hypothalamus, sorgt für eine erhöhte Wasserrückgewinnung in den Organismus.

- In gleicher Richtung wirkt das **Aldosteron**, das die Resorption von Salz und Flüssigkeit in den Nieren steigert.
- Als Gegenspieler dazu steht **ANP (atriales natriuretisches Peptid)** (► Abschn. 4.3.1), das in den Vorhöfen des Herzmuskels mit der Funktion entsteht, die Natriumausscheidung und damit die Harnbildung zu fördern (Menche 2007, S. 339; Grönemeyer 2008, S. 157).

Wasser dient dem Körper als Lösungs- und Transportmittel und zur Wärmeregulation (Schwitzen). Wenn Trockenheit im Mund zu spüren ist, der Urin sich dunkel färbt, die Haut an Spannkraft verliert, spätestens dann macht sich bemerkbar, dass keine ausgeglichene Wasserbilanz mehr vorliegt. Jetzt können wichtige Körper- und Geistesfunktionen eingeschränkt werden. Soweit sollte es nicht kommen.

➤ Wichtig

Am besten trinkt man schon, bevor der Durst kommt. 2 l sollten es pro Tag sein (Faustregel).

Eine konkretere Empfehlung ist, 30 ml Flüssigkeit pro kg KG täglich aufzunehmen. An heißen Sommertagen und bei körperlich anstrengenden Tätigkeiten in Beruf, Alltag und Sport darf die Menge entsprechend höher liegen. Ein größerer Erfolg bei der Gewichtsreduktion kann durch Trinken von ausreichend Wasser erreicht werden (mindestens 2 l täglich, zimmerwarm, vor den Mahlzeiten getrunken). Der thermogenetische (wärmeerzeugende) Effekt des Wassers sorgt für eine zusätzliche Erhöhung des Energieumsatzes um ca. 100 kcal pro Tag (Boschmann 2013).

Dabei gilt es, gut darauf zu achten, was getrunken wird. Es kann problemlos Leitungswasser sein, es ist in Deutschland das bestüberwachte Lebensmittel. Tafel-, Heil- und Quellwässer oder auch hochwertige Mineralwässer (Magnesiumgehalt > 50 mg/l) kommen in Frage. Ab und zu darf es ein Glas frisch gepresster Saft sein (auch aus Konzentrat von 100% Fruchtsaft), zur Kalorienbegrenzung auch mit Wasser gemischt als Schorle. Ungesüßter Tee (grüner, Kräuter- und Früchtetee) ist ebenfalls ein guter Durstlöcher. Sogar bei mäßigem Kaffeekonsum (bis zu 4 Tassen) ist – im Unterschied zu früheren Empfehlungen – heutzutage nachgewiesenermaßen keine Zurückhaltung mehr erforderlich (DGE 2004b). Das Gleiche gilt für schwarzen Tee.

Kalorienreiche Getränke sollten die Ausnahme bleiben. Häufig werden die enthaltenen Kalorien zusätzlich über den Bedarf hinaus aufgenommen, denn der Körper beantwortet flüssig angebotene Kalorien ohne entsprechendes Substrat nicht mit einem adäquaten Sättigungsgefühl. Dies gilt für Softdrinks (Limonaden- und Cola-Getränke) und Fruchtsaftgetränke mit ihrem hohen Zuckergehalt ebenso

■ **Tab. 14.14** Alkoholgehalt von Getränken (Volumen-Prozent und absolute Alkoholmenge; nach Singer u. Theyssen 2001)

Getränk	Alkoholkonzentration (% [Vol/Vol])	Alkoholmenge (g/100 ml)
Alkoholfreies Bier	bis 0,5	0,39
Pils (Eichbaum Pilsener)	4,9	3,9
Weißwein	11,0	8,7
Champagner	12,0	9,5
Martini bianco	15,0	11,8
Scotch Whisky	43,0	33,9
Cognac	40,0	31,6

wie für alkoholische Getränke. Die kalorienfreien Varianten mit Süßstoff können auch nur begrenzt empfohlen werden. Milch ist als flüssige Nahrung anzusehen, weniger als ein Getränk, in 1 l Vollmilch sind 35 g Fett, 33 g Eiweiß und immerhin 640 kcal enthalten.

Außer durch Trinken werden noch ca. 600 ml Wasser täglich aus fester Nahrung gewonnen. Weitere 400 ml entstehen als Oxidationswasser bei der Verstoffwechselung der Nahrung. Am meisten Flüssigkeit geht täglich über den Harn verloren (ca. 1,5 l, abhängig von der Trinkmenge). Über den Stuhl sind es ca. 200 ml. Weitere ca. 800 ml verliert man noch durch Verdunstung und Schwitzen sowie über die Atemluft (Menche 2007, S. 39).

14.2.5 Alkohol

Alkohol ist in vielen Kulturen eine akzeptierte Droge, die mit Genuss und Entspannung assoziiert wird. Bekannt ist der Rotweingenuss als Teil des mediterranen Lebensstils. Da größere Mengen Alkohol zahlreiche negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben, beschränken die D-A-CH-Referenzwerte die **akzeptable Menge für gesunde Erwachsene**.

➤ Wichtig

10 g Alkohol für Frauen und 20 g für Männer pro Tag (DGE 2009b).

Etwa 10 g Alkohol stecken in einem alkoholischen Getränk (»Drink«), z. B. 0,25 l Bier, 0,1 l Wein oder 4 cl Schnaps. Zur genauen Berechnung der Alkoholmenge gängiger Getränkemengen eignet sich ■ Tab. 14.14.

Die Umrechnung von Volumen-Prozent Alkohol in Alkoholmasse (g) erfolgt durch Multiplikation mit der Dichte (0,789 g/cm³). Genau berechnet enthält demnach

ein Glas (250 ml) Bier 9,75 g Alkohol, ein Glas Weißwein (125 ml) 10,9 g und ein Glas Cognac (40 ml) 12,6 g Alkohol.

Einem moderaten Konsum von 10 bis maximal 30 g reinem Alkohol pro Tag wird bei der Prävention von kardiovaskulären Erkrankungen eine positive Wirkung zugeschrieben. Das Risiko für eine koronare Herzkrankheit ist bei regelmäßigem geringem Konsum kleiner als bei Abstinenzlern. Bei höherer Zufuhr erhöht es sich dann wieder. Als Wirkprinzip werden positive Wirkungen auf das Lipidprofil und die Gerinnungsaktivität angesehen, darunter eine Erhöhung des schützenden HDL-Cholesterins und eine Senkung von Fibrinogen, Lipoprotein(a) und LDL-Cholesterin (► Abschn. 4.3) Hinzu kommt speziell bei Rotwein noch die gefäßschützende Wirkung der Polyphenole (sekundäre Pflanzenstoffe, u. a. Resveratrol), die die entzündliche Aktivität vermindern, antioxidativ wirken und den Blutdruck senken (Singer u. Theysen 2001).

Was sich im kardiovaskulären Bereich positiv auswirkt, gilt nicht im Zusammenhang mit Krebserkrankungen (DGE 2011c). Eine Korrelation zwischen der Höhe des Alkoholkonsums besteht bei Krebs von Mundhöhle, Rachen, Speiseröhre, Dickdarm und Enddarm sowie des Kehlkopfs, der Leber und der weiblichen Brust. Maßgeblich beteiligt sind Alkoholabbauprodukte (u. a. Acetaldehyd), die die DNA schädigen. Jeder zusätzlich konsumierte Drink (10 g Alkohol) erhöht das Risiko für diese Krebsarten um 5–30 %. Gleichzeitiger Tabakkonsum trägt zusätzlich zum Tumorrisiko im Kopf- und Halsbereich bei.

► Wichtig

Bei Alkohol gilt: Es gibt keine Schwellendosis, jeder Tropfen zählt.

Gegen Alkoholkonsum spricht weiterhin, dass er die Leber (Fettleber, Leberzirrhose) und zahlreiche andere Organe (Speiseröhre, Magen, Bauchspeicheldrüse) schädigt, ebenso Gehirn und Nerven (Vitamin-B1-Mangel ► Abschn. 14.2.2). In der Schwangerschaft sollte Alkohol gemieden werden, denn Alkoholkonsum ist die häufigste äußere Ursache für Fehlbildungen und geistige Behinderung des Kinds (Alkoholembryopathie). Von großer Bedeutung ist das hohe Suchtpotenzial von Alkohol mit weitreichenden psychosozialen Folgen.

Mit **7 kcal/g** ist Alkohol ähnlich energiereich wie Fett (9 kcal/g) und liefert bei manchen Menschen einen erheblichen Teil an der täglichen Kalorienzufuhr. Er blockiert den Fettabbau in der Leber, was einer erwünschten Gewichtsreduktion entgegen steht. Eine Auswertung der EPIC-Studie mit 250.000 Teilnehmern (Bergmann et al. 2011) zeigt einen Zusammenhang zwischen einer Häufung von Übergewicht und langjährigem erhöhten Konsum (mehr als 2 Drinks pro Tag). Dabei nahmen Männer am gesamten Körper zu, bei Frauen veränderte sich nachhaltig

die Körperform – ihr Taillenumfang nahm zu. Das Bauchfett (viszerales Fett) produziert Entzündungsstoffe, die in besonderem Maß das Risiko für Herz-Kreislauf- und Krebserkrankungen erhöhen. Bei Biertrinkern war die Taille dicker als bei Weintrinkern (► Abschn. 3.5.1).

Für Männer dürfte von Interesse sein, dass Alkohol den Abbau von Östrogenen blockiert, die es auch im männlichen Körper gibt. Bei regelmäßig erhöhtem Alkoholkonsum können diese eine Vergrößerung der Brustdrüse (Gynäkomastie) verursachen, und es kann zu Erektionsstörungen kommen. Jeder Mensch hat ein individuell unterschiedliches Risiko für alkoholbezogene Störungen, die u. a. abhängig von seinen genetischen Voraussetzungen sind.

Aus medizinischer Sicht hat Alkoholkonsum eher negative Auswirkungen. Ein gepflegtes Glas Wein, Bier oder Whisky – optimal im Zusammenhang mit einer Mahlzeit genossen – trägt dennoch für viele Menschen wesentlich zur Lebensqualität bei.

Zusammenfassung

Der menschliche Körper wird aus den Substanzen aufgebaut, die die Natur in Form von Nahrungsmitteln zur Verfügung stellt. Das richtige Maß an Energie sowie eine optimale Auswahl und Kombination von Nährstoffen sind die Grundvoraussetzungen für körperliche und geistige Leistungsfähigkeit, für Gesundheit und Wohlbefinden. Übergewicht und seinen Folgeerkrankungen kann vorgebeugt werden durch vollwertige, wenig bearbeitete Lebensmittel vorrangig pflanzlichen Ursprungs. Besonderes Augenmerk sollte auf die Auswirkung von Speisen auf den Blutzucker gelegt werden, auf Fettgehalt und -qualität sowie auf die Nährstoffdichte. Vor allem eine Einschränkung von gezuckerten Getränken wirkt der Bildung des herzgefährdenden Bauchfetts entgegen. Ein optimiertes Verhältnis der essenziellen Fettsäuren untereinander kann die Entzündungsaktivität mindern. Eine hohe Dichte an Vitaminen, Mineralstoffen und bioaktiven sekundären Pflanzenstoffen bei gleichzeitig geringem Kaloriengehalt bieten Gemüse und Früchte.

Literatur

- AkdÄ Arzneimittelkommission der deutschen Ärzteschaft (2010) Kalziumsupplementierung und kardiovaskuläres Risiko. Berlin. Online abrufbar unter: <http://www.akdae.de/Stellungnahmen/Weitere/20100924.pdf> (Zugriff 05.10.2013)
- Arbeitskreis Jodmangel (o. J.) <http://jodmangel.de/ausreichende-jodversorgung/empfehlungen/> (Zugriff 01.11.2013)
- Bässler KH, Grün E, Loew D, Pietrzik K (2002) Vitamin-Lexikon für Ärzte, Apotheker und Ernährungswissenschaftler. Urban & Fischer, München

- Bechthold A, Albrecht V, Leschik-Bonnet E, Hesecker H (2012) DGE Stellungnahme Vitaminversorgung, Beurteilung der Vitaminversorgung in Deutschland, Teil 2: Kritische Vitamine und Vitaminzufuhr in besonderen Lebenssituationen. *Ernährungs Umschau* 59: 396–401
- Bergmann MM, Schütze M, Steffen H et al. (2011) The association of lifetime alcohol use with measures of abdominal and general adiposity in a large-scale European cohort. *65(10)* 1079–1087. doi:10.1038/ejcn.2011.70
- Biesalski HK (2004) Fette. In: Biesalski HK, Fürst P, Kasper H et al. (Hrsg.) *Ernährungsmedizin*. Thieme, Stuttgart, S. 74–90
- Bjelakovic G, Nikolova D, Gluud LL, Simonetti RG, Gluud C (2012) Antioxidant supplements for prevention of mortality in healthy participants and patients with various diseases. *Cochrane Database Syst Rev* (3):CD007176. DOI: 10.1002/14651858.CD007176.pub2
- Boschmann M (2013) Wasser trinken und Übergewicht – Überflüssige Pfunde einfach wegschütten? *Nutrition News* 10(3) 5–6. Online abrufbar unter: http://www.medicom.cc/medicom-de/Livebook/2013/e-paper_NuNe313-D/index.html (Zugriff 05.10.2013)
- Boyer J, Liu R H (2004) Apple phytochemicals and their health benefits. *Nutrition J* 3: 5
- Brand-Miller J (2011) <http://www.glycemicindex.com/about.php>. (Zugriff 05.05.2014)
- Bundesamt für Gesundheit BAG (2009) Populärfassung: Kohlenhydrate im Fokus: Ernährungs- und gesundheitliche Aspekte interessierte Publikum. Bern. Online abrufbar unter: <http://www.blv.admin.ch/themen/04679/05065/05091/index.html?lang=de> (Zugriff 02.01.2014)
- Bundesamt für Gesundheit (BAG) (2011) Proteine in der Ernährung des Menschen: Empfehlungen. Online abrufbar unter: http://www.bag.admin.ch/themen/ernaehrung_bewegung/05207/07326/ (Zugriff 01.06.2013)
- Bundesamt für Gesundheit (BAG) (2012) Fette in der Ernährung, Aktualisierte Empfehlungen der Eidgenössischen Ernährungskommission, Supplementum zum Expertenbericht »Fette in der Ernährung« mit den aktualisierten Empfehlungen. Zürich. Online abrufbar unter: <http://www.blv.admin.ch/themen/04679/05065/05086/index.html?lang=de> (Zugriff 02.01.2014)
- Bundesamt für Strahlenschutz (BFS) (2012) Paranüsse – Gehalt natürlicher Radionuklide und potentielle Strahlenexposition. Online abrufbar unter http://www.bfs.de/de/ion/anthropg/lebensmittel/radionuklid_nahrung.html (Zugriff 01.11.2013)
- Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA) (2011) Sitzlust statt Sitzfrust – Sitzen bei der Arbeit und anderswo. Berlin; (Zugriff 02.01.2013)
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2008) BfR empfiehlt Maßnahmen zur Verringerung des Salzgehaltes in Lebensmitteln. Stellungnahme Nr. 035/2009 vom 30.07.2008. Online abrufbar unter: http://www.bfr.bund.de/cm/343/bfr_empfiehl_t_massnahmen_zur_verringderung_des_salzgehaltes_in_lebensmitteln.pdf (Zugriff 07.08.2013)
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2009) Erhöhte Aufnahme von Fruktose ist für Diabetiker nicht empfehlenswert. Stellungnahme Nr. 041/2009 des BfR vom 06.03.2009. Online abrufbar unter: http://www.bfr.bund.de/cm/343/erhoehte_aufnahme_von_fruktose_ist_fuer_diabetiker_nicht_empfehlenswert.pdf (Zugriff 05.05.2013)
- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) (2013) Betacarotin in Nahrungsergänzungsmitteln. Stellungnahme 019/2005 des BfR vom 08.03.2005, ergänzt am 21.01.2013. Online abrufbar unter: http://www.bfr.bund.de/cm/343/beta_carotin_in_nahrungsergaenzungsmitteln.pdf (Zugriff 07.05.2013)
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2012) http://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Ernaehrung/Rueckstaende/Trans-Fettsauren/TFA_Rahmenleitlinien.html (Zugriff 05.09.2013)
- Burgerstein L (2002) Burgersteins Handbuch der Nährstoffe. In: Zimmermann M, Schurgast H, Burgerstein UP (Hrsg.) Haug, Stuttgart, S. 19
- Choi HK, Curhan G (2008) Soft drinks, fructose consumption, and the risk of gout in men: prospective cohort study. *BMJ* 336: 309
- Cordain L, Watkins BA, Florant GL et al. (2002) Fatty acid analysis of wild ruminant tissues: evolutionary implications for reducing diet-related chronic disease. *Eur J Clin Nutr* 56: 181–191
- D-A-CH Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung (2012) Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt a. d. Weinstraße
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2012) Mehr Ballaststoffe bitte! Ballaststoffzufuhr lässt sich im Alltag steigern. DGE aktuell 06/2012. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/pdf/presse/2012/DGE-Pressemeldung-aktuell-06-2012-Mehr-Ballaststoffe.pdf> (Zugriff 10.10.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2011a) DGE-Position: Richtwerte für die Energiezufuhr aus Kohlenhydraten und Fett. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/pdf/ws/DGE-Positionspapier-Richtwerte-Energiezufuhr-KH-und-Fett.pdf> (Zugriff 07.08.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2011b) Selen und Herz-Kreislauf-Krankheiten. DGEInfo 11/2011. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1188> (Zugriff 06.05.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2011c) Mit jedem Glas Alkohol steigt das Krebsrisiko. Presseinformation 02/2011 »Aus der Wissenschaft«, Viele Krebsfälle sind durch weniger Alkohol vermeidbar. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1185> (Zugriff 06.11.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2010) Sekundäre Pflanzenstoffe und ihre Wirkung auf die Gesundheit. Aktualisierung anhand des Ernährungsberichts 2008, DGEInfo 01/2010 – Forschung, Klinik, Praxis. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1019> (Zugriff 05.05.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2009a) BfR empfiehlt Maßnahmen zur Verringerung des Salzgehaltes in Lebensmitteln. DGEInfo 11/2009 – Essen und Trinken. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1007> (Zugriff 10.10.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2009b) D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Aktueller korrigierter Nachdruck – was ist neu? DGEInfo 02/2009 – Beratungspraxis. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=print&sid=920> (Zugriff 28.09.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2007) Zur Anwendung von »Guideline Daily Amounts« (GDA) in der freiwilligen Kennzeichnung von verarbeiteten Lebensmitteln. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/pdf/ws/DGE-Stellungnahme-GDA.pdf> (Zugriff 30.10.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2006) Evidenzbasierte Leitlinie: Fettkonsum und Prävention ausgewählter ernährungsmitbedingter Krankheiten. Version 2006, Bonn. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/pdf/ws/II-fett/DGE-Leitlinie-Fett-11-2006.pdf>
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2004a) DGE-Ernährungskreis – Lebensmittelmengen. DGEInfo 05/2004 – Beratungspraxis.

- Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=415> (Zugriff 12.10.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2004b) Bedeutung von Kaffee für den Flüssigkeitshaushalt. DGEInfo 04/2004 – Beratungspraxis. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=412> (Zugriff 10.10.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2003) Mehr bewegen und die Fettaufnahme reduzieren – der beste Weg, sein Gewicht zu halten! DGE-special 02/2003. <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=211>. (Zugriff 04.06.2013)
- Domke A, Großklaus R, Niemann B et al. (2004) Verwendung von Mineralstoffen in Lebensmitteln. Toxikologische und ernährungsphysiologische Aspekte, Teil II. Bundesinstitut für Risikobewertung, BfR-Wissenschaft 04/2004; Berlin
- Drutel A, Archambeaud F, Caron P (2013) Selenium and the thyroid gland: more good news for clinicians. Clin Endocrinol 78: 155–164. doi:10.1111/cen.12066
- European Food Safety Authority EFSA (2006) Tolerable upper intake levels for vitamins and minerals. Online abrufbar unter: <http://www.efsa.europa.eu/en/ndatopics/docs/ndatolerableuil.pdf> (Zugriff 01.08.2013)
- European Food Safety Authority EFSA (2010) Scientific Opinion on the safety of steviol glycosides for the proposed uses as a food additive. J 8(4) 1537, S. 84. doi:10.2903/j.efsa.2010.1537 (Zugriff 30.08.2013)
- Fagherazzi G, Vilier A, Sartorelli DS et al. (2013) Consumption of artificially and sugar-sweetened beverages and incident type 2 diabetes in the Etude Epidémiologique auprès des femmes de la mutuelle générale de l'éducation nationale – european prospective investigation into cancer and nutrition cohort. Am J Clin Nutr; doi: 10.3945/ajcn.112.050997
- Fernandez ML (2012) Rethinking dietary cholesterol. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 15(2) 117–121
- Feuerbach L (1971) Gesammelte Werke, Kleinere Schriften III, Bd. 10. Schuffenhauer W (Hrsg.) Akademie-Verlag, Berlin, S. 347–368
- Foodwatch Newsletter 20.11.2012. Online abrufbar unter: <http://www.foodwatch.org/de/informieren/kinderernaehrung/mehr-zum-thema/foodwatch-marktcheck/>. (Zugriff 01.12.2012)
- Foster-Powell K, Holt S HA, Brand-Miller JC (2002) International table of glycemic index and glycemic load values. Am J Clin Nutr 76: 5–56
- Franz W (2002) Entwarnung für Vollkorn. UGB-Forum 2: 108
- Fürst P (2004) Proteine. In: Biesalski HK, Fürst P, Kasper H et al. (Hrsg.) Ernährungsmedizin. Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. Thieme, Stuttgart, S. 91–110
- Gola U (2004) Ernährungsmedizin in der Praxis des niedergelassenen Arztes. In: Biesalski HK, Fürst P, Kasper H et al. (Hrsg.) Ernährungsmedizin. Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. Thieme, Stuttgart, S. 687–711
- Goodman GE, Thornquist MD, Balmes J et al. (2004) The Beta-Carotene and Retinol Efficacy Trial: incidence of lung cancer and cardiovascular disease mortality during 6-year follow-up after stopping beta-carotene and retinol supplements. J Natl Cancer Inst 96(23) 1743–1750
- Gröber U (2000) Orthomolekulare Medizin. Ein Leitfaden für Apotheker und Ärzte. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Gröber U (2006) Mikronährstoffe – Beratungsempfehlungen für die Praxis. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart, S. 71–72
- Grönemeyer D (2008) Grönemeyers neues Handbuch der Gesundheit. Rowohlt, Reinbek
- Härtel B, Graubau HJ, Schneider B (1993) Einfluss von Süßstoff-Lösungen auf die Insulinsekretion und den Blutglucosespiegel. Ernährungs-Umschau 40: 152–156
- Herrmann W, Obeid R (2011) <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21388339>
- Heseker H (2009) Fettzufuhr in Deutschland. Online abrufbar unter: http://dsg.uni-paderborn.de/fileadmin/evb/materialien/09_02_Fettzufuhr2009.pdf (Zugriff 10.08.2013)
- Hof C (1999) Lohmann Information 2:1–5. Online abrufbar unter: http://www.lohmann-information.com/content/l_i_2_99_artikel3.pdf (Zugriff 06.06.2013)
- IGeL-Helfer (ohne Jahr) http://www.allgemeinmedizin.uni-frankfurt.de/lit/igel_saure_helfer.pdf (Zugriff 28.09.2013)
- Institut für Ernährungsinformation (o. J. (a)) http://www.ernaehrung.de/tipps/allgemeine_infos/ernaehr10.php. (Zugriff 26.08.2013)
- Institut für Ernährungsinformation (o. J. (b)) <http://www.ernaehrung.de/lexikon/diabetes/g/Glykaemischer-Index.php>. (Zugriff 05.11.2013)
- Institut für Ernährungsinformation (o. J. (c)) <http://www.ernaehrung.de/tipps/sport/sportarten-spezifisch.php>. (Zugriff 28.08.2013)
- IPEV Institut für Prävention und Ernährung (2004) Nahrungsmitteltabelle. Modifiziert nach Remer T, Manz T (1995) und Remer et al. (2003) Online abrufbar unter: <http://www.saeurebasen-forum.de/pdf/IPEV-Nahrungsmitteltabelle.pdf> (Zugriff 15.10.2013)
- Jenkins DJ, Wolever TM, Taylor RH et al. (1981) Glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. Am J Clin Nutr 34: 362–366
- Keller M (2013) Vitamin B12. Online abrufbar unter: <http://vebu.de/gesundheitsnaehrstoffe/vitamin-b12> (Zugriff 10.12.2013)
- Kirchhoff E (2004) Vitamin- und Mineralstoffgehalt pflanzlicher Lebensmittel. In: Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.) Ernährungsbericht 2004. Bonn, S. 207–234
- Kissing S (2005) Ernährung und Knochengesundheit, Risiko Übersäuerung – der »Nettoeffekt« entscheidet. Naturarzt 7: 11–14
- Koletzko B, Lien E, Agostoni C et al. (2008) The roles of long-chain polyunsaturated fatty acids in pregnancy, lactation and infancy: review of current knowledge and consensus recommendations. J Perinat Med 36: 5–14
- Konner M, Eaton SB (2010) Paleolithic nutrition twenty-five years later. Nutr Clin Pract 25(6) 594–602
- Kris-Etherton PM, Taylor DS, Yu-Poth S et al. (2000) Polyunsaturated fatty acids in the food chain in the United States. Am J Clin Nutr 71 (suppl.) 179S–188S http://ajcn.nutrition.org/content/71/1/179S.abstract?ijkey=c117d0246954859dce8c47cce117cdcf7d7d14a1&keytype2=tf_ipsecsha-fn-1 (Zugriff 05.10.2013)
- Landesarbeitsgemeinschaft Jugendzahnspflege in Hessen (LAGH) und Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE), Sektion Hessen (2003) Zuckerliste. Online abrufbar unter: <http://www.machdoch.de/kurse/abnehmen-zuckerliste.pdf> (Zugriff 15.07.2013)
- Linseisen J, Bechthold A, Bischoff-Ferrari HA et al. (2011) Stellungnahme Vitamin D und Prävention ausgewählter chronischer Krankheiten. DGE (Hrsg.). Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/pdf/ws/DGE-Stellungnahme-VitD-111220.pdf> (Zugriff 10.08.2013)
- Ludwig D, Majzoub J, Al-Zahrani A et al. (1999) High glycemic index foods, overeating, and obesity. Pediatrics 103: E26
- Lustig RH (2012) What you need to know about sugar, one form of it may be toxic in high doses. Here's why. Time Ideas: Dec. 27, 2012. Online abrufbar unter: <http://ideas.time.com/2012/12/27/what-you-need-to-know-about-sugar/> (Zugriff 13.02.2013)
- MRI – Max-Rubner-Institut (2008) Nationale Verzehrstudie II. Ergebnisbericht, Teil 2. S. 243. Online abrufbar unter: http://www.was-es-se-ich.de/uploads/media/NVSII_Abschlussbericht_Teil_2.pdf (Zugriff 05.05.2013)

- Menche (2007) Biologie – Anatomie – Physiologie. Urban & Fischer, München
- Morlion BJ (2004) Wasser und Elektrolyte. In: Biesalski HK, Fürst P, Kasper H et al. (Hrsg.) Ernährungsmedizin. Thieme, nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. Stuttgart. S. 159–164
- Noack R (2004) Energiehaushalt. In: Biesalski HK, Fürst P, Kasper H et al. (Hrsg.) Ernährungsmedizin. Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. Thieme, Stuttgart. S. 28–41
- Novotny JA, Gebauer SK, Baer DJ (2012) Discrepancy between the Atwater factor predicted and empirically measured energy values of almonds in human diets. *Am J Clin Nutr* 96(2): 296–301; doi: 10.3945/ajcn.112.035782
- Nutrition Foundation of Italy (2013) <http://www.nutrition-foundation.it/eventi/Elenco-eventi.aspx>. (Zugriff 01.07.2013)
- Page K A, Chan O, Arora J et al. (2013) Effects of fructose vs glucose on regional cerebral blood flow in brain regions involved with appetite and reward pathways. *JAMA* 309(1): 63–70
- Rayman MP (2012) Selenium and human health. *Lancet* 379 (9822): 1256–1268. DOI: 10.1016/S0140-6736(11)61452-9
- Redaktion NutritionData.com (o. J.) <http://nutritiondata.self.com/facts/nut-and-seed-products/3091/2>. (Zugriff 03.11.2013)
- Rees K, Hartley L, Day C et al. (2013) Selenium supplementation for primary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database Syst Rev*. DOI:10.1002/14651858.CD009671.pub2
- Remer T, Manz F (1995) Potential renal acid load of foods and its influence on urine pH. *J Am Diet Assoc* 95(7): 791–7
- Ritz E, Hahn K, Ketteler M, Kuhlmann MK, Mann J (2012) Phosphate additives in food – a health risk. *Dtsch Arztebl Int* 109(4): 49–55. DOI: 10.3238/arztebl.2012.0049
- Rogers PJ, Carlyle JA, Hill AJ, Blundell JE (1988) Uncoupling sweet taste and calories: comparison of the effects of glucose and three intense sweeteners on hunger and food intake. *Physiol Behav* 43: 547–552
- Rong Y, Chen L, Shu T, et al. (2013) Egg consumption and risk of coronary heart disease and stroke: dose-response meta-analysis of prospective cohort studies. *BMJ* 346: e8539
- Schäfer C (2009) Fruktose: Malabsorption oder Intoleranz? Strategien für die Ernährungstherapie. *Ernährungs Umschau* 12: 694–700
- Schaefer RM, Kosch M (2005) Störungen des Säure-Basen-Haushaltes. Rationale Diagnostik und ökonomische Therapie. *Dtsch Arztebl.* 102(26): A 1896-1899
- Servicebüro 5 am Tag e.V. (o. J.) http://www.5amtag-schule.de/index.php?id=downloads_lehrer. (Zugriff: 01.09. 2013)
- Shafi S (2012) Die süße Droge. *Der Spiegel* 36: 110–119
- Siegmund-Schulze N (2013) Calciumsupplementation: Kardiovaskuläre Mortalität steigt bei regelmäßig sehr hoher Calciumaufnahme. *Dtsch Arztebl* 2013; 110(13) A-614 / B-546 / C-546
- Simopoulos AP (2001) Evolutionary aspects of diet, essential fatty acids and cardiovascular disease. *Eur Heart J Suppl* 3 (suppl D): D8–D21
- Singer MV, Teyssen St (2001) Serie – Alkoholismus: Alkoholassoziierte Organschäden. *Dtsch Arztebl* 98 (33) A2109–2120
- Singer P, Wirth M (2003) Omega-3-Fettsäuren marinen und pflanzlichen Ursprungs: Versuch einer Bilanz. *Ernährungs-Umschau* 50 (8)
- Smith AD, Kim YI, Refsum H (2008) Is folic acid good for everyone? *Am J Clin Nutr* 87 (3): 517–533; Online abrufbar unter <http://ajcn.nutrition.org/content/87/3/517.long> (Zugriff 05.10.2013)
- Stewart JE, C Feinle-Bisset, M Golding et al. (2010) Oral sensitivity to fatty acids, food consumption and BMI in Human subjects. *Br J Ntr* 104: 145–152
- Südzucker (o. J.) <http://www.suedzucker.de/de/Zucker/Geschichte-des-Zuckers/>. (Zugriff 28.08.2013)
- Sünder H (1997) Unsere Ernährung deckt nicht den Vitaminbedarf. *Welt am Sonntag* 34: 26
- Thomas L (Hrsg.) (2005) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik. TH-Books, Frankfurt
- Toeller M (2005) Evidenz-basierte Ernährungsempfehlungen zur Behandlung und Prävention des Diabetes mellitus. Autorisierte deutsche Version. *Diabetes und Stoffwechsel* 14
- Vaupel R, Biesalski HK (2010) Proteine. In: Biesalski HK, Bischoff SC, Puchstein C (Hrsg), Ernährungsmedizin. Nach dem Curriculum Ernährungsmedizin der Bundesärztekammer. 4., vollständig überarbeitete Auflage. Georg Thieme, Stuttgart, S. 113
- Vos BM, Kimmons JE, Gillespie C et al. (2008) Dietary fructose consumption among US children and adults: The Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Medscape J Med* 10(7): 160
- Watzl B (2008) Sekundäre Pflanzenstoffe – viel hilft viel? *Ernährungs-umschau* 55: 486–487
- Westerterp-Plantenga MS, Nieuwenhuizen A, Tomé D et al. (2012) Dietary protein – its role in satiety, energetics, weight loss and health. *Br J Nutr* 108 Suppl 2: S105–112

Ernährungsdiagnostik

Elisabeth Malzfeldt

15.1 Analyse der Nährstoffaufnahme: Ernährungsprotokoll – 254

15.2 Nährstoff-Laboruntersuchungen – 254

15.2.1 D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr – 255

15.2.2 Mikronährstoffe – Bedarf und Versorgung – 255

15.2.3 Eiweißdiagnostik – 255

15.3 Nahrungsmittelunverträglichkeitstests – 260

15.3.1 Immunglobulin-G-Tests – 260

Literatur – 262

Beim Thema gesunde Ernährung steht nicht eine vorübergehende, kurzfristige Änderung von Nahrungsgewohnheiten im Vordergrund, sondern eine dauerhaft ausgewogene, abwechslungsreiche und schmackhafte Ernährungsweise, die dem Körper alle lebenswichtigen Stoffe in ausreichender Menge zuführt, ohne dass dabei der Genussfaktor verloren geht.

Wie bei der Bewegung gilt auch hier: Über eine persönliche Diagnostik und klar formulierte Ziele lassen sich sinnvolle Änderungen im Ernährungsverhalten der Kunden oder Patienten einleuchtend darstellen und in die Tat umsetzen.

15.1 Analyse der Nährstoffaufnahme: Ernährungsprotokoll

Eine gute Möglichkeit, das Ernährungsverhalten standardisiert zu erheben, bietet die Analyse eines Ernährungsprotokolls. Dieses wird am besten über 7 Tage geführt, um ein möglichst repräsentatives Bild zu erhalten. Je genauer die Protokollierung erfolgt, desto exakter kann die Analyse sein. Aus ihr können dann individuelle Empfehlungen zur Optimierung der Ernährung entwickelt werden.

Die Auswertung der Protokolle kann beispielsweise mit der **Ernährungssoftware DGE-PC Professional** der Deutschen Gesellschaft für Ernährung erfolgen. Ein Protokollformular und Anweisungen für die Protokollführung finden Sie online (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>). Diese Software verwendet Nährwertdaten aus dem Bundeslebensmittelschlüssel (BLS), einer Datenbank, die das Max-Rubner-Institut erstellt (MRI 2005-2010). Es wird ein Soll-Ist-Vergleich der individuellen Nährstoffversorgung mit den aktuellen Empfehlungen der D-A-CH (Deutsche, Österreichische und Schweizerische Gesellschaften für Ernährung) erstellt (DGE 2012) (► Abschn. 14.2). Dabei werden die Nährstoffgehalte der Lebensmittel kalkuliert und ihre Verteilung in der Tages- oder Wochenbilanz wird bewertet. Die resultierenden Empfehlungen erfolgen dann wieder auf Lebensmittelbasis.

Ändert sich nur bei *einem* Lebensmittel die Menge oder wird es gegen ein anderes ausgetauscht, so hat das Einfluss auf die Wertung aller Nährstoffe. Zur Durchführung dieser komplexen Gesamtbewertung benutzt das System Fuzzy Logic (Wirsam 2003). Bei der Einschätzung des individuellen Bedarfs einer Person finden mithilfe der Fuzzy Logic auch die maßgeblichen Faktoren Alter, Geschlecht, Körpergewicht und -größe Berücksichtigung. Darüber hinaus können modifizierende Faktoren wie körperliche Aktivität, Diät oder einige Erkrankungen in das System eingegeben werden.

Insgesamt können für jedes Lebensmittel neben dem Energiegehalt (Kilokalorien bzw. -joule) 34 Nährstoffe

analysiert werden: Fett, essenzielle Fettsäuren, Eiweiß, Kohlenhydrate, Wasser, Vitamine, Mineralstoffe sowie spezielle Inhaltsstoffe (Cholesterin, Alkohol und Ballaststoffe). Mittels farbiger Balkendiagramme lassen sich Ernährungsfehler in Form von Defiziten oder Überschüssen auf einen Blick erkennen. Wohlgermerkt handelt es sich bei der Auswertung um einen Vergleich mit den D-A-CH-Referenzwerten. Diese sollen eine angemessene und gesundheitlich unbedenkliche Nährstoffzufuhr gewährleisten und gelten für gesunde Personen in Mitteleuropa (D-A-CH 2013). Zur praktischen Anwendung siehe ► Abschn. 17.1 und ► Abschn. 17.2.

Neben dem Protokollbogen erhalten die Kunden ausführliche Informationen, wie das Protokoll zu handhaben ist, u. a. den Hinweis, dass es sinnvoll ist, alles sofort zu protokollieren, was sie zu sich genommen haben.

Einen Muster-Protokollbogen ebenso wie Hinweise zur Handhabung für Ihre Kunden finden Sie online (Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>).

15.2 Nährstoff-Laboruntersuchungen

Die verschiedenen Nährstoffe wurden in ► Kap. 14 einer genaueren Betrachtung unterzogen. Eine wichtige Rolle für ein gesundes Leben spielen die Vitamine, Mineralstoffe und Spurenelemente. Im Unterschied zu den sekundären Pflanzenstoffen, die ebenfalls den Körper vor krankmachenden Einflüssen der Umwelt sowie Fehlreaktionen des Stoffwechsels schützen, gibt es für die Mikronährstoffe wissenschaftlich fundierte Anhaltspunkte für die Zufuhrmengen und die benötigte Konzentration in den Körperflüssigkeiten (Blut, Urin etc.). Im Folgenden werden wir uns auf die **Serumkonzentrationen der Mikronährstoffe** beschränken.

Beim Studium der Literatur fällt auf, dass es je nach Zielsetzung der Autoren unterschiedliche, zum Teil erheblich voneinander abweichende Angaben zum Mikronährstoffbedarf gibt. Die **Orthomolekularmedizin** setzt nichtkörperfremde Substanzen zur Prävention oder Therapie ein – und dies teilweise in »supranutritiven« (über die reine Nährstoffversorgung hinausgehenden), pharmakologisch wirksamen Dosierungen (Gröber 2006). Die Empfehlungen der DGE bzw. die D-A-CH-Empfehlungen sind auf nutritive (Nährstoffbedarf zur Vermeidung von Mangelkrankheiten und zum Erhalt lebenswichtiger Funktionen) und teilweise präventive Aspekte (Körperreserven schaffen und Krankheitsrisiken vermindern) ausgerichtet (DGE 2012). Diese Werte liegen meist niedriger als diejenigen der orthomolekularmedizinischen Vertreter.

15.2.1 D-A-CH-Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr

Die folgenden Angaben beziehen sich auf die **D-A-CH-Referenzwerte** (**D** steht für **D**eutschland, **A** für **Ö**sterreich, **CH** für **S**chweiz). Die Deutsche Gesellschaft für Ernährung e. V. (DGE), die Österreichische Gesellschaft für Ernährung (ÖGE), die Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung (SGE) sowie die Schweizerische Vereinigung für Ernährung (SVE) haben sich im Jahr 2000 zum ersten Mal auf gemeinsame Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr geeinigt. Diese bilden die wissenschaftliche Grundlage für eine vollwertige Ernährung in der Praxis.

Die Referenzwerte können Empfehlungen, Schätz- oder Richtwerte sein, gewährleisten eine angemessene und gesundheitlich unbedenkliche Nährstoffzufuhr und gelten für gesunde Personen in Mitteleuropa (97,5% der Jugendlichen und Erwachsenen; ► Abschn. 14.2).

Sie dienen somit als Orientierungshilfe in der Praxis. Im Einzelfall, z. B. bei Krankheiten, während des Wachstums, in Schwangerschaft und Stillzeit, im Alter, für Raucher und bei erhöhtem Alkoholkonsum, unter Medikamenteneinnahme, während einer Diät, bei erhöhtem Stresslevel und für Leistungssportler kann der Bedarf an Nährstoffen sehr unterschiedlich ausfallen und bedarf häufig der Beurteilung eines Experten. Besonders bei geringerer Kalorienzufuhr oder eingeschränkter Nahrungsmittelauswahl ist teilweise eine geschickte Zusammenstellung hochwertiger Lebensmittel nötig, um die empfohlenen Werte auch zu erreichen.

15.2.2 Mikronährstoffe – Bedarf und Versorgung

■ Tab. 15.1 und ■ Tab. 15.2 bieten für Vitamine und Mineralstoffe einen Überblick über Laborwerte, Zufuhrempfehlungen und Lebensmittel, die einen hohen Gehalt am jeweiligen Mikronährstoff haben.

► Wichtig

- Wenn der Kunde seine Defizite kennt, kann er aus dem Verzeichnis jene Lebensmittel entnehmen, die zur Bedarfsdeckung beitragen, und diese bevorzugt konsumieren.
- Es ist zu bedenken, dass sich die Referenzwerte und auch die ermittelten Werte von Labor zu Labor deutlich unterscheiden können.

Die Kunden sollten sich zudem ihre Labordaten immer von ihrem Arzt im Zusammenhang mit ihrer individuellen Situation und Vorgeschichte erläutern lassen und das weitere Vorgehen gemeinsam planen.

Für den Mineralstoff **Eisen** schwanken die Referenzwerte (■ Tab. 15.2) in Abhängigkeit von Geschlecht und Alter. Bei schwangeren Frauen ist der Eisengehalt im Blut abhängig von der Schwangerschaftswoche und unterschiedlich zu Nichtschwangeren. Da der Eisenstatus auch erheblichen intraindividuellen Schwankungen im Tagesablauf und von Tag zu Tag unterliegt, ist er zur Abschätzung des Körpereisenstatus ungeeignet (Thomas 2005, S. 396).

Ein verlässlicher Indikator für das im Körper gespeicherte Eisen ist der **Ferritinspiegel** im Blut (Depoteisen). Bei Anämien infolge Blutverlusts oder zu geringer Zufuhr mit der Nahrung sowie in der Schwangerschaft ist Ferritin erniedrigt. Ein erhöhter Ferritinspiegel tritt auf bei Eisenüberladung (Eisensubstitution, Bluttransfusionen, Hämochromatose [krankhafter Eisenspeicherung]) und diversen entzündlichen Erkrankungen (Rheuma, Tumoren, Infektionen). Bei noch normalem Eisenwert kann ein erniedrigter Ferritinspiegel bereits eine latente Anämie aufzeigen und sollte Anlass für die Einleitung einer weiteren Diagnostik geben.

15.2.3 Eiweißdiagnostik

Eine gute Eiweißversorgung ist wichtig für die körperliche und geistige Leistungsfähigkeit. Häufig wird sie auch mit Lebensfreude in Zusammenhang gebracht. Vermutlich wird damit auf das »Gute-Laune-Hormon« Serotonin Bezug genommen, das im ZNS aus der Aminosäure Tryptophan hergestellt wird. Kohlenhydratreiche Mahlzeiten erhöhen die Tryptophanaufnahme ins Gehirn (► Abschn. 16.3.4), eiweißreiche Mahlzeiten bewirken wegen anderer konkurrierender Aminosäuren eher das Gegenteil. Lebensmittel wie Fisch, Fleisch, Hülsenfrüchte, Käse, Nüsse und Getreideprodukte sind tryptophanreich, können seine Verfügbarkeit erhöhen und damit die Serotoninproduktion ein wenig ankurbeln.

► Wichtig

Die Gesamtkonzentration der Eiweiße im Blutplasma (Gesamteiweiß) sollte bei 6,2–8,5 g/dl liegen (Kratz et al. 2009).

Eine **Hypoproteinämie**, also eine Unterversorgung mit Proteinen, kann durch eine verminderte Synthese im Körper (Mangelernährung oder Leberschaden) oder durch krankheitsbedingte erhöhte Verluste verursacht sein (► Abschn. 14.2.1). Die Gesamteiweißkonzentration im Blut geht bei Minderversorgung nicht sofort zurück, da zunächst Albumin aus Speichern außerhalb der Blutgefäße (Haut) in die Blutbahn diffundiert. Die labormedizinische Bestimmung des Gesamtproteins ist somit kein verlässlicher Indikator für eine Eiweißunterversorgung des Orga-

Tab. 15.1 Vitamine – Laborwerte, empfohlene tägliche Zufuhr und Nahrungsquellen (nach Kratz et al. 2009; Labor Limbach 2013; Thomas 2005; DocMedicus o.J.; D-A-CH 2013).

Vitamine	Referenzwerte		Empfohlene tägliche Zufuhr (D-A-CH)	Beispiele von Lebensmitteln mit hohem Anteil (in mg/100 g Lebensmittel; z. T. µm*/100 g) (Vit)
	Konventionelle Einheit	SI-Wert		
Vitamin A (Retinol)	M 560–1280 µg/l F 440–1100 µg/l	M 1,95–4,47 µmol/l F 1,54–3,84 µmol/l	F 0,8 mg M 1,0 mg	Schweineleber (39,0 mg/100 g), Lebertran (25,5), Aal (0,98), Leberpastete (0,95), Butter (0,65), Thunfisch (0,45), Butterkäse 60% F.i.Tr. (0,38), Ei (0,19)
Betacarotin (1 Retinol-Äquivalent = 1 µg Retinol = 6 µg Betacarotin)	150–1250 µg/l	0,28–2,32 µmol/l	2–4 mg (Schätzwert)	Möhren (2,0 mg/100 g), Grünkohl (0,86), Spinat (0,78), Honigmelone (0,78), Feldsalat (0,65), Chicorée (0,57), Aprikose (0,27), Paprika (0,18)
Vitamin B ₁ (Thiamin)	> 15 µg/l	> 50 nmol/l	F 1,0 mg M 1,2 mg	Bierhefe (12,0 mg/100 g), Schinken ohne Fett-rand (1,15), Schweinefilet (1,10), Sojabohnen (1,0), Schnitzel (0,8), Erbsen (0,76), Speisekleie (0,65), Haferflocken (0,65), weiße Bohnen (0,5)
Vitamin B ₂ (Riboflavin)	> 40 µg/l	106 nmol/l	F 1,2 mg M 1,4 mg	Bierhefe (3,2 mg/100 g), Hühnerleber (2,49), Camembert (0,56), Brie (0,52), Speisekleie (0,51), Sojabohnen (0,5), Kakaopulver (0,40), Makrele (0,35), Seelachs (0,35), Ei (0,35), Aal (0,32), Schweinefilet (0,31)
Niacin (Vitamin B ₃)	8–52 µg/l (Lb) Keine Angabe bei Kra	–	F 13 mg M 16 mg	Bierhefe (44,8 mg/100 g), Speisekleie (17,7), Erdnüsse (15,3), Hühnerleber (11,6), Thunfisch (8,5), Makrele (7,7), Rindfleisch (7,5), Huhn (6,8), Pfifferlinge (6,5), Kalbfleisch (6,3), Heilbutt (5,9), Lammfleisch (5,8), Naturreis (5,2), Sesam (5,0), Steinpilze (4,9)
Panthotensäure (Vitamin B ₅)	–	0,08–0,55 µmol/l (Lb) Keine Ang. bei Kra	6 mg F+M	Butter (47,0 mg/100 g), Hefeflocken (34,0), Erdnüsse (2,7), Bäckerhefe (3,5), Ostseeheringe (9,3), Bierhefe (7,2), Schweineleber (6,8), Speisekleie (2,7), Steinpilze (2,7), Vollmilch (2,7), Hummer (2,4), Champignons (2,1), Erbsen (2,0), Linsen (1,57)
Vitamin B ₆ (Pyridoxin)	> 8,7 µg/l	> 33 nmol/l	F 1,2 mg M 1,5 mg	Bierhefe (4,4 mg/100 g), Hummer (1,18), Lachs (0,98), Sardinen (0,97), Walnüsse (0,87), Speisekleie (0,73), Makrele (0,63), Linsen (0,60), Sonnenblumenkerne (0,60), Schweineleber (0,59), Kotelett (0,59), Gans (0,58), Kichererbsen (0,54)
Biotin (Vitamin B ₇ , Vitamin H)	> 200 pg/ml	> 200 ng/l	30–60 µg* F+M	* Sojabohnen (60,0 µg/100 g), Speisekleie (44,0), Erdnüsse (34,0), Bäckerhefe (33,0), Schweineleber (27,0), Ei (25,0), Vollmilch (24,0), Kakao-pulver (20,0), Haferflocken (20,0), Erbsen (19,0), Naturreis (12,0), Vollkornmehl (8,3), Lachs (7,4), Knäckebrot (7,0), Speisequark mager (7,0), Spinat (6,9), Brie (6,2), Bananen (5,5)
Folsäure (Vitamin B ₉)	Mangel: <2,0 ng/ml	<4,5 nmol/l	300 µg* F+M	* Limabohnen (360 µg/100 g), Kichererbsen (340), Sojabohnen (210), Speisekleie (195), weiße Bohnen (187), Grünkohl (187), Rosenkohl (182), Linsen (168), Erbsen (151), Schweineleber (136), Spinat (145), Feldsalat (145), Blumenkohl (125), Brokkoli (111), Spargel (108), Hafer-flocken (87)
	Grenzbereich: 2,0–3,0 ng/ml	4,5–6,8 nmol/l		
	Versorgung ausreichend: >3,0 ng/ml	>6,8 nmol/l		

Tab. 15.1 (Fortsetzung)

Vitamine	Referenzwerte		Empfohlene tägliche Zufuhr (D-A-CH)	Beispiele von Lebensmitteln mit hohem Anteil (in mg/100 g Lebensmittel; z. T. µm*/100 g) (Vit)
	Konventionelle Einheit	SI-Wert		
Vitamin B ₁₂ (Cobalamin) ** Nachweis als Holo-Transcobalamin II	Mangel: < 200 pg/ml	< 148 pmol/l	3,0 µg* F+M	*Steckmuscheln (144,0 µg/100 g), Schweineleber (39,0), Lammleber (35,0), Hühnerleber (25,0), Austern (14,6), Ostseehering (11,0), Bückling (9,7), Makrele (9,0), Hering (8,5), Thunfisch (4,25), Seelachs (3,5), Camembert (3,1) Edamer (2,1), Rindfleisch (2,0), Ei (1,86), Vollmilch (1,48)
	Grenzbereich: 200–300 pg/ml	148–221 pmol/l		
	Versorgung ausreichend: > 300 pg/ml	> 221 pmol/l		
Vitamin C (Ascorbinsäure)	> 4 mg/l	> 23 µmol/l	100 mg F+M	Acerola (695–4827 mg/100 g), Hagebutten (1250), Sanddornbeeren (450), schwarze Johannisbeeren (189), Paprika (140), Brokkoli (115), Meerrettich (114), Rosenkohl (112), Grünkohl (105), Blumenkohl (71), Kiwi (71), Erdbeeren (64), Kohlrabi (63), Zitrone (53), Spinat (52), Rotkohl (50), Kartoffeln (17)
Vitamin D ₃ (Calcitriol, Cholecalciferol) (gemessen als 25-OH-Vitamin D ₃)	Mangel: < 10 ng/ml	< 25 nmol/l	20 µg* F+M (Schätzwert)	*Sprotte geräuchert (32,0 µg/100 g), Bückling (28,8), Matjeshering (28,0), Hering (26,4), Forelle (22,0), Aal (20,1), Lachs (16,3), Sardine (10,8), Austern (8,0), Ostseehering (7,8), Kaviar (5,9), Heilbutt (5,0) Thunfisch (4,5) Steinpilze (3,1), Champignons (1,9), Ei (2,9), Vollmilch (1,2)
	Moderater Mangel: 10–20 ng/ml	25–50 nmol/l		
	Versorgung ausreichend: > 20–100 ng/ml	> 50–250 nmol/l		
	Toxizität: > 100 ng/ml	> 250 nmol/l		
Vitamin E (Tocopherol)	5–20 mg/l	12–46 µmol/l	F 12 mg M 14 mg (Schätzwert)	Sonnenblumenöl (56,3 mg/100 g), Walnussöl (38,8), Maiskeimöl (32,5), Sojaöl (29,0), Olivenöl (12,7), Nougat (8,4), Paranüsse (7,6), Nusschokolade (7,0), Walnüsse (6,0), Schwarzwurzeln (6,0), Leinöl (5,2) Müsli (3,4), Speisekleie (2,7), Makrele (1,4)
Vitamin K (Phyllochinon)	90–2100 ng/l	0,2–4,7 nmol/l	F 60 µg* M 70 µg (Schätzwert)	*Grünkohl (817 µg/100 g), Spinat (335), Rosenkohl (275), Brokkoli (174), Blumenkohl (167), Kichererbsen (164), Kopfsalat (130), Linsen (123), Hagebutten (92), Speisekleie (82), Erbsen (81), Haferflocken (63), Sauerkraut (62), Butter (60), Maiskeimöl (60), Pistazienkerne (60), Schweineleber (56), Vollmilch (55), Speisequark 40% F.i.Tr. (50)
Koenzym Q (Ubichinon) Vitaminoid	110–830 µg/l	–	–	Sardinen (6,4 mg/100 g), Rindfleisch (3,3), Schweinefleisch (3,2), Olivenöl (3), Geflügel (1,8), Brokkoli (0,86), Sonnenblumenöl (0,7), Butter (0,6)

Die Blutparameter stammen aus *Harrison's Innere Medizin* (Kratz et al. 2009; »Kra«). Sofern keine Angaben zu finden waren, wurde auf das Labor Limbach zurückgegriffen (»Lb«, Labor Limbach 2013). Die Lebensmittelangaben stammen aus dem Vitalstofflexikon der DGNP e.V. (»Vit«) (DocMedicus ohne Jahr), und die Angaben für den täglichen Bedarf an den Nährstoffen entsprechen den D-A-CH-Referenzwerten (D-A-CH 2013). Die Mikronährstoffgehalte werden in mg/100 g angegeben, mit * markierte in µg/100 g. F.i.Tr., Fett in der Trockenmasse; M, Männer; F, Frauen ** Nachweis von Vitamin B₁₂ als Holo-Transcobalamin II (aktives Vitamin B₁₂), ermöglicht frühzeitige Erkennung eines Mangels (Keller 2013).

Tab. 15.2 Mineralstoffe und Spurenelemente – Laborwerte, empfohlene tägliche Zufuhr und Nahrungsquellen (Kratz et al. 2009; Labor Limbach 2013; Thomas 2005; DocMedicus o.J.; D-A-CH 2013)

Mineralstoffe/ Spurenelemente	Referenzwert		Empfohlene tägliche Zufuhr (D-A-CH)	Beispiele von Lebensmitteln mit hohem Anteil (in mg/100 g Lebensmittel), z. T. µm*/100 g (Vit)
	Konventionelle Einheit	SI-Wert		
Natrium	3,08–3,35 g/l	134–150 mmol/l	550 mg Mindestbedarf (Schätzwert) Max. 2000–2400 mg! (DGE 2009)	Speisesalz (38.850 mg/100 g), Brühwürfel und Bratensoße (25.000), Sojasoße (5720), Matjeshering (2500), Italian-Dressing (2339), Curryketchup (2300), Salami (2130), Bündner Fleisch (2100), Oliven mariniert (2100), Lachsschinken (1800), Salzstangen (1790), Frühstücksspeck (1770), Gorgonzola (1400), Frankfurter Würstchen (1180), Kasseler (958), Kuchen-Fertigmischung (690), Weizenmischbrot (553), Gouda 45% F.i.Tr. (512)
Kalium	137–219 mg/l	3,5–5,6 mmol/l	2000 mg F+M (Schätzwert)	Sojabohnen (1775 mg/100 g), Limabohnen (1725), Kakao-pulver (1500), Speisekleie (1380), weiße Bohnen (1320), Erbsen (935), Linsen (810), Paranüsse (644), Walnüsse (544), Grünkohl (490), Heilbutt (446), Gerste (444), Knäckebrot (436), Vollmilchschokolade (435), Gans (420), Feldsalat (420), Müsli (421), Forelle (413), Kartoffeln (411)
Kalzium	8,8–10,8 mg/dl	2,2–2,7 mmol/l	1000 mg F+M (Empfehlung)	Emmentaler 45% F.i.Tr. (1050 mg/100 g), Gouda 40% F.i.Tr. (810), Edamer 30% F.i.Tr. (800), Sesam frisch (738), Mozzarella (632), Camembert 40% F.i.Tr. (570), Sojabohnen (201), Grünkohl (197), Kichererbsen (124), Spinat (121), Vollmilch (120), Joghurt 3,5% Fett (120), weiße Bohnen (113), Fenchel (109), Brokkoli (109), Marzipan (90), kalzi-umreiches Mineralwasser (> 300 mg/l)
Magnesium	1,82–2,43 mg/dl	0,75–1,0 mmol/l	F 300 mg M 350 mg (Empfehlung)	Speisekleie (590 mg/100 g), Sojabohnen (220), Limabohnen (204), Hirse (170), Naturreis (157), weiße Bohnen (140), Haferflocken (137), Grünkern (130), Linsen (129), Mais (120), Marzipan (120), Erbsen (116), Weizenmischbrot (75), Knäckebrot (68), Garnelen (67), Krabben (67), Müsli (65), Vollkornnudeln (62), Spinat (58), Karpfen (51), Schlei (50), Roggenmischbrot (40), Bananen (36 mg), magnesiumreiches Mineralwasser (> 50 mg/l)
Anorga-nisches Phosphat (Phosphor)	2,5–5,0 mg/dl	0,81–1,61 mmol/l	700 mg F+M (Empfehlung)	Weizenkleie (1.240 mg/100 g), Emmentaler 45% F.i.Tr. (748), Sojabohnen (570), Edamer 30% F.i.Tr. (565), Tilsiter 30% F.i.Tr. (546), Gouda 40% F.i.Tr. (443), weiße Bohnen (430), Mozzarella (428), Linsen (412), Grünkern (411), Kichererbsen (407), Haferflocken (391), Erbsen (378), Limabohnen (353), Schafskäse 45% F.i.Tr. (337), Camembert 40% F.i.Tr. (335), Naturreis, (325), Knäckebrot (318), Hirse (310), Seelachs (300), Lachs (266), Sardine (258), Hering (250), Schokolade mit Haselnüssen (250), Kaninchen (224), Brathuhn (200), Salami (167)
Chrom	< 0,5 µg/l (Th)	< 10 nmol/l (Th)	30–100 µg* F+M (Schätzwert)	* Paranüsse (100 µg/100 g), Edamer 30% F.i.Tr. (95), Gouda 45% F.i.Tr. (95), Linsen (70), Ei (bis 50), Weizenvollkornbrot (49), Mais (32), Honig (29), Huhn (26), weiße Bohnen (20), Haselnüsse (14), Aal (14), Mandeln (12), Kotelett (10), Schweinefleisch (10), Heidelbeeren (10), Spinat (9,0), Roggenbrot (8), Bananen (8), Kopfsalat (8), Grünkohl (8), Erdnüsse (8), Weizenbrot (7), Tomaten (5), Äpfel (4)
Eisen**	M 35–168 µg/dl F 23–134 µg/dl	M 6,3–30 µmol/l F 4,1–24 µmol/l	F 10 mg (F 10–19 J. 12 mg) M 15 mg (Empfehlung)	Schweineleber (18 mg/100 g), Hirse (9), Linsen (7,5), Sojabohnen (6,6), Limabohnen (6,3), weiße Bohnen (6,1), Erbsen (5,2), Knäckebrot (4,9), Haferflocken (4,6), Grünkern (4,2), Spinat (4,1), Speisekleie (3,6), Schwarzwurzeln (3,3), Vollkornbrot (3,2), Schweinefilet (3,0)
Gemessen als Ferritin	F 15–150 µg/l	M 30–400 µg/l		

Tab. 15.2 (Fortsetzung)

Mineral- stoffe/ Spurenele- mente	Referenzwert		Empfohlene tägliche Zufuhr (D-A-CH)	Beispiele von Lebensmitteln mit hohem Anteil (in mg/100 g Lebensmittel), z. T. µm*/100 g (Vit)
	Konventionelle Einheit	SI-Wert		
Jod	46–70 µg/l (Lb)	–	200 µg* F+M (Empfehlung)	*Jodiertes Speisesalz (2000 µg/100 g), Schellfisch (243), Kabeljau (155), Krabben (130), Garnelen (130), Rotbarsch (104), Hummer (100), Bückling (72), Austern (58), Thunfisch (50), Makrele (49), Lachs (34), Sardinen (32), Grünkohl (12), Rot-/Weißwein (10–60), Ei (10), Roggenbrot (9)
Kupfer	M 700– 1400 µg/l F 800–1550 µg/l	M 11–22 µmol/l F 12,6–24,3 µmol/l	1,0–1,5 mg F+M (Schätzwert)	Kakaopulver (3,8 mg/100 g), Cashew-Kerne (3,7), Hagebutten (1,8), Haselnüsse (1,3), Vollmilchschokolade (1,3), Schweineleber (1,3), Sojabohnen (1,2), Emmentaler 45% F.i.Tr. (1,2), Krabben (1,1), Limabohnen (0,8), Linsen (0,7), Hummer (0,7), weiße Bohnen (0,6), Schellfisch (0,6), Hafervollkorn (0,5), Roggenvollkornmehl (0,5), Weizenvollkornmehl (0,5), Hafergrütze (0,5), Matjes (0,4)
Mangan	<0,8 µg/l (Th)	14,6 nmol/l	2,0–5,0 mg F+M (Schätzwert)	Haselnüsse (5,7 mg/100 g), Haferflocken (4,5), Heidelbeeren (4,2), Dinkelvollkornmehl (3,3), Hafervollkornmehl (3,1), Amaranth (3,0), Roggen (2,9), Sojabohnen getrocknet (2,7), Kakaopulver (2,5), Naturreis (2,1), Mandeln (1,9), weiße Bohnen (1,6), Erdnüsse (1,6), Linsen (1,5), Hagebutten (1,2), Roggenbrot (0,9), Brombeeren (0,9), Cashew-Kerne (0,8), Grünkohl (0,6), Weintrauben (0,5), Knoblauch (0,5), Erdbeeren (0,4)
Selen	53–105 µg/l	0,67–1,33 µmol/l	30–70 µg* F+M (Schätzwert)	*Kokosnuss (810 µg/100 g), Bückling (140), Weizenkleie (bis 130), Paranüsse (100), Thunfisch (82), Garnelen (63), Sardine (60), Schweineleber (58), Hering (55), Rotbarsch (44), Makrele (39), Rindfleisch (35), Scholle (33), Aal (31), Seezunge (29), Kabeljau (27), Lachs (26), Forelle (25), Barsch (24), Hühnerlei (20), Vollbier (bis 19), Sojabohnen (19), Rosenkohl (18), Bohnen weiß (14), Emmentaler 45% F.i.Tr. (11), 50% F.i.Tr. Chesterkäse (11), Naturreis (11), Linsen (10), Haferflocken (10)
Zink	700–1200 µg/l	10,8–18,5 µmol/l	F 7,0 mg M 10,0 mg (Empfehlung)	Austern (bis 160 mg/100 g), Schweineleber (6,4), Emmentaler 45% F.i.Tr. (4,6), Rindfleisch (4,4), Haferflocken (4,1), Sojabohnen, getrocknet (4,2), Paranüsse (4,0), Gouda 45% F.i.Tr. (3,9), getrocknete Linsen (3,7), Tilsiter 45% F.i.Tr. (3,5), Weizenmischbrot (3,50), Knäckebröt (3,1), Erdnüsse (3,1), Limabohnen, getrocknet (3,0), Walnüsse (2,7), weiße Bohnen, getrocknet (2,6), Mais (2,5)

* Die Blutparameter entstammen *Harrison's Innere Medizin* (Kratz et al. 2009) (»Kra«), die mit »Th« markierten aus Thomas (2005), die mit »Lb« von Labor Limbach. Die Lebensmittellisten wurden dem Vitalstofflexikon der DGNP e.V. (»Vit«) entnommen. Die Angaben für den täglichen Bedarf an den Nährstoffen entsprechen den D-A-CH-Referenzwerten (D-A-CH 2013). Die Mikronährstoffgehalte werden in mg/100 g angegeben, mit * markierte in µg/100 g. F.i.Tr., Fett in der Trockenmasse; M, Männer; F, Frauen

** Das Spurenelement Eisen wird im Text kommentiert.

nismus. Mittels Eiweißelektrophorese kann festgestellt werden, welche Proteinfraction betroffen ist. Gegebenenfalls kann der Blutspiegel der einzelnen (essenziellen) Aminosäuren genauere Auskunft über die Versorgungslage geben.

Erhöhte Eiweißspiegel (**Hyperproteinämie**, Gesamtprotein über 90 g/l) findet man bei einer Entartung der Plasmazellen (Plasmozytom) infolge einer Vermehrung von Immunglobulinen. Vorgetäuscht wird eine Hyperproteinämie durch Flüssigkeitsmangel bzw. Verminderung des Plasmavolumens, wie dies z. B. bei Kindern mit hohem Fieber, nach Erbrechen oder Durchfall, bei der diabetischen Azidose oder auch bei alten Menschen mit mangelndem Durstgefühl in heißen Sommern vorkommt.

15.3 Nahrungsmittelunverträglichkeitstests

Eine optimale Versorgung mit Nährstoffen ist nur möglich, wenn die entsprechenden Nahrungsmittel verträglich sind und positiv auf den Körper wirken. Die Rate der mehr oder weniger belastenden Nahrungsmittelunverträglichkeiten liegt bei über 20% der Bevölkerung in den Industrieländern. Darunter fallen verschiedene ernährungsabhängige Beschwerden unterschiedlicher Genese:

- Strukturelle Ursachen mit entsprechenden anatomischen Veränderungen führen häufig zu sekundären Beschwerden, z. B. geht eine Divertikulose (Ausstülpungen der Darmwand) häufig infolge von bakterieller Überwucherung mit Schmerzen, Blähungen und Durchfall einher.
- Funktionelle Ursachen bestehen häufig in isolierten Funktionsstörungen wie z. B. Milchzuckerunverträglichkeit infolge eines Laktasemangels oder auch als Folge der Einwirkung von Giften, mit denen Nahrungsmittel kontaminiert sind (Zopf et al. 2009).
- Weiterhin unterscheidet man entsprechend der Beteiligung des Immunsystems immunologisch und nichtimmunologisch bedingte Unverträglichkeiten. Letztere kommen weitaus häufiger vor und umfassen neben pseudoallergischen Reaktionen (z. B. Unverträglichkeit von Konservierungsstoffen) Intoleranzen aufgrund von Enzymmangel (wie Laktoseintoleranz oder Histaminintoleranz), chronische Infektionen und auch psychosomatische Ursachen.

Immunglobuline (Ig) – auch Antikörper genannt – sind Eiweiße, die eine wichtige Rolle bei der Abwehr fremder Substanzen (z. B. Krankheitserregern) spielen. Sie verbinden sich an ihrem einen Ende mit dem zu bekämpfenden Fremdkörper. Am anderen Ende docken sie an körpereigene

ne Zellen an, die in der Folge die Fremdkörper unschädlich machen und den Organismus so vor Infektionen schützen.

➤ **Wichtig**
Immunologisch vermittelte Reaktionen sind individuelle Unverträglichkeitsreaktionen, die nach wiederholtem Allergenkontakt auftreten.

Sie erfolgen über verschiedene Klassen der Immunglobuline (Antikörper), die der Körper zur Abwehr von Antigenen bereitstellt. Man unterscheidet dabei zwei Reaktionsformen, die IgE-bedingten, schnell reagierenden (Soforttyp) und die nicht-IgE-vermittelten vom verzögerten Typ (IgG- oder IgA-vermittelt).

➤ **Wichtig**
Als Nahrungsmittelallergien werden nur die IgE-vermittelten Reaktionen bezeichnet.

Es liegen klare Leitlinien der nationalen und internationalen allergologischen Fachverbände für die Diagnostik und Therapie vor. Neben einem Abgleich zwischen Testergebnissen und klinischer Symptomatik ist die Reproduzierbarkeit der Resultate ein wichtiges Kriterium. Die Allergiediagnostik ist den ärztlichen Spezialisten vorbehalten.

15.3.1 Immunglobulin-G-Tests

Die IgG-Diagnostik entstammt der Erfahrungsheilkunde und ist häufig in der praktischen Anwendung erfolgreich. Sie liefert wegweisende Hinweise zur Linderung bei Befindlichkeitsstörungen und soll keineswegs die Basis für eine Therapie bei ernsthaften Erkrankungen bilden. Auf jeden Fall ist sie sorgfältig durchzuführen und in ein umfassendes Beratungs- und Behandlungskonzept einzufügen.

Mittels eines immunenzymatischen Nachweisverfahrens (modifizierter ELISA = Enzyme-linked immunosorbent assay) können spezifische IgG-Titer gegen Nahrungsmittelantigene identifiziert werden. Das Konzept beruht auf der These, dass Nahrungsmittel, die nicht oder unzureichend verdaut werden, bei gleichzeitigem Vorliegen einer Störung der Durchlässigkeit seitens der Darmschleimhaut (Leaky Gut Syndrome, Knoop et al. 2013) mit den darunter liegenden immunologisch aktiven Zellen in Kontakt kommen und als Antigen erkannt werden (Abb. 15.1). Daraufhin werden spezifische IgG-Antikörper gebildet. Entsprechend der Theorie können diese zu entzündlichen Prozessen im gesamten Körper führen, mit der Folge chronischer Erkrankungen wie z. B. chronischer Müdigkeit, Migräne, Fibromyalgie oder chronisch entzündlicher Darmerkrankungen und Übergewicht. Im Testergebnis zeigen sich dann erhöhte spezifische IgG-

Titer. Komplette verdaute Nahrungsmittel dagegen sind immunologisch unwirksam und beeinflussen das Testergebnis nicht. (Cyto-Labor ohne Jahr)

Im Unterschied zu allergischen IgE-vermittelten Reaktionen vom Soforttyp, die kurzfristig und heftig ausfallen können, besitzen die **immunkomplexvermittelten Nahrungsmittelunverträglichkeiten** einen verzögerten Reaktionsmechanismus, der Stunden bis Tage dauern kann. Der fehlende zeitliche Zusammenhang führt dazu, dass die Symptomatik häufig unspezifisch und schwer den betreffenden Lebensmitteln zuzuordnen ist. Eine direkte Korrelation ist empirisch nicht belegbar. Der Zusammenhang kann erst durch eine vorübergehende Auslassdiät (Karenz, Dauer entsprechend der Reaktionsstärke) und Nachlassen bzw. Verschwinden der Symptome gezeigt werden. Vielfache Beobachtungen aus der Erfahrungsmedizin sprechen dafür, unterstützt wird dies durch wissenschaftliche Studien:

- Beim **Reizdarm** (Irritable Bowel Syndrome, IBS) sind IgE-Allergien anscheinend relativ selten involviert. In einer randomisierten, kontrollierten Studie mit Reizdarmpatienten erbrachte eine auf IgG-Antikörper-Nachweis basierende Eliminationsdiät bei strikter Befolgung der Anweisungen im Vergleich zur Scheindiät (Meidung der gleichen Anzahl von Lebensmitteln, aber nach dem Zufallsprinzip) einen wesentlich größeren Symptommrückgang (Atkinson et al. 2004).
- Eine signifikante Symptombesserung zeigte sich ebenfalls bei **Migränepatienten** durch Meidung von Nahrungsmitteln, auf die sie pathologisch erhöhte IgG-Antikörper gezeigt hatten (Alpay et al. 2010).
- Auch das Beispiel **Zöliakie** stützt diesen Ansatz, da dieser Erkrankung eine Darmzottenatrophie als Folge einer Immunreaktion gegen Gluten zugrunde liegt. Der serologische Nachweis von Anti-Gluten-(Gliadin-)IgG-Titern ist (neben IgA-Titern) das differenzialdiagnostische Kriterium und die glutenfreie Ernährung die einzig sinnvolle Therapie (Villalta et al. 2007).
- IgG-Tests werden in der Literatur kontrovers diskutiert. Die allergologischen Fachgesellschaften DGAKI und EAACI lehnen den Nachweis von (IgG- und IgG4-Antikörpern als unspezifisch ab, da sie die natürliche Immunantwort auf jeden Kontakt mit Nahrungsmittelbestandteilen seien. Sie werden z. B. in hohem Maße gebildet, während sich bei Kindern eine Immuntoleranz gegen vormals unverträgliche Lebensmittel ausbildet (Kleine-Tebbe 2010; Stapel et al. 2009).

Die Experten sprechen eine Empfehlung gegen ihre Verwendung aus, wobei ihre Kritik sich nicht auf technische Mängel bezieht, sondern darauf, dass die Interpretation

der Testergebnisse irreführend sei (fehlende diagnostische Spezifität und Vorhersagbarkeit) und dass die strengen Auslassdiäten, die daraus folgen, nicht zu rechtfertigen seien und die Patienten häufig belasten oder gar gefährden (Kleine-Tebbe 2010). Allerdings gibt es für die Auffassung der Allergologen, »Serum IgG-Titer gegen Nahrungsmittel sind medizinisch bedeutungslos«, bisher keine experimentelle Evidenz, sondern lediglich die »übereinstimmende Auffassung von Experten«.

Die Leitlinie des US-amerikanischen Nationalen Gesundheitsinstituts (NIH) zu Nahrungsmittelallergien (Boyce et al. 2010), erwähnt im Gegensatz dazu Nahrungsmittel-IgG-Tests als diagnostische Methode in Zusammenhang mit nicht-IgE-vermittelten immunologischen Erkrankungen (z. B. eosinophile Gastroenteritis, durch Lebensmittelproteine ausgelöste entzündliche Darmerkrankungen und Kontaktdermatitis).

Jirikowski von der Universität Jena hält pathologisch erhöhte IgG-Titer für wegweisende Befunde bei der Behandlung verschiedener Krankheitsbilder. Er plädiert für eine differenzierte Betrachtung und Handhabung von IgG-Tests durch erfahrene Mediziner mit Beratung zu einer genau abgestimmten Diät (Jirikowski 2011). Er hat sich intensiv mit dem Phänomen der erhöhten Darmpermeabilität beschäftigt und konnte eine der möglichen Entstehungsursachen, eine Porenbildung durch das Zugrundegehen von Becherzellen, sichtbar machen (Abb. 15.1).

Eine weitere Struktur, die in diesem Zusammenhang interessant ist, sind die immunologischen Schnittstellen im Bereich der membranösen (M-)Zellen im Dünndarm, an denen Nahrungsantigene den Abwehrzellen gezielt präsentiert werden, um das Immunsystem zu trainieren (Mabott et al. 2013).

Die Diskussion unter den Experten zur Klassifizierung der unterschiedlichen Formen der Immunreaktionen stellt möglicherweise den Blick dafür, dass der IgG-Test in einem ganzheitlichen Ansatz in der Praxis ermöglicht, ein individuelles Verdauungsprofil des Patienten zu erstellen. Durch vorübergehende Meidung von Immuntriggerern kann man das Immunsystem entlasten. Dünndarmschleimhaut und Darmflora können sich durch eine verträglichere sowie stärker basisch orientierte Ernährung (wenig tierisches Eiweiß) regenerieren. Auch auf lange Sicht erfahren die Patienten auf diese Weise, was ihnen gut tut und was sie eher meiden sollten.

Zusammenfassung

Verschiedene Methoden dienen zur Beurteilung und Optimierung der Ernährungsqualität. Über sorgfältig geführte Ernährungsprotokolle kann mittels spezieller



Abb. 15.1 Darmschleimhaut eines Gesunden (links) und eines Zöliakiepatienten (rechts). Zellen der Schleimhaut sterben ab (Pfeil), unverdauter Darminhalt kann mit dem Immunsystem in Kontakt kommen (Barriereförderung, Leaky Gut Syndrom, LGS). Maßstab = 2 µm. (© Prof. Dr. Gustav Jirikowski, Universität Jena, mit freundl. Genehmigung)

Ernährungssoftware das individuelle Nährstoffangebot analysiert und grafisch einleuchtend dargestellt werden. Laboruntersuchungen können im Allgemeinen über die Mikronährstoffkonzentration im Blut den tatsächlichen Versorgungszustand zeigen. Zur Deckung von Defiziten werden Lebensmittel empfohlen, die einen hohen Gehalt an den jeweiligen Nährstoffen bieten. Nahrungsmittelinverträglichkeitstests, in ihrer wissenschaftlichen Einordnung kontrovers diskutiert, ermöglichen es in der praktischen Beratung, zu einer individuell bekömmlicheren Ernährung zu gelangen.

Literatur

- Alpay K, Ertaş M, Orhan EK et al. (2010) Diet restriction in migraine, based on IgG against foods: A clinical double-blind, randomised, cross-over trial. *Cephalalgia* 30(7) 829–837
- Atkinson W, Sheldon TA, Shaath N, Whorwell J (2004) Food elimination based on IgG antibodies in irritable bowel syndrome: a randomised controlled trial. *Gut* 53: 1459–1464. doi: 10.1136/gut.2003.037697
- Boyce JA, Assa'ad A, Burks AW et al. (2010) Guidelines for the diagnosis and management of food allergy in the United States: Summary of the NIAID-Sponsored Expert Panel Report. *J Allergy Clin Immunol* 126(6) 1105–1118. doi: 10.1016/j.jaci.2010.10.008
- Cyto-Labor (ohne Jahr) <http://www.cytolabor.de/produkte/immunscreening-behandlung.html>. (Zugriff 01.12.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2009) BfR empfiehlt Maßnahmen zur Verringerung des Salzgehaltes in Lebensmitteln. DGEInfo 11/2009 – Essen und Trinken. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1007> (Zugriff 07.08.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (DGE) (2012). Die D-A-CH-Referenzwerte: Wofür stehen sie, was besagen sie? DGEInfo 01/2012 – Forschung, Klinik, Praxis, 09.01.2012. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=1206> (Zugriff 09.11.13)
- D-A-CH Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung (2013) Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt a. d. Weinstraße. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=Content&pa=showpage&pid=3> (Zugriff 05.11.2013)
- DocMedicus Verlag GmbH & Co. KG (ohne Jahr) Deutsche Gesellschaft für Nährstoffmedizin und Prävention (DGNP) e.V. www.vitalstofflexikon.de. (Zugriff 20.11.2013)
- Gröber U (2006) Mikronährstoffe – Beratungsempfehlungen für die Praxis. 2. Aufl. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart
- Jirikowski G (2011) Diagnose von Nahrungsmittelallergien: Streitfall IgG. In: Weiß J (Hrsg.) Hinterfragt – nachgehakt. *Dtsch Med Wochenschr* 136(4) 1–2
- Keller M (2013) Vitamin B12. Vegetarierbund Deutschland. Online abrufbar unter: <http://vebu.de/gesundheitsnaehrstoffe/vitamin-b12> (Zugriff 09.11.13)
- Kleine-Tebbe J (2010) Keine Empfehlung für IgG- und IgG4-Bestimmungen gegen Nahrungsmittel. Testing of IgG and IgG4 to foods is not recommended. *Aktuel Ernährungsmed* 35: 310–313
- Knoop KA, Miller MJ, Newberry RD (2013) Transepithelial antigen delivery in the small intestine: different paths, different outcomes. *Curr Opin Gastroenterol* 29(2) 112–118
- Kratz A, Pesce MA, Fink DJ (2009) Klinisch relevante Laborparameter. In Dietel M, Suttrop N, Zeitz M (Hrsg.) *Harrison's Innere Medizin*. 17. Aufl. ABW Wissenschaftsverlag, Berlin. S. 3407–3419

- Labor Dr. Limbach & Kollegen (MVZ) (2013) http://www.labor-limbach.de/Leistungsverzeichnis.leistungsverzeichnis.0.html?&no_cache=1 (Zugriff 20.11.2013)
- Mabbott NA, Donaldson DS, Ohno H, Williams IR, Mahajan A (2013) Microfold (M) cells: important immunosurveillance posts in the intestinal epithelium. *Mucosal Immunol* 6(4) 666–677
- MRI Max Rubner-Institut (2005–2010) <http://www.bls.nvs2.de/index.php?id=92>. (Zugriff 14.11.2013)
- Stapel SO, Asero R, Ballmer-Weber BK et al. (2009) Positionspapier der European Academy of Allergology and Clinical Immunology (EAACI)*. *Allergo J* 18: 267–273
- Thomas L (2005) Labor und Diagnose. Indikation und Bewertung von Laborbefunden für die medizinische Diagnostik. 6. Aufl. TH-Books, Frankfurt
- Villalta D, Alessio MG, Tampoia M et al. (2007) Testing for IgG class antibodies in celiac disease patients with selective IgA deficiency. A comparison of the diagnostic accuracy of 9 IgG anti-tissue transglutaminase, 1 IgG anti-gliadin and 1 IgG anti-deaminated gliadin peptide antibody assays. *Clin Chim Acta* 382(1–2) 95–99
- Wirsam B (2003) Optimierte Ernährung: Anwendung von Fuzzy-Logik in der Ernährung. Gießener Elektronische Bibliothek, Spiegel der Forschung 20, 1 / 2: 34–40. Online abrufbar unter: <http://www.geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2004/1384/> (Zugriff 09.10.2012)
- Zopf Y, Baenkler H, Silbermann A, Hahn, EG, Raithel M. (2009) Differenzialdiagnose von Nahrungsmittelunverträglichkeiten. The differential diagnosis of food intolerance. *Dtsch Arztebl Int* 106(21) 359–369. DOI: 10.3238/arztebl.2009.0359

Ernährungstraining für bessere Leistungsfähigkeit

Elisabeth Malzfeldt

- 16.1 Balance der Nährstoffe – 266**
 - 16.1.1 Was ist gesunde Ernährung? – 266
 - 16.1.2 Ernährungskonflikt – Wie sind die Makronährstoffe richtig verteilt? – 270
 - 16.1.3 Steinzeiter Ernährung – Anregung für eine vollwertigere Kost – 273
- 16.2 Praktische Umsetzungstipps – 273**
 - 16.2.1 5 am Tag – Obst und Gemüse hält gesund – 274
 - 16.2.2 Ballaststoffe – alles andere als Ballast – 275
 - 16.2.3 Eiweiß sorgt für gute Sättigung – 275
- 16.3 Spezielle Situationen fordern spezielle Ernährung – 276**
 - 16.3.1 Veggie-Food für Vegetarier und Veganer – 276
 - 16.3.2 Low-Calorie-Food bei Übergewicht – 277
 - 16.3.3 Body-Food für Sportler – 283
 - 16.3.4 Brain-Food – Ernährung für ein gesundes Gehirn – 284
- 16.4 Empfehlung für alle: ONQI-Wert für gute Lebensmittel – 287**
- 16.5 Nahrung, ein wertvolles Gut – Tipps für den täglichen Genuss – 288**
- Literatur – 290**

16.1 Balance der Nährstoffe

16.1.1 Was ist gesunde Ernährung?

Die meisten Menschen wünschen sich, dass sie lange gesund leben. Dazu gehört auch gut zu essen.

➤ Wichtig

Eine gesunde Ernährung ist eine Ernährungsweise, die dem Organismus das gibt, was er für eine optimale Physis und eine zufriedene Psyche braucht, was Krankheiten vorbeugt und vorzeitige Alterung verhindert.

Die Nahrung sollte

- Bedarfsdeckend sein entsprechend der Lebensphase sowie den inneren und äußeren Anforderungen
- Den Körper mit allen Nährstoffen in der richtigen Mischung versorgen
- Abwechslungsreich sein
- Individuell verträglich und bekömmlich sein
- Frisch und frei von giftigen Substanzen sein
- Umweltfreundlich und nachhaltig erzeugt, gelagert und zubereitet werden
- Genuss bringen und die Lebensqualität steigern

Die Ansicht darüber, was als besonders gesund gilt, verändert sich immer wieder, teilweise durch neue wissenschaftliche Erkenntnisse, teilweise auch aufgrund nicht fundierter Ideen oder Moden. Vieles hat allerdings Bestand, etwa der Spruch: »Esst mehr Obst und Ihr bleibt gesund.« Dass Obst und Gemüse besonders wertvolle Lebensmittel sind, wusste man schon lange vor Entdeckung der Vitamine im 20. Jahrhundert.

➤ Wichtig

Auf die Entstehung und Verhütung chronischer Erkrankungen hat die Ernährung einen starken Einfluss.

Jeder Bissen Nahrung besteht aus Tausenden unterschiedlichen chemischen Substanzen (► Kap. 15). Welches Lebensmittel oder welche Inhaltsstoffe dabei besonders wirksam sind, ist häufig schwer nachzuweisen. Um potenzielle gesundheitsfördernde bzw. -schädigende Nahrungsmittel zu identifizieren, werden ernährungsepidemiologische Untersuchungen durchgeführt. Für die Interpretation bleibt oft ein großer Spielraum. Es fehlen einheitliche Vorgehensweisen bei der Studiendurchführung und -auswertung, sodass Einflussfaktoren schwer herauszurechnen und die Ergebnisse oft schlecht vergleichbar sind (Schoenfeld u. Ioannidis 2013).

Die EPIC-Studie wurde 1992–2000 mit rund 0,5 Mio. Menschen in 10 europäischen Ländern durchgeführt mit der aus vorhergehenden retrospektiven Studien (Fall-Kontroll-Studien) abgeleiteten Erwartung, dass ein hoher

Konsum von Obst und Gemüse die Anzahl von Krebsfällen deutlich reduzieren würde. Es wurde schließlich nur ein sehr bescheidener krebsvorbeugender Effekt gefunden. Rechnerisch kann aus den Ergebnissen ermittelt werden, dass durch einen Mehrverzehr von 150 g Obst und Gemüse täglich ein Rückgang der Krebsfälle um ca. 2,5% zu erwarten wäre.

Als Erklärung für das magere Ergebnis wird eine uneinheitliche Studienlage angesehen und vor allem die Tatsache, dass **Krebs** durch viele verschiedene Faktoren bedingt sein kann und sehr lange Entwicklungszeiten benötigt (Willett 2010; Bofetta et al. 2010). Es wird weiter geforscht, um differenziertere Aussagen zu erhalten – bezüglich der unterschiedlichen Krebsarten, einzelner Inhaltsstoffe der Gemüsesorten sowie des Einflusses längerer Untersuchungszeiträume.

Im Gegensatz zu Krebserkrankungen konnte für **Herz-Kreislauf-Erkrankungen** unter anderem in einer Studie der amerikanischen Harvard School of Public Health eine deutliche Risikoreduktion in Abhängigkeit vom Obst- und Gemüseverzehr gezeigt werden. Besonders grüne Blattgemüse führten zu einem Rückgang von koronarer Herzkrankheit (KHK) und anderen chronischen Erkrankungen. Teilnehmer, die weniger als 1,5 Portionen Obst und Gemüse zu sich nahmen, hatten ein um 28% erhöhtes KHK-Risiko gegenüber denen, die mindestens 5 Portionen aßen. Als dafür relevante Nährstoffe wurden Folsäure, Kalium und möglicherweise sekundäre Pflanzenstoffe (Glukosinolate, Dialkylsulfide und Flavonoide) benannt (Hung et al. 2004).

Auch trotz der schwachen Beweislage für die allgemeine Krebsvorbeugung sollte man entsprechend den Empfehlungen der WHO und der maßgeblichen medizinischen Fachgesellschaften **täglich mindestens 5 Portionen Gemüse und Obst** (»5 a day«) essen (► Abschn. 16.2.1). Dies gilt als Maßnahme zum Schutz vor den verschiedenen Facetten des metabolischen Syndroms (► Abschn. 3.5) (v.a. Bluthochdruck, koronare Herzkrankheit und Schlaganfall), vor Demenz, Rheuma, Osteoporose sowie bestimmten Lungen- und Augenerkrankungen (Boeing et al. 2012).

Der Mix macht's

Immer wieder werden einzelne Lebensmittel als besonders gesund herausgestellt und Botschaften verbreitet wie: »Ananasenzyme kurbeln den Stoffwechsel an.« Es gibt kein einzelnes Lebensmittel, das alle Nährstoffe enthält, die ein Mensch braucht – außer der Muttermilch im ersten Lebenshalbjahr, zumindest wenn die stillende Mutter gut ernährt ist.

➤ Wichtig

Eine möglichst vielseitige Auswahl und Kombination natürlicher Lebensmittel garantiert eine umfassende Versorgung.



■ **Abb. 16.1** Schweizerische Lebensmittelpyramide (© Schweizerische Gesellschaft für Ernährung SGE, Bundesamt für Gesundheit BAG/2011, mit freundl. Genehmigung)

Dies ist gut zu realisieren mit bestimmten traditionellen Ernährungsstilen wie z. B. der **mediterranen Kost**. Sie basiert auf naturbelassenen, frischen pflanzlichen Lebensmitteln, ergänzt durch Fisch, Hülsenfrüchte, hochwertige Öle und Nüsse sowie häufig Rotwein in kleinen Mengen. Die Bestandteile sind im Allgemeinen regional erzeugt, frisch, sonnengereift und daher reich an Vitaminen und sekundären Pflanzenstoffen.

Ein ähnliches Konzept lässt sich auch in anderen Regionen mit **regionalen und saisonalen Lebensmitteln** umsetzen. Bausteine hierfür sind voll ausgereifte einheimische Gemüse- und Obstsorten der Saison und einheimische Öle wie Raps- und Leinöl sowie Getreideprodukte aus dem vollen Korn, Hülsenfrüchte, Kräuter, Nüsse und Kerne. Hinzu kommen moderate Mengen Milchprodukte, Fleisch (vorzugsweise Geflügel), Seefisch und wenige Eier.

Die Slow-Food-Bewegung hat sich in Abgrenzung zum Fast Food zum Ziel gesetzt, naturbelassene regionale Lebensmittel und die regionale Küche mit ihrer Geschmacksvielfalt zu erhalten. Sie wurde 1989 in Norditalien gegründet und hat Verbreitung in vielen Ländern gefunden (Slow Food Deutschland ohne Jahr).

Schweizerische Lebensmittelpyramide

Eine anschauliche Umsetzung der Empfehlungen für eine ausgewogene Ernährung auf Lebensmittelbasis zeigen Ernährungspyramiden wie z. B. die der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung (SGE (ohne Jahr); ■ Abb. 16.1). Aus der Größe der Pyramidensegmente kann man mit einem Blick eine Vorstellung der richtigen Mengenverhältnisse der jeweiligen Lebensmittel gewinnen. Im großen Segment an der Basis findet sich, was bevorzugt gegessen werden sollte, an der Spitze die »Highlights des Tages«, von denen nur kleine Mengen zu genießen sind.

Die Empfehlungen gelten für gesunde Erwachsene, um eine »ausreichende Versorgung mit Energie, Nähr- und Schutzstoffen« zu gewährleisten, den Gesundheitszustand zu verbessern und zur Krankheitsprävention beizutragen (SGE ohne Jahr). Die Lebensmittelmengen werden für die Altersgruppe von 19–65 Jahren mit einem Energiebedarf von 1800–2500 kcal/Tag dargestellt, was einer geringen Bewegungsaktivität entspricht. Anpassungen des Plans sind nötig für andere Personengruppen wie Kinder und Jugendliche, Ältere, Schwangere, Stillende, Sportler sowie bei bestimmten Erkrankungen und Gewichtsreduktion (SGE ohne Jahr). Die dargestellten Zielbereiche sollten im Durchschnitt einer Woche erreicht werden (■ Tab. 16.1).

Es sollte klar sein, dass es sich bei der Pyramide um ein stark vereinfachtes Modell handelt. Auf der Homepage der Schweizerischen Gesellschaft für Ernährung SGE sind zahlreiche weiterführende Informationen hinterlegt. Die folgenden Anmerkungen dienen zur kurzen Erläuterung der einzelnen Stufen der Pyramide:

Ernährungsregeln zur Schweizerischen Lebensmittelpyramide

- **Süßes, Salziges und Alkoholisches:** in kleinen Mengen
- **Öle, Fette und Nüsse:** täglich in kleinen Mengen, mit Butter und Margarine sparsam
- **Milchprodukte, Fleisch, Fisch, Eier und Tofu:** täglich 3 Portionen Milchprodukte und 1 Portion Fleisch/Fisch/Eier/Tofu
- **Getreideprodukte, Kartoffeln und Hülsenfrüchte:** täglich 3 Portionen; bei Getreideprodukten Vollkorn bevorzugen
- **Gemüse und Früchte:** täglich 5 Portionen in verschiedenen Farben
- **Getränke:** täglich 1–2 l ungesüßte Getränke; Wasser bevorzugen

Zusatz: Täglich mindestens 30 min Bewegung und ausreichend Entspannung.

Neue wissenschaftliche Erkenntnisse haben in den letzten Jahren mehrfach zu Modifikationen der wünschenswerten Nährstoffverteilung geführt und es existieren parallel verschiedene Versionen derartiger Pyramiden. Nach unserer Meinung stellen die Schweizerische Lebensmittelpyramide und ihre Umsetzungsempfehlungen (■ Tab. 16.1) eine gute Zusammenfassung des momentanen Kenntnisstands dar. Während vor einigen Jahren große Mengen kohlenhydrathaltiger Lebensmittel als die »Guten« die Basis vergleichbarer Pyramiden bildeten, wird die unterste Stufe jetzt von den Getränken besetzt, gefolgt von Gemüse und Früchten. Erst dann kommen – in reduziertem Anteil – die Kohlenhydrate, bevorzugt als Vollkornprodukte. Bei der Fettzufuhr wird in Begleittexten empfohlen, wegen seines hohen Gehalts an Omega-3-Fettsäuren mindestens zur Hälfte Rapsöl zu benutzen (SGE ohne Jahr).

Die Schweizer Lebensmittelpyramide ist für **gesunde 19- bis 65-Jährige** mit mäßiger körperlicher Aktivität (PAL 1,4, ► Abschn. 14.1, ► Tab. 14.2) und einem täglichen Kalorienbedarf zwischen 1800 und 2500 kcal konzipiert. ■ Tab. 16.1 zeigt die praktische Umsetzung auf Lebensmittelform, ■ Tab. 16.2 die Zielbereiche für die Kalorien- und Nährstoffversorgung. Gesamtenergiezufuhr und Portionsgröße richten sich nach dem individuellen Bedarf entspre-

chend Geschlecht, Größe, Alter und körperlicher Aktivität sowie individuellen Faktoren.

Heranwachsende haben wachstumsbedingt einen höheren Energiebedarf, der durch größere Mengen Kohlenhydrate gedeckt werden sollte. Diese sollten möglichst vollwertig sein – bei Süßwaren, Snacks und gesüßten Getränken wird zu Mäßigung geraten. Zum Aufbau einer stabilen Knochensubstanz besteht ein erhöhter Kalziumbedarf.

Mit zunehmendem Alter sinkt der Kalorienbedarf, weiterhin ist aber eine hohe Zufuhr von Eiweiß, Vitaminen, Mineralstoffen und sekundären Pflanzenstoffen nötig. Daher sollten ältere Menschen besonders auf nährstoffreiche, hochwertige Lebensmittel achten. Durch regelmäßige Bewegung kann ein höherer Energieumsatz aufrechterhalten bleiben.

Stärker abweichende Nährstoffbedürfnisse haben Kinder, Schwangere, Stillende und Leistungssportler sowie Menschen mit krankheitsbedingt verändertem Nahrungsbedarf oder bei der Gewichtsreduktion (SGE ohne Jahr; Empfehlungen die Gewichtsreduktion ► Abschn. 16.3.2, für Sportler ► Abschn. 16.3.3).

Als Richtschnur für alle wird darauf hingewiesen, dass abwechslungsreiche Lebensmittelauswahl eine umfassende Versorgung ermöglicht. Die Lebensmittel sollten frisch sein, der jeweiligen Saison entsprechen und weder weit transportiert noch lange gelagert sein. Essen mit Genuss in angenehmer Atmosphäre und in Ruhe sorgt für Sättigung, Zufriedenheit und ein optimales Zusammenspiel der Verdauungsorgane. Die jeweiligen Essensmengen sollten im Wochendurchschnitt erreicht werden.

Zusätzlich zu erwähnen ist die von Walter Willett, dem Direktor der Ernährungsabteilung der School of Public Health an der renommierten amerikanischen Harvard-Universität, stammende »**Healthy Eating Pyramid**« (Harvard School of Public Health Nutrition Source 2013a). Sie bezieht mehr Gesundheitsaspekte der Lebensmittel ein und stellt das bisher Erwähnte teilweise auf den Kopf:

- An der Basis der Pyramide stehen Bewegung und Gewichtskontrolle.
- Es wird zu höherem Konsum von hochwertigen, **herzgesunden pflanzlichen Ölen** (u. a. Raps- und Olivenöl) geraten. Diese stehen auf der nächsten Stufe der Pyramide neben **Gemüse und Obst** sowie **Vollkornprodukten**.
- Unter den eiweißhaltigen Nahrungsmitteln sind solche vorzuziehen, die einen geringen Gehalt an gesättigten Fettsäuren haben und in höherem Maß gesunde Inhaltsstoffe bieten (**Fisch, Geflügel, Bohnen oder Nüsse**). Nicht häufig und auch nur in kleinen Mengen ist der Konsum von »rotem« Fleisch (Muskelfleisch von Säugetieren) und Käse akzeptabel; Wurst- und Fleischwaren sind weitgehend zu meiden.

Tab. 16.1 Empfohlene tägliche Lebensmittelmengen für Erwachsene (19–65 Jahre) entsprechend der Schweizerischen Lebensmittelpyramide (SGE ohne Jahr). Pflanzliche Eiweißträger sind nicht nur für Veganer und Vegetarier, sondern für alle als Abwechslung geeignet

Getränke	1–2 l	Wasser, Früchte/Kräutertee; auch Kaffee, schwarzer und grüner Tee – möglichst ungesüßt
Gemüse und Früchte – in diversen Farben	5 Portionen à 120 g auswählen	3 Portionen Gemüse 2 Portionen Obst – 1 Portion kann durch 200 ml Saft ersetzt werden
Getreideprodukte, Kartoffeln und Hülsenfrüchte – bevorzugt Vollkorn	3 Portionen auswählen	75–125 g Brot/Teig (1,5–2,5 Scheiben) 180–300 g Kartoffeln 60–100 g Hülsenfrüchte 45–75 g Knäckebrot, Getreideflocken, Mehl, Teigwaren, Reis, Mais etc. (Trockengewicht)
Milchprodukte	Täglich 3 Portionen Milch/ Milchprodukte auswählen	– Möglichst abwechslungsreich 200 ml Milch 150–200 g Joghurt/Quark/andere Milchprodukte 30 g Schnitt- oder Hartkäse 60 g Weichkäse
Fleisch, Fisch, Eier, Tofu	Je 1 Portion auswählen	100–120 g Fleisch, Geflügel, Fisch oder pflanzliche Proteinquellen (Tofu*, Quorn**, Seitan***) 2–3 Eier (lt. Empf. DGE nur max. 3 Eier pro Woche ► Abschn. 14.2.1)
Öle, Fette und Nüsse		2–3 Esslöffel (20–30 g) hochwertiges Pflanzenöl, mindestens zur Hälfte Rapsöl Täglich 1 Portion (20–30 g) ungesalzene Nüsse, Samen oder Kerne Zusätzlich sparsam Butter, Margarine oder Sahne (1 Esslöffel = ca. 10 g pro Tag)
Süßes, Salziges und Alkoholisches	Mit Maß genießen	Süßigkeiten, gesüßte Getränke, salzige Knabbereien und alkoholische Getränke

* Tofu ist Sojabohnenquark.

** Quorn ist ein aus dem fermentierten Protein von Pilzen industriell hergestelltes, fettarmes Produkt, das alle essenziellen Aminosäuren enthält.

*** Seitan stellt man aus Weizenprotein (Gluten) her, es dient als fettarmer Fleischersatz und entstammt der fernöstlichen Lehre der Makrobiotik.

Tab. 16.2 Zielbereiche für die Energie- und Nährstoffzufuhr für gesunde 19- bis 65-Jährige entsprechend der Schweizerischen Lebensmittelpyramide

Nährstoff/Nahrungsbestandteil	Zielbereich (pro Tag)
Energie	1800–2500 kcal (7,4–10,6 MJ)
Protein	10–20% der Energie
Kohlenhydrate	45–55% der Energie
Nahrungsfasern (Ballaststoffe)	Ca. 30 g
Zugesetzte Zuckerarten (z. B. Saccharose, Glukose, Fruktose)	Moderater Konsum (max. 10% der Energie)
Fett	30–40% der Energie
Langkettige gesättigte Fettsäuren	< 10% der Energie
Einfach ungesättigte Fettsäuren	10–15% der Energie
Mehrfach ungesättigte Fettsäuren	< 10–12% der Energie
Linolsäure (Ω6-Fettsäure)	2,5% der Energie
Alpha-Linolensäure (Ω3-Fettsäure)	0,5% der Energie
Vitamine	100% der D-A-CH-Referenzwerte für 19- bis 65-Jährige
Mengen- und Spurenelemente	100% der D-A-CH-Referenzwerte für 19- bis 65-Jährige
Wasserzufuhr über Getränke und feste Nahrung	1,0–1,1 ml/kcal (250–270 ml/MJ) (inkl. Oxidationswasser ► Abschn. 14.2.4)

- Die darüberliegende Stufe gehört den **Milchprodukten**. Während die D-A-CH-Empfehlung von 3 Portionen am Tag ausgeht, sollten sie nach den Harvard-Experten nur **1- bis 2-mal täglich** genutzt werden, da ein erhöhter Konsum Prostata- und möglicherweise Eierstockkrebs fördern könne. Da Milchprodukte als beste Kalziumquelle gelten, sollte man in diesem Fall häufiger zu anderen kalziumhaltigen Lebensmitteln greifen (verschiedene Kohlsorten, Hülsenfrüchte, kalziumreiche Mineralwässer [$> 300 \text{ mg/l}$], kalziumangereicherte Sojamilch).
- Die kleine Pyramidenspitze nehmen die selten zu verzehrenden, oft hochverarbeiteten Lebensmitteln ein – darunter »rotes« Muskelfleisch und Wurstwaren, Butter, Salzreiches, Weißmehl- und Zuckerhaltiges, gezuckerte Getränke sowie Kartoffeln – zumindest wenn diese mehlig gekocht oder fettreich zubereitet sind, wodurch ihr glykämischer Index steigt (► Abschn. 14.2.1). Gehärtete Fette sind zu meiden.

Getränke sollten zuckerfrei sein, **Wasser das bevorzugte Getränk**, daneben Tee und auch Kaffee. Fruchtsaft sollte auf ein kleines Glas am Tag beschränkt bleiben. Geringe Mengen Alkohol können wegen gefäßschützender Wirkungen (► Abschn. 14.2.5) akzeptiert werden, er wird aber nicht explizit empfohlen. Allgemein wird zu mehr pflanzlichen und weniger tierischen Lebensmitteln geraten. Supplemente wie Vitamin D, Kalzium oder Multivitaminpräparate (mit Folsäure) werden großzügig empfohlen.

Bei der gesundheitlichen Beurteilung von **Fleisch** wird besonders in den USA nach »rotem« und »weißem« Fleisch differenziert. Als weiß bezeichnet man das Fleisch von Huhn, Gans und Pute, optimal ist es ohne die Haut.

► Wichtig

Der Konsum von »rotem« Fleisch, insbesondere in verarbeiteter Form, steht im Zusammenhang mit einer erhöhten Sterberate infolge Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Krebs sowie auch einer allgemein erhöhten Mortalitätsrate.

Noch streitet man darum, wie weit dieses in vielen Studien belegte erhöhte Risiko generell durch rotes Fleisch oder vorwiegend durch verarbeitete Fleisch- und Wurstwaren bedingt ist. »Rotes« Muskelfleisch erhöht das kardiovaskuläre Risiko durch seinen Gehalt an gefäßschädigenden gesättigten Fettsäuren und Cholesterin; reichlich vorhandenes Eisen steht mit einer erhöhten Herzinfarktrate im Zusammenhang. Wurstwaren enthalten darüber hinaus viel Salz (blutdruckerhöhend) und werden mit Nitrat und Nitrit (Pökelsalz) haltbar gemacht, die die Gefäßfunktion beeinträchtigen.

Hoher Konsum von »rotem« Fleisch und Wurst erhöht das Risiko für Dickdarmkrebs und weitere Krebsarten. Als ursächlich gelten die krebserzeugenden Substanzen, die

bei hohen Koch- oder Grilltemperaturen entstehen. Bei Gepökeltem entstehen dadurch außerdem krebserregende Nitrosamine (Reaktionsprodukte zwischen Nitrit und aus Aminosäuren entstandenen Aminen). Vitamin C aus Gemüse oder Früchten kann die Nitrosaminbildung eindämmen. Es wird Wurstwaren auch als Oxidationsschutz zugesetzt. Eine groß angelegte Studie der Harvard-Universität (Pan et al. 2012) kommt zu dem Schluss, dass jede Portion »rotes« Fleisch, die pro Tag mehr verzehrt wird, das Sterberisiko um 13% steigert, jede Portion verarbeitetes Fleisch um 20%. Ersatz einer täglichen Fleischportion durch Fisch, Geflügel, Nüsse, Hülsenfrüchte, fettarme Milchprodukte oder Vollkorngetreide führt zu einer Risikominderung von bis zu 19% (im Fall von Nüssen).

► Wichtig

Die DGE empfiehlt, wöchentlich 300–600 g Fleisch und Wurstwaren nicht zu überschreiten.

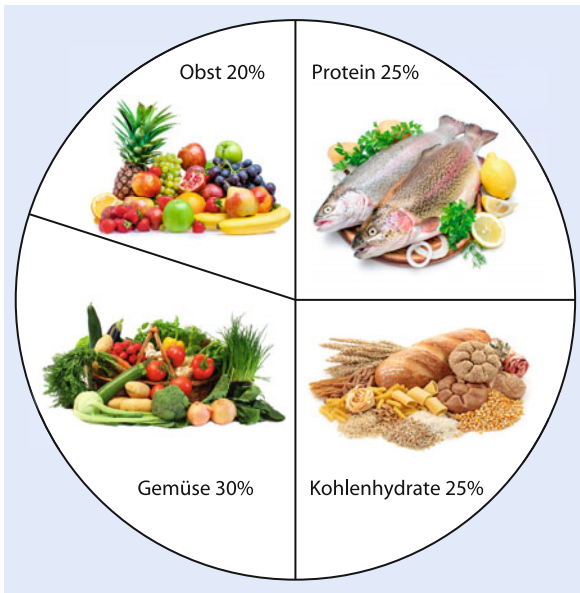
Es geht den Wissenschaftlern nicht um eine fettarme Ernährung, sondern um **Fettmodifikation**. Gesunde Pflanzenöle (Oliven- und Rapsöl sowie andere hochwertige Öle) werden – in Maßen – explizit empfohlen. Butter sollte wenig gegessen werden. Zu meiden sind (teil)gehärtete Öle, die gefäßschädigende Transfettsäuren enthalten (► Abschn. 14.2.1).

Gesunder Essteller

Ein symbolischer gesunder Essteller dient als Illustration für die Umsetzung der Botschaften der Pyramide in Mahlzeiten und Portionen (Harvard School of Public Health Nutrition Source (2013b)) (■ Abb. 16.2). Zur Hälfte wird dieser Teller mit buntem Gemüse (3/5 davon) und Früchten (2/5 davon) gefüllt. Je ein Viertel ist mit möglichst vollwertigen Getreideprodukten (Vollkorn) und Eiweißlieferanten besetzt. Vorzugsweise sind eiweißhaltige Nahrungsmittel zu wählen, die einen geringen Gehalt an gesättigten Fettsäuren haben und in höherem Maße gesundheitsfördernde Inhaltsstoffe enthalten (Fisch, Geflügel, Bohnen oder Nüsse). Nicht abgebildet sind zusätzlich verzehrte Fette und Öle und die Getränke, die möglichst wenig Energie enthalten sollten (vorzugsweise Wasser).

16.1.2 Ernährungskonflikt – Wie sind die Makronährstoffe richtig verteilt?

Die »richtige« Verteilung der energieliefernden Nährstoffe Kohlenhydrate und Fette ist ein wesentlicher Streitpunkt unter den wissenschaftlichen Experten wie auch bei den Erfindern immer neuer Diäten. Unter anderem geht es um die Frage, ob man besser die Fettzufuhr (Low Fat) oder die Kohlenhydratzufuhr (Low Carb) einschränken sollte, um das Herz-Kreislauf-Risiko zu senken und gleichzeitig Gewicht zu reduzieren (► Abschn. 16.3.2).



■ **Abb. 16.2** Gesunder Esssteller. Zur Hälfte ist der Teller mit faser- und wasserreicher pflanzlicher Kost (3/5 Gemüse und 2/5 Obst) gefüllt, je zu einem Viertel mit fettarmer Eiweißkost und vollwertigen Kohlenhydraten. (©Andrey Armyagov, Yantra, Alexander Rath, Elena Schweizer; fotolia.com)

➤ Wichtig

Die Empfehlungen zum Anteil der Kohlenhydrate an der täglichen Energiezufuhr variieren zwischen 45 und 60 Energie-Prozent (EN-%, Prozentsatz der Gesamtenergieaufnahme, der auf Kohlenhydrate entfällt), teils werden noch geringere Werte angegeben.

Die offiziellen Ernährungsgesellschaften des deutschsprachigen Raumes (D-A-CH) empfehlen einen hohen Anteil **Kohlenhydrate** von 50–60% als Richtwert, für Fette nicht mehr als 30% (D-A-CH 2008). Als Begründung wird angeführt, dass auf diese Weise viele pflanzliche Nahrungsmittel gegessen werden, die reich an gesundheitsrelevanten Begleitstoffen sind und gleichzeitig eine vergleichsweise geringe Energiedichte haben. Sie sättigen aufgrund ihres Ballaststoffanteils nachhaltig und beugen so Adipositas vor. Die DGE macht darauf aufmerksam, dass bei einer kohlenhydratarmer Ernährung die Versorgung mit den gesundheitsfördernden löslichen Ballaststoffen speziell aus Getreide zu kurz kommt (DGE 2011).

In einer neueren Leitlinie akzeptiert die DGE auch einen geringeren Kohlenhydratanteil unter 50% – unter der Bedingung, dass diese dann durch günstige Fette (bis 35%) und pflanzliche Eiweiße ersetzt werden, ein hoher Anteil der Kohlenhydrate aus Vollkornprodukten stammt und die Versorgung mit den notwendigen Mikronährstoffen und Ballaststoffen gewährleistet wird (DGE 2011).

In den USA ist seit vielen Jahren zu beobachten, dass trotz deutlicher Einsparung beim Nahrungsfett der Anteil

übergewichtiger Menschen immer mehr zunimmt. Neben dem Nahrungsfett gerieten daher die vermehrt konsumierten Kohlenhydrate als entscheidende Faktoren für die Überernährung und ihre Folgeerkrankungen in den Fokus. Ein hoher Kohlenhydratanteil in der Nahrung erhöht den Triglyzeridspiegel im Blut und senkt das schützende HDL-Cholesterin (Willett 2003). Dies trifft im Besonderen zu auf Kohlenhydrate wie Zucker und Weißmehl, die zu schnellem Blutzuckeranstieg führen (hoher glykämischer Index, ▶ Abschn. 14.2.1).

Einiges spricht dafür, den Kohlenhydratanteil besonders für Menschen mit wenig Bewegung und Veranlagung zum metabolischen Syndrom zu beschränken (Willett 2003). Ein hoher Konsum (über 1 g/kg KG am Tag) vor allem von Fruktose hat negative Auswirkungen auf Blutfette, Insulinempfindlichkeit und Blutdruck, unabhängig davon, ob sie als isolierter Fruchtzucker oder als Bestandteil des Haushaltszuckers vorliegt. Hier setzt auch die Empfehlung an, den Zusatz von Zucker auf 10% der Energiezufuhr zu beschränken (BAG 2009).

Das Schweizer Bundesamt für Gesundheit empfiehlt daher abweichend von den D-A-CH-Werten einen niedrigen Kohlenhydratanteil von 45% (bis 55%) an der Energiezufuhr. Auch die klassisch mediterrane Kost enthalte höchstens 45% Kohlenhydrate und höhere Mengen herziges Olivenöl (BAG 2009). Walter Willett plädiert für weniger als 45% Kohlenhydrate bei gleichzeitiger Anhebung des Fettanteils auf bis zu 40%. Ein Fettanteil zwischen 18 und 40% der Nahrungskalorien habe wenig bis keinen Einfluss auf die Körperfettmasse (Willett 2002). Noch radikaler weicht Nicolai Worm mit seiner LOGI-Methode (Low Glycemic and Insulinemic Diet) von der D-A-CH-Nährwertrelation ab mit ca. 20–30% Kohlenhydraten, 20–30% Eiweiß und 40–50% Fett (Worm 2008).

Es gibt in der Tat bisher keinen Nachweis für die allgemeine Notwendigkeit, Kohlenhydrate in größeren Mengen zu essen, zumal der Körper die für die Versorgung des Gehirns unverzichtbare Glukose ja durch Glukoneogenese selbst erzeugen kann, wenn die Zufuhr aus der Nahrung gering ist (▶ Abschn. 14.2.1).

➤ Wichtig

- Für die Prävention von Krankheiten ist nicht so sehr die Quantität der Kohlenhydrate entscheidend als vielmehr ihre Qualität, insbesondere der Gehalt an lebensnotwendigen und gesundheitsfördernden Begleitstoffen.
- Vor allem im Hinblick auf einen langsamen und mäßigen Anstieg des Blutzuckers sollte die Nahrung reich an Ballaststoffen (Vollkornprodukten) sein und die Zufuhr von Süßwaren und zuckergetränkten Getränken deutlich eingeschränkt werden.

Bei den **Fetten** ist in Bezug auf die Gesundheit ebenfalls die Qualität wichtiger als die Quantität (Konner u. Eaton 2010). Nach D-A-CH und DGE sollte der Anteil von Kalorien aus Fett nicht mehr als 30% der Gesamtkalorien ausmachen, allenfalls bei körperlich aktiven Menschen bis zu 35% (DGE 2011). Die schweizerische EEK (Eidgenössische Ernährungskommission) hält 30–40% Kalorien aus Fetten für angemessen, wenn die Qualität stimmt (BAG 2012).

Eine Reduzierung der Fettmenge ist relativ einfach umzusetzen, ohne dass die Essensportionen wesentlich kleiner werden müssen; so kann der Magen dennoch gut gefüllt werden. Die Fettqualität kann verbessert werden durch Verringerung des Anteils an gesättigten Fettsäuren, Begrenzung von Transfettsäuren auf maximal 1 Energie-% (Uauy et al. 2009; BAG 2012) und durch verstärkte Zufuhr von Omega-3-Fettsäuren (► Abschn. 4.2.1).

Es gibt auch von dieser Sichtweise abweichende Ansätze, z. B. den der **Atkins-Diät** (► Abschn. 16.3.2) Sie propagiert eine extrem kohlenhydratarme, fett- und eiweißreiche Ernährung, die auf einer hohen Zufuhr an tierischen Lebensmitteln basiert und den Körper bewusst in den Zustand der Ketose bringt (Fettabbau zu Ketonkörpern, die zur Energiegewinnung herangezogen werden, wie z. B. Aceton, ► Abschn. 14.2.1 und ► Abschn. 16.3.4).

In den Empfehlungen der D-A-CH und der EEK gilt für die **Eiweißversorgung** gesunder Erwachsener mit geringer körperlicher Aktivität einheitlich der Durchschnittsbedarf von 0,8 g/kg KG, um das Stickstoffgleichgewichts des Körpers aufrechtzuerhalten. Für spezielle Gruppen und Lebenssituationen können abweichende Bedarfswerte gelten (► Abschn. 16.1.1). Die EEK gibt zusätzlich den allgemein akzeptierten oberen Grenzwert von 2 g/kg KG an (BAG 2011). Bei den prozentualen Anteilen an der Gesamtenergiezufuhr gibt es deutliche Unterschiede. Während die DGE bzw. D-A-CH-Empfehlungen zwischen 9 und 11% der Gesamtkalorien und maximal bei 15% liegen (DGE 2011), ist laut EEK von 10–20% auszugehen. Unter einer Kalorieneinschränkung zur Gewichtsreduktion resultiert bei gleich hohem Bedarf von 0,8 g/kg KG eventuell ein noch höherer prozentualer Anteil von Eiweiß an den Energielieferanten.

► Wichtig

Auf die Frage, wie die Makronährstoffe optimal aufzuteilen sind, gibt es keine allgemein gültige Antwort.

Makronährstoffe haben unterschiedliche Auswirkungen auf den Stoffwechsel und die Entstehung von Übergewicht und Folgeerkrankungen wie Arteriosklerose und Diabetes Typ 2 (► Abschn. 16.3.2). Die jüngste Leitlinie der US-amerikanischen Diabetes-Gesellschaft (Evert et al. 2013) gibt beispielsweise keine Empfehlungen für eine ideale Kohlenhydrat- oder Fettmenge. Ganz pragmatisch werden neben- einander mediterrane Kost, vegetarische, fettarme (low fat)

ebenso wie kohlenhydratarme (low carb) Ernährung und der DASH-Ernährungsplan (Dietary Approaches to Stop Hypertension, die Ernährungsstrategie gegen Bluthochdruck des US-amerikanischen Instituts für Herz-, Lungen- und Blutgesundheit [NHLBI]) (NIH (2006)) den Menschen als geeignete Maßnahmen zur Senkung des Diabetesrisikos zur Auswahl gestellt.

Es wird lediglich gefordert, dass natürliche und höchstens gering verarbeitete, nährstoffreiche Lebensmittel in angemessenen Portionsgrößen gegessen werden. Gemüse, Vollkornprodukte, Früchte, Hülsenfrüchte und Milchprodukte sind solchen Produkten vorzuziehen, denen Fett, Zucker oder Salz zugesetzt wurde. Qualitativ hochwertige Öle sind notwendiger Bestandteil der Ernährung; in moderaten Mengen sind sie auch regelmäßig während der Gewichtsreduktion notwendig. Eine individuelle Wahl unter Berücksichtigung von persönlichen Vorlieben, Bekömmlichkeit, Prägung durch Tradition und Kultur sowie der wirtschaftlichen Verhältnisse kann die Bereitschaft zur langfristigen Veränderung des Ernährungsstils stärken.

In ihrem Positionspapier »Richtwerte für die Energiezufuhr aus Kohlenhydraten und Fett« sieht die **Deutsche Gesellschaft für Ernährung** (DGE 2011) Veränderungen der Nährstoffrelationen als irrelevant an für die Krankheitsprävention (Adipositas, Diabetes Typ 2, Arteriosklerose und Krebserkrankungen). Stattdessen ist auf mehr Bewegung zu achten und es sollen adäquate Nahrungsmengen eingehalten sowie ernährungsphysiologisch wertvolle Lebensmittel gegessen werden. Spezifische Empfehlungen sind:

Praxistipp

- Ein **erhöhter Verzehr von Ω3-Fettsäuren** kann u. a. das Risiko für koronare Herzkrankheit senken.
→ **Tipp:** 1(–3) Portionen Seefisch pro Woche; Lein-, Raps-, Soja- und Walnussöl, Walnüsse; Distel-, Keim- und Sonnenblumenöl (Ω6) einschränken; Milch und Fleisch von Weidetieren oder Wild
- Der Ersatz von gesättigten Fettsäuren durch Ω3- und Ω6-Fettsäuren kann das Risiko für koronare Herzkrankheit senken.
→ **Tipp:** Kochen und Braten mit geeigneten Ölen; statt Wurst mehr pflanzliche Brotaufstriche; Nüsse und Samen als Snack und über den Salat
- **Zuckergesüßte Getränke** (Cola und Limonaden, Eistee, Fruchtsaftgetränke und -nektare) erhöhen das Risiko für Adipositas und Diabetes.
→ **Tipp:** Durstlöscher sollte Wasser sein; ab und zu 1 Glas Saft, am besten als Schorle
- **Vollkornprodukte** können das Risiko für ernährungsmitbedingte Erkrankungen senken.

→ **Tipp:** Vorzugsweise Vollkornbrot/-brötchen; brauner Reis, Bulgur, Couscous, Hirse, Dinkel, Grünkern, Quinoa als Beilage; Vollkornnudeln oder Hartweizengrießnudeln; ungezuckerte Getreideflocken/Müsli

- Wenn der Kohlenhydratanteil an der Nahrung gesenkt wird (< 50%), sollte auf eine gute Versorgung mit Mikronährstoffen und Ballaststoffen geachtet werden. Der Verzehr von **Eiweiß erhöht** sich dann; es sollte vermehrt **aus pflanzlichen Lebensmitteln** stammen und nicht aus größeren Fleischportionen, vor allem sollte nicht mehr rotes Muskelfleisch (Rind, Schwein oder Lamm) gegessen werden.

→ **Tipp:** Hülsenfrüchte (Linsen, Bohnen, Erbsen, Kichererbsen) in Suppen oder Salat; Sojaprodukte ausprobieren; auch Kerne und Nüsse sind eiweißreich.

16.1.3 Steinzeiter Ernährung – Anregung für eine vollwertige Kost

Die modernen Anhänger der Steinzeiter Ernährung (Paläodiet) stützen sich auf die Argumentation, dass sich das menschliche Genom (die Gesamtheit der genetischen Information) bezogen auf die 5–7 Mio. Jahre währende Evolutionsgeschichte noch nicht auf die Veränderung der Ernährung durch Einführung von Ackerbau und Viehzucht (vor ca. 10.000 Jahren) eingestellt hat. Die Kost der Jäger und Sammler der Altsteinzeit sei noch immer die für den menschlichen Körper am besten geeignete (Konner u. Eaton 2010). Sie

- bestand aus minimal bearbeiteten, wild vorkommenden pflanzlichen und tierischen Nahrungsmitteln,
- enthielt keine raffinierten Kohlenhydrate,
- deutlich weniger Fruchtzucker,
- kein zugefügtes Salz,
- viel höhere Faseranteile (> 70 g/Tag),
- viel mehr Eiweiß (25–30 Energie-%),
- vergleichbar hohe Anteile Fett (20–25%),
- mehr Cholesterin (> 500 mg/Tag),
- vorwiegend ungesättigte Fettsäuren,
- verfügte über eine wesentlich geringere Energiedichte;
- die körperliche Aktivität war deutlich höher und damit auch der bewegungsbedingte Energieumsatz (ca. 1000 kcal pro Tag gegenüber 150–490 kcal/Tag heute). Bei Naturvölkern, die von ihrer traditionellen Ernährungsweise auf Zivilisationskost wechseln, verschlechtert sich der Gesundheitszustand deutlich (O'Dea 1992).

Durch Vergleich der Ernährungsweisen kann abgeleitet werden, wie die westliche Ernährung (Western diet) moderne Menschen für die Zivilisationskrankheiten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes und Insulinresistenz (verminderte Ansprechbarkeit der Körperzellen auf Insulin) prädisponieren kann. Diese werden mit Faktoren wie dem hohen Verarbeitungsgrad der modernen Nahrung, dem hohen Kohlenhydrat- und Zuckergehalt, dem ungünstigen Fettsäurespektrum, dem geringeren Mikronährstoffgehalt und der hohen Energiedichte erklärt (Cordain et al. 2005). Milchprodukte, Zerealien, Zucker, raffinierte Öle und Alkohol – alles Nahrungsmittel, die die Steinzeitmenschen nicht kannten – machen 72% der durchschnittlichen US-Ernährung aus.

In den modernen Gesellschaften wird sich die Steinzeitdiät vermutlich nicht wieder durchsetzen, aber sie ist zumindest ein interessantes Modell und eine Orientierung für eine Umstellung auf eine natürlichere, vollwertige Ernährungsweise. So sind beispielsweise zahlreiche natürliche Nahrungsmittel in der Lage, den Cholesterin-Blutspiegel zu senken, insbesondere Nüsse und Samen, Hülsenfrüchte, Vollkorngetreide mit hohem Anteil an löslichen Faserstoffen (Hafer und Gerste) und Kakao sowie auch dunkle Schokolade (Ros 2012). Auch die löslichen Ballaststoffe (z. B. Pektin) in Äpfeln, Quitten, Beeren und Karotten senken den Cholesterinspiegel, indem sie dem Körper Gallensäuren entziehen, die weitgehend aus Cholesterin bestehen.

16.2 Praktische Umsetzungstipps

Mit **vorwiegend naturbelassenen Nahrungsmitteln** (Gemüse, Salat, Kräutern, Früchten, Vollgetreide, Samen, Nüssen, Hülsenfrüchten, Fisch, Fleisch von vorzugsweise Wild- oder Weidetieren) sind viele Bedingungen der Steinzeitkost erfüllt. Veränderungen durch Züchtung (z. B. immer süßeres Obst, Verschwinden der Bitterstoffe aus Endivien) oder genetische Manipulation kann man durch Zurückgreifen auf alte Sorten aus dem Weg gehen. Als guten Tipp empfinden viele die wöchentliche Bio-Kiste, die bei Biobauern bestellt werden kann und regionales Gemüse und Obst der Saison enthält, öfters auch unbekannte Sorten.

Eine gröbere Kost lässt den Körper arbeiten, um allmählich an die Nährstoffe zu kommen. Gutes Kauen hält das Gebiss gesund und regt die Verdauungsdrüsen an. Pflanzenfasern füllen den Magen und geben Nährstoffe verzögert frei (Zucker). Blutzucker und Cholesterin werden gut kontrolliert. Obst, Gemüse, Hülsenfrüchte und Getreide, mit Schale gegessen, bringen Vitamine, Mineralstoffe und sekundäre Pflanzenstoffe. Viele Menschen haben allerdings leider einen so empfindlichen Darm ent-

wickelt, dass sie auf eine plötzliche Umstellung mit starken Beschwerden reagieren. Für sie gibt auch ganz fein vermahlenes Vollkornbrot und zartes junges Gemüse, was häufig verträglich ist.

Verarbeitete Nahrung enthält oft verschiedenste Zusatzstoffe, produktionsbedingt oder für die längere Haltbarkeit, bessere Optik oder auch zur Geschmacksverstärkung, beispielsweise Natriumglutamat. Wer Speisen frisch bereitet, benötigt nur in Ausnahmefällen derartige Chemikalien und kann die Zusammensetzung selbst bestimmen.

Nicht nur *was*, sondern auch *wie* man isst, ist von Bedeutung. Die Zufuhr von Energie und Nährstoffen sollte in mehreren Mahlzeiten über den Tag verteilt sein. Bei manchen Nährstoffen (z. B. Proteine, Vitamin C) ist die Aufnahme im Darm höher, wenn sie mehrfach in geringer Zufuhrmenge angeboten werden als eine große Dosis auf einmal. Vor allem wegen der verbreiteten Neigung zu Übergewicht und Insulinresistenz werden heute allgemein **drei Mahlzeiten** pro Tag empfohlen. In den 4–5 Stunden dazwischen sollten nur zuckerfreie Getränke (Wasser, Tee oder Kaffee) getrunken werden. Wenn Zwischenmahlzeiten gegessen werden, sollten diese wenig Blutzuckerwirkung haben. Diese Empfehlung kann hilfreich sein, um die häufig kaum bemerkte Kalorienaufnahme zwischen Mahlzeiten (Naschen) einzudämmen und so Gewichtszunahme zu verhindern. Nicht für jeden ist diese Regel passend, eine flexibler Handhabung ist sinnvoll. Kinder brauchen ein zweites Frühstück in der Schule, Sportler einen auf den Sport abgestimmten Mahlzeitenrhythmus und Schichtarbeiter haben ganz andere Nahrungserfordernisse.

16.2.1 5 am Tag – Obst und Gemüse hält gesund

Eine besondere Maßnahme zur Förderung eines gesunden Essverhaltens ist die von der WHO und zahlreichen Gesundheitsorganisationen in verschiedenen Ländern getragene Kampagne »5 am Tag« (»Five a Day«) (Servicebüro »5 am Tag« ohne Jahr). Die einfache Botschaft lautet, man solle

- 3 Portionen Gemüse (z. B. 1× Rohkost, 1× Salat, 1× gedünstetes Gemüse) und
- 2 Portionen Obst
- nach den Farben des Regenbogens essen.

Die Früchte und Gemüsesorten können roh oder gekocht sein, es darf auch eine Portion Gemüse- oder Obstsaft dabei sein. Die Portionsgröße bemisst sich in »Handvoll«, dies gilt bei großen Stücken, Kleinteiliges füllt zwei zusammengelegte Hände. Gemessen wird an der Handgröße des jeweiligen Essers (■ Abb. 16.3). Für Erwachsene sollten so 650 g Frucht- und Gemüsesorten täglich zusammenkommen.



■ Abb. 16.3 5 am Tag, Portionsgröße (© Servicebüro 5 am Tag e.V., mit freundl. Genehmigung)

Viele Menschen glauben, dies sei unmöglich zu schaffen. Ein Versuch lohnt sich allerdings – die Vorteile sind groß:

- In Zeiten von Überfluss und Überernährung ist es dadurch möglich, den Verzehr kompakter Lebensmittel wie Fleisch, Sahneseauce, Nudeln oder Kroketten auf ein angemessenes Maß einzugrenzen, indem eine Hälfte des Tellers von Gemüse oder Salat besetzt wird. Der Magen kann sich dann füllen, ohne überfüllt zu werden.
- Vitamine, Mineralstoffe und sekundäre Pflanzenstoffe können aus diesen Lebensmitteln reichlich aufgenommen werden – und das sind in ihrem natürlichen Zusammenhang zahlreiche Stoffe, die sich gegenseitig in ihrer gesunderhaltenden Wirkung verstärken.
- Ein wesentlicher Teil der Ballaststoffzufuhr kann auf diese Weise abgedeckt werden – Ballaststoffe sättigen, unterstützen die gesunde Darmfunktion und senken Cholesterin- und Blutzuckerspiegel.
- Der Verzehr von reichlich Gemüse und Obst korreliert mit geringeren Krankheitsraten bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen; den erwarteten Beweis für einen wesentlichen Rückgang von Krebserkrankungen durch hohen Obst- und Gemüseverzehr konnte die groß angelegte EPIC-Studie hingegen nicht erbringen (Bofetta et al. 2010).

Praxistipp

Am besten isst man zu jeder Mahlzeit »etwas Bunt«.

Dieses kann auch in Aufläufen, Suppen, Saucen, als Quiche oder Gemüsepizza sowie in Form von Obstkuchen oder Kompott erscheinen. Und es dürfen in einer Mahlzeit auch beispielsweise Salat und Gemüse sein! ■ Tab. 16.3 zeigt an einem Beispiel von vielen, wie es funktionieren kann.

Tab. 16.3 Tagesbeispiel »5 am Tag« – zu jeder Mahlzeit eine bunte Zutat

Zum Frühstück	1 Glas Orangensaft, frisch gepresst
Am Vormittag	Karotten- und Kohlrabi-Sticks
Zum Mittagessen	Gedünsteter Spinat
Nachmittags	Obstsalat mit Naturjoghurt
Zum Abendessen	Tomaten mit Mozzarella

Ein guter Snack für das Büro sind geschnittene Gemüse- und Obststücke, die man in einer Box mitnehmen kann. Auch als Heißhungerbremse kann dies sehr hilfreich sein, wenn es ganz vorn im Kühlschrank steht. Aus den Fruchtstücken lässt sich ein viel gesünderer Fruchtjoghurt oder Smoothie herstellen als die stark gezuckerten käuflichen Sorten.

Zum Erhalt der wertvollen und teilweise empfindlichen Vitamine, Mineralstoffe und sekundären Pflanzenstoffe ist ein sorgsamer Umgang mit den Lebensmitteln wichtig. Folgende Regeln helfen dabei:

- Beim Einkauf von Gemüse und Obst auf Frische achten. Tiefkühlware kann nährstoffreicher sein als überlagerte Frischware.
- Die Ware sofort verbrauchen oder nur so lange lagern wie nötig – dunkel, kühl und trocken.
- Der Vitamin-C-Verlust bei Kartoffeln und den meisten Gemüsen durch Kochen liegt durchschnittlich bei 35%, durch Dünsten in wenig Wasser sind es nur 20%.
- Die Kochzeit so kurz wie möglich wählen. Mit so wenig Kochwasser wie nötig kochen. Wenn möglich, das Gemüsewasser auch weiter für Saucen oder Suppen nutzen.
- Anstatt Speisen länger warm zu halten, sollte man sie schnell abkühlen lassen und neu aufwärmen.

16.2.2 Ballaststoffe – alles andere als Ballast

Unverdauliche Fasern sind in vielen naturbelassenen pflanzlichen Lebensmitteln enthalten. Sie spielen eine Rolle bei der Prävention von Adipositas, Fettstoffwechselstörungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und bestimmten Krebserkrankungen (► Abschn. 14.2.1). Ihre Anwesenheit erhöht die Sättigungswirkung einer Mahlzeit. Da die Faserstoffe gründlicher gekaut werden müssen, wird langsamer gegessen. Durch ihre Quellfähigkeit füllt sich der Magen schneller und leert sich langsamer.

Der Richtwert von 30 g pro Tag lässt sich erreichen, wenn bevorzugt Vollkornprodukte, Obst, Gemüse und Nüsse verzehrt werden. Während beispielsweise in 100 g

Tab. 16.4 Hohe Ballaststoffzufuhr – Tagesbeispiel

Lebensmittel	Ballaststoffe (g)
40 g Haferflocken	4
20 g Mandeln	3
2 Scheiben Roggenvollkornbrot	8
1 Scheibe Weißbrot	1,5
200 g Kartoffeln	3,5
200 g Kohlrabi, gekocht	3,2
100 g Karotten, roh	3,5
100 g Blattsalat	1,5
100 g Himbeeren	4,7
1 Apfel (150 g)	3
Summe	35,9 g

Weizenmehl (Typ 405) 2,8 g Ballaststoffe enthalten sind, besteht Vollkornmehl (Typ 1700) zu 9,2 g aus unverdaulichen Fasern. Der Austausch von Weißmehlprodukten gegen entsprechende Vollkornvarianten bringt häufig eine deutliche Erhöhung des Ballaststoffangebots. Für den Einkauf ist wichtig zu wissen, dass Vollkornbrot mindestens 90 % Vollkornmehl oder -schrot enthalten soll. Was beim Bäcker als Vollkornbrötchen mit Körnern verkauft wird, besteht häufig aus Weißmehl, das mit Malzextrakt dunkel gefärbt wurde. Neben dem grobkörnigen Vollkornbrot gibt es auch solches aus ganz fein gemahlenem Vollkornmehl, was schon kleine Kinder mögen und vertragen.

Mit einer Lebensmittelauswahl wie in Tab. 16.4 lässt sich die allgemeine Zufuhrempfehlung von täglich 30 g noch übertreffen.

16.2.3 Eiweiß sorgt für gute Sättigung

➤ Wichtig

Laut Nationaler Verzehrstudie (MRI 2008) wird in Deutschland 1,5-mal so viel Protein aufgenommen wie gemäß D-A-CH zur Bedarfsdeckung erforderlich ist (0,8 g/kg KG).

Der Medianwert (zentraler Wert, jeweils 50 % der Werte liegen ober- und unterhalb) liegt bei 85 g Eiweiß am Tag bei Männern und 64 g bei Frauen, entsprechend je 14 % der Tagesenergiezufuhr. Doch gibt es auch Gruppen, bei denen die Gefahr einer Unterversorgung besteht. Einige Beispiele sind Senioren, Veganer und Vegetarier, Magersüchtige und Menschen unter einer eiweißarmen Reduktionsdiät, manche Sportler sowie Schwerkranke.

■ **Tab. 16.5** Tagesbeispiel Eiweißversorgung für eine mäßig aktive Person (Körpergewicht 75 kg)

Mahlzeit	Lebensmittel	Eiweiß- menge (g)
Frühstück	40 g Müsli Mischung	4,0
	100 g Naturjoghurt 3,5% Fett	3,3
	100 g Heidelbeeren	0,7
Zwischen- mahlzeit	30 g Haselnüsse	3,9
Mittagessen	80 g Vollkornnudeln (trocken)	12,0
	20 g Parmesan	7,7
	100 g Gemüsesauce	1,0
Zwischen- mahlzeit	200 ml Kakao (aus Milch 1,5%)	3,5
	2 Vollkornkekse à 10 g	2,0
Abendessen	2 Sch. Vollkornbrot à 50 g	7,8
	1 Ei	6,7
	30 g Gouda	7,4
	100 g Rote Bete, eingelegt	1,1
Summe		61,1

Optimal ist eine Versorgung mit etwa gleich viel Eiweiß aus tierischen wie aus pflanzlichen Quellen. ■ Tab. 16.5 zeigt die praktische Umsetzung für eine normalgewichtige Person mit 75 kg mit vorwiegend sitzender Tätigkeit und geringer Freizeitaktivität, die entsprechend der gängigen Empfehlung von 0,8 g/kg KG täglich ca. 60 g Protein benötigt. Es sind nur die eiweißhaltigen Lebensmittel erwähnt, hinzu kämen für einen vollständigen Tagesplan noch Fette und Getränke.

16.3 Spezielle Situationen fordern spezielle Ernährung

16.3.1 Veggie-Food für Vegetarier und Veganer

Vegetarier sind selten übergewichtig, haben weniger ernährungsbedingte Erkrankungen und leben länger als ihre Fleisch essenden Mitmenschen. Die **Adventist Health Study 2** (Orlich et al. 2013) vergleicht bei 30.000 Mitgliedern der 7-Tage-Adventisten gruppenweise die Ernährungsmuster:

- Vegan (Verzicht auf tierische Nahrung)
- Ovolaktovegetarisch (Eier und Milch werden konsumiert)
- Vegetarisch plus Fisch
- Seltener Fleischkonsum (unter einmal pro Woche)
- Allesesser

Über 6 Jahre beobachten die Forscher die gesundheitliche Entwicklung. Es ergeben sich deutliche Hinweise darauf,

dass vor allem Männer bei vegetarischer Ernährung seltener von Herzinfarkt, KHK und Schlaganfall betroffen sind und darüber hinaus die allgemeine Sterblichkeit reduziert ist.

In seinem Buch »China Study« (Campbell 2011), der »Bibel der Veganer«, stellt Campbell Zusammenhänge zwischen dem Konsum von tierischem Eiweiß und dem zunehmenden Auftreten von u. a. Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes, Autoimmunerkrankungen und Krebs dar. Der Konsum von tierischen Produkten, vor allem von Milch, erhöht den Blutspiegel des Wachstumsfaktors Insulin-like Growth Factor 1 (IGF-1), der die Zellteilung bei bösartigen Tumoren beschleunigt, insbesondere bei Prostatakrebs (Campbell 2011, S. 187). Die Erkenntnisse basieren auf den Ergebnissen von Campbells über 20 Jahre durchgeführten epidemiologischen Studien über die traditionelle Ernährungsweise im ländlichen China. Campbell ermutigt dazu, durch Umstellung auf eine vegane Ernährung mit naturbelassenen Lebensmitteln das persönliche Risiko für Zivilisationskrankheiten dramatisch zu reduzieren. Vor kohlenhydratreduzierten Diäten (z. B. Atkins) warnt er mit Nachdruck.

Die Versorgung mit wichtigen Schutzsubstanzen ist durch den höheren Anteil an Getreide, Hülsenfrüchten, Gemüse und Obst bei der vegetarischen Ernährung besser als bei Menschen mit fleischbetonter Ernährung. Sie enthält reichlich Ballaststoffe, sekundäre Pflanzenstoffe und die Vitamine C, E, Folsäure sowie Betacarotin. Durch den Verzicht auf Wurst und Fleisch werden meist weniger Kalorien, gesättigte Fettsäuren und Cholesterin aufgenommen.

Pflanzliche Lebensmittel enthalten häufig weniger Eiweiß mit geringerer biologischer Wertigkeit (► Abschn. 14.2.1) und ihre Verdauung geht mit größeren Verlusten einher. Vegetarier, die auf Fleisch und/oder Fisch verzichten, und Veganer, die gar keine tierischen Produkte essen, benötigen dennoch eine ausreichende Eiweißversorgung.

Während **Fleisch** im Durchschnitt etwa 20% Protein (Fisch knapp 20%) enthält, kommen in verschiedenen Getreidearten durchschnittlich 10% Protein vor, in Gemüse und Früchten sind die Anteile deutlich geringer. **Eiweißreiche Pflanzenkost** sind Hülsenfrüchte (getrocknet 23%, gekocht ca. 10% Protein) und – besonders zu erwähnen – Sojabohnen (gegart ca. 15% Eiweiß, getrocknet 35–41%) sowie Nüsse (Walnuss 16%). Besonders eiweißreich sind Hanfsamen zur Anreicherung des Müslis (bis zu 33%) sowie die Pseudogetreide Amaranth (14,5%) und Quinoa (14,8%). Als Fleischersatzprodukte werden das Pilzprodukt Quorn (ca. 16%), Seitan (aus Weizenprotein, 25%) und Tofu (ca. 16%) angeboten. Für Ovolaktovegetarier kommen daneben als Eiweißquellen Milch (3,2%), Milchprodukte (z. B. Gouda mit 45% Fett i. Tr. enthält 21%, Parmesan 32%) und Eier (12%) hinzu.

Alle **essenziellen Aminosäuren** sind in den tierischen Lebensmitteln Fleisch, Fisch, Milch und Ei in einem guten

Proporz enthalten, bei den pflanzlichen trifft dies nur auf wenige zu wie z. B. Soja(produkte), Hanfsamen und Quorn. Hilfreich ist darum in besonderem Maße für Veganer, dass sich die Aminosäurenprofile von verschiedenen Eiweißen, die in einer Mahlzeit – oder sogar zeitversetzt um einige Stunden gegessen – miteinander ergänzen und gegenseitig aufwerten (► Abschn. 14.2.1). So fehlt im Getreide die Aminosäure Lysin, in Linsen ist sie reichlich vorhanden, andererseits ist Getreide reich an Methionin, das in Linsen fehlt. Wichtig ist eine abwechslungsreiche Ernährung, die solche Synergien möglich macht.

Neben der Versorgung mit Eiweiß ist bei weiteren Stoffen Aufmerksamkeit nötig. So gibt es keine nennenswerte pflanzliche Quelle für **Vitamin B₁₂**, das u. a. für die Blutbildung, ein gesundes Nervensystem und den Homocysteinabbau wichtig ist. Verzehr von Milch und Eiern kann möglicherweise für ausreichende Zufuhr sorgen. Veganer und auch ein großer Teil der Vegetarier sind damit unterversorgt und sollten bei nachgewiesenem Mangel Vitamin B₁₂ substituieren (verminderter Holo-Transcobalamin-II-Spiegel, ► Tab. 15.1).

Eine Minderversorgung kann auch bei Eisen, Kalzium und Jod vorkommen. Eine vielfältige Lebensmittelauswahl verbessert das Nährstoffangebot. ► Tab. 15.1 und ► Tab. 15.2 können bei der Auswahl von Alternativen helfen.

- **Eisen** wird aus pflanzlichen Lebensmitteln schlechter aufgenommen als aus tierischen. Erleichtert wird die Resorption durch gleichzeitigen Verzehr von Vitamin C-haltigem Gemüse, Obst oder Fruchtsaft. Eisenreiche pflanzliche Produkte sind Vollkorngetreide, dunkelgrüne Gemüse, Hülsenfrüchte, Nüsse und Kerne.
- Die empfohlene **Kalziumzufuhr** von ca. 1 g für Erwachsene ist zu erreichen, wenn regelmäßig Milchprodukte verzehrt werden. Wird darauf verzichtet, kann die Versorgung knapp werden. Kalziumreiches Gemüse (Kohlarten, Fenchel), Mandeln, Nüsse und Samen sowie Vollkornprodukte tragen dazu bei, ebenso kalziumreiches Mineralwasser (> 300 mg/l).
- **Jod** in wesentlichen Mengen liefert nur Seefisch, daneben Käse und Eier. Auf jeden Fall sollten Vegetarier und Veganer Jodsalz nutzen.

➤ Wichtig

- Wer sich vegetarisch ernährt, sollte besonders auf die Qualität und Zusammensetzung seiner Nahrung achten.
- »Puddingvegetarier«, die lediglich das Fleisch weglassen, genießen keinen gesundheitlichen Vorteil.
- Vor allem Kinder und Heranwachsende können leicht in Mangelsituationen geraten. Hier empfiehlt sich eine fundierte Ernährungsberatung – unerlässlich ist diese für Kinder in vegan lebenden Familien.

16.3.2 Low-Calorie-Food bei Übergewicht

Übergewicht und Adipositas sind unbestritten ein wachsendes Problem weltweit. Häufig, aber nicht immer, sind Gesundheitsprobleme damit verbunden. Ein Teil der Übergewichtigen und sogar der Adipösen (etwa 30%) erfreut sich bester Gesundheit und hat darüber hinaus Chancen auf ein langes Leben. Diese Menschen bewältigen schwere Erkrankungen und Operationen häufig sogar besser als sog. Normalgewichtige (BMI < 25 kg/m²), denn sie haben in solchen Situationen »mehr zuzusetzen«. Manche bezeichnen sie als »Happy Obese« (»glückliche Dicke«). Bei ihnen wird das Fett eher unter der Haut gespeichert, die Insulinempfindlichkeit ist normal und sie sprechen auf Lebensstilveränderungen (Bewegung und Ernährungsumstellung) besonders gut an.

Die Übergewichtigen, die weniger glücklich dran sind, neigen – offenbar genetisch bedingt – zu Fetteinlagerung in Leber und Muskeln, entwickeln eine ausgeprägte Insulinresistenz und haben erhöhte Entzündungswerte (CRP) sowie häufig weitere Symptome des metabolischen Syndroms (Böhm 2012). Im Allgemeinen gibt es in den Familien dieser Menschen weitere Mitglieder mit großem Taillenumfang, vermehrter Fettauflagerung um die Organe herum, Fettstoffwechselstörungen und einem gestörten Zuckerstoffwechsel (Symptome des metabolischen Syndroms ► Abschn. 3.5)).

Zum Teil tritt heute bereits im Kindesalter das auf, was früher als »Alterszucker« (**Typ-2-Diabetes**) bezeichnet wird. In Deutschland haben ca. 10% der sehr adipösen Jugendlichen einen gestörten Zuckerstoffwechsel. In den letzten 10 Jahren hat sich die Anzahl der neu erkrankten Jugendlichen zwischen 12 und 19 Jahren verfünffacht (Deutsche Diabetes-Hilfe 2003). Auf der Basis einer genetischen Vorbelastung ist es wiederum der moderne Lebensstil mit Bewegungsarmut und Fehlernährung, der zur Ausbildung von Diabetes führt. Stress und auch Umweltfaktoren wie Feinstaub in der Luft und bestimmte Pestizide, die Entzündungen fördern und den zellulären Energiestoffwechsel stören, können eine Rolle spielen (Böhm 2012).

➤ Wichtig

Wenn eine Lebensstiländerung bereits in frühen Stadien stattfindet, können die Symptome von Diabetes mellitus, hohem Blutdruck, Fettstoffwechselstörungen und Fettleber häufig wieder vollständig verschwinden.

Einen wesentlichen Einfluss darauf hat neben einer körperlichen Aktivierung die **Gewichtsreduktion**; häufig reichen schon wenige Kilogramm Gewichtsverlust für eine deutliche Verbesserung der Stoffwechsellaage aus. Über die »richtige« Methode herrschen unterschiedliche Meinungen.

Verschiedene Methoden führen zur Gewichtsreduktion

Als die Menschen sich noch deutlich mehr bewegten, konnten sie schlank bleiben, ohne besonders auf ihre Essensportionen zu achten. Heute in der sitzenden Gesellschaft ist es erheblich leichter, über den Bedarf hinaus zu essen. Dabei tritt die Zusammensetzung der Nahrung viel deutlicher in den Fokus und besonders auch ihre Fähigkeit zu sättigen.

➤ Wichtig

Übergewicht stellt in erster Linie ein Bilanzproblem dar:

Energiezufuhr = Energieverbrauch → Gewichts-konstanz

Mehr Zufuhr als Verbrauch → Gewichtszunahme

Wird durch hochkalorische Nahrung und zu große Portionen mehr Energie aufgenommen als verbraucht, führt dies zur Speicherung von Körperfett. Der Verbrauch lässt sich durch Bewegung erhöhen, die Aufnahme durch geringere Kalorienzufuhr vermindern.

Schon wenn man **täglich 50 kcal mehr (entsprechend einem Keks)** zu sich nimmt, als man verbraucht, führt dies über 365 Tage zu einem Überschuss von 18.250 kcal. Da 1 kg Depotfett 7000 kcal speichert, können so rund **2,6 kg Fett** eingelagert werden.

Über eine Einschränkung der Kalorienzufuhr hinaus gibt es unterschiedliche Einflüsse der spezifischen Nährstoffe auf das Ausmaß des Fettaufbaus, das Sättigungsgefühl und die Nachhaltigkeit des Gewichtsverlusts.

Viele Jahre wurde nach dem Motto »Fett macht fett« eine **Einsparung von Fett** in der Nahrung allgemein als der Weg zum schlanken Körper propagiert. Die meisten **Low-Fat-Diäten** zeichnen sich durch eine Begrenzung der Fettzufuhr auf maximal 60 g Fett in der täglichen Kost bzw. auf 30% der Kalorienzufuhr pro Tag aus, zudem durch eine Limitierung von gesättigten Fettsäuren auf höchstens 10 Energie-Prozent pro Tag und ausreichende Zufuhr der essenziellen Ω 3- und Ω 6-Fettsäuren.

Nordmann et al. (2006) konnten zeigen, dass fettreduzierte Diäten senkend auf den Gesamtcholesterinspiegel und insbesondere auf das gefäßschädigende LDL-Cholesterin wirken. Fettreduzierte Diäten führen bei übergewichtigen Personen zu einem Gewichtsverlust und helfen normalgewichtigen Personen, ihr Gewicht zu halten. Nach aktuellem Wissensstand sind bei diesem Ernährungstyp keine langfristigen Risiken oder Schäden zu erwarten. Wer die Fettzufuhr einschränkt, erhöht oft seine Kohlenhydratzufuhr.

Fettarmen Lebensmitteln werden häufig aus Geschmacksgründen oder zur Verbesserung des »Mundgefühls« und der Konsistenz Zuckerarten zugesetzt, sodass es vorkommt, dass die resultierenden »Light«-Produkte

sogar mehr Kalorien haben als das entsprechende konventionelle Produkt. Diese zusätzlichen Kohlenhydrate – vor allem die einfachen und schnell verdaulichen – bedeuten eine Stoffwechselbelastung und verstärken ihrerseits das Übergewicht.

In den letzten Jahren haben daher die Verfechter der kohlenhydratarmen Kost immer mehr Anhänger gefunden. Unter **Low-Carb** fallen alle Kostformen, bei denen der Kohlenhydratanteil unterhalb der minimal empfohlenen 45 Energie-Prozent liegt. Bei der Atkins-Diät ist der Kohlenhydratanteil auf ca. 50 g pro Tag beschränkt (Very Low Carb, entsprechend etwa 10% der täglichen Kalorienzufuhr).

Eine **starke Einschränkung der Kohlenhydrate** in der Nahrung kann v.a. gute und schnelle Anfangsresultate bei der Gewichtsabnahme zeigen. In Vergleichsstudien mit fettreduzierten Diäten hielt dieser Effekt die ersten 6 Monate an, nach 1 Jahr waren dann beide Methoden hinsichtlich der Gewichtsreduktion gleich erfolgreich (Nordmann et al. 2006).

- Die beobachteten Stoffwechselwirkungen einer Kohlenhydrateinschränkung sind **positiv** bezogen auf eine Senkung der Triglyzeride sowie eine Erhöhung des schützenden HDL-Cholesterins.
- **Nachteilig** ist eine Erhöhung von LDL- und Gesamt-Cholesterin und damit des kardiovaskulären Risikos, zu der es möglicherweise nur kommt, wenn die konsumierten Fette einen hohen Anteil von gesättigten Fettsäuren enthalten (Schwingshackl u. Hoffmann 2013).

Abhilfe würde hier eine verbesserte Fettqualität (mehr einfach und mehrfach ungesättigte Fettsäuren aus pflanzlichen Ölen) schaffen. Typ-2-Diabetikern kann die Kohlenhydratreduktion helfen, Blutzucker und HbA1c (Langzeit-Blutzucker-Wert) zu senken und eine Verbesserung der Insulinsensitivität zu erreichen. Die Abbrecherquoten sind allerdings hoch, weil ein langzeitiger Verzicht auf Brot und Sättigungsbeilagen offensichtlich vielen Menschen schwerfällt.

Weiterhin ist von Interesse, mit welcher Methode eine einmal erreichte Gewichtsreduktion am besten aufrechterhalten werden kann. Der Arbeitskreis um Ebbeling testete an übergewichtigen und adipösen jungen Erwachsenen, die eine 10- bis 15-prozentige Gewichtsreduktion hinter sich hatten, den Effekt einer fettarmen Diät, einer sehr kohlenhydratarmen Diät sowie einer Diät mit niedrigem glykämischen Index (► Abschn. 14.2.1) auf den **Energieumsatz** (Ebbeling et al. 2012). Grundumsatz und Gesamtenergieumsatz wurden mit dem jeweiligen Umsatz vor dem Gewichtsverlust verglichen. Ein gesenkter Grundumsatz bedeutet erhöhte Gefahr für eine erneute Gewichtszunahme. Den stärksten Rückgang von Ruhe- und

Gesamtumsatz zeigte die fettarme Diät (Low Fat), ein mittlerer Rückgang fand sich bei der Diät mit niedrigem glykämischem Index und die kohlenhydratarme Kost (Low Carb) zeigte den geringsten Umsatzrückgang.

➤ Wichtig

Es ist offensichtlich die Begrenzung des Blutzuckeranstiegs nach der Mahlzeit, die sich als der entscheidende Vorteil für die Nachhaltigkeit der Gewichtsreduktion zeigt.

Dies trifft besonders auf die sehr kohlenhydratarme Diät (**Atkins-Diät**) zu. Dennoch mahnen die Autoren zu Vorsicht. Kohlenhydrate zu meiden ist sehr restriktiv und führte bei den Probanden zu einer erhöhten Ausschüttung des Stresshormons Kortisol und des Entzündungsmarkers CRP. Guter Erfolg beim Halten des reduzierten Gewichts wird so mit einem möglicherweise erhöhten kardiovaskulären Risiko erkaufte.

Die niedrigglykämische Diät (**Glyx-Diät**), die auf Lebensmitteln mit einer verzögerten Blutzuckerwirksamkeit beruht, zeigt ähnlich gute Stoffwechselwirkungen wie die Low-Carb-Diät und löst dabei wahrscheinlich keinen Stress aus. Sie senkt Nüchtern- und Langzeit-Blutzucker (HbA1c) sowie die Triglyzeride. Für Menschen mit der Neigung zum metabolischen Syndrom wird diese Diätform für besonders geeignet gehalten.

Weiterhin trägt ein **mäßig erhöhter Eiweißanteil** bei Kalorienrestriktion und in Kombination mit vermehrter körperlicher Aktivität entscheidend zum Erfolg bei der Reduktion von Körpergewicht und Bauchfett bei. Auch die erneute Gewichtszunahme nach Beenden der Diät wird begrenzt (Paddon-Jones et al. 2008). Gründe dafür sind:

- **Eiweiß sättigt** im Vergleich zu Kohlenhydraten und Fetten besser, daher ist die Akzeptanz für die Diät gut.
- Eiweiß ist ein »unwirtschaftlicher« Nährstoff. Bei seiner Verstoffwechselung werden ca. 25% der Kalorien in Wärme umgewandelt (thermogenetischer Effekt, ► Abschn. 14.1).
- Eiweiß hat eine positive Wirkung auf die Körperzusammensetzung. Insbesondere in Kombination mit körperlichem Training sorgt es für den Erhalt oder sogar für die Zunahme der **fettfreien Masse** bzw. der **Muskulatur**. Wenn der Muskelstoffwechsel erhalten bleibt, wird das diätbedingte Absinken des Grundumsatzes eingeschränkt.
- Gleichzeitig verbessert sich die **Blutzuckerregulierung**.

Abzuraten ist von Diäten, die auf kurzfristige Erfolge abzielen (»Crash-Diäten«). Sie liefern im Allgemeinen zu wenig Energie und bieten eine unausgewogene Nährstoff-

zufuhr. Der Energiemangel führt dazu, dass Muskeleiweiß abgebaut und als Energiequelle genutzt wird. Die Folge ist, ähnlich wie beim Fasten, eine Absenkung des Grundumsatzes. Weitere Folgen können Leistungseinbußen, Kreislaufstörungen und negative Stimmung sein. Die strengen Verbote können Frustration und Heißhungerattacken verursachen. Nach der Hungerphase kommt es dann zum »Jojoeffekt« – das Körpergewicht steigt sehr schnell wieder an, oft über das Ausgangsniveau hinaus. Häufigere derartige Gewichtsschwankungen können den Grundumsatz dramatisch verringern, sodass eine erfolgreiche Gewichtsreduktion fast unmöglich wird. Auch eine manifeste Essstörung kann resultieren.

Wer abnehmen will, muss essen

Der tägliche Kalorienbedarf bemisst sich nach Alter, Geschlecht, Körpergröße und -gewicht und körperlicher Aktivität. Um abzunehmen, muss diese Kalorienmenge unterschritten werden. Dennoch muss der menschliche Körper mit allen notwendigen Nährstoffen versorgt sein. Teller und Magen sollten immer mit geeigneten energiarmen, faserreichen Lebensmitteln (Gemüse, Salat, Obst) ausreichend gefüllt sein, begleitet von Eiweißlieferanten, die für länger andauernde Sättigung sorgen.

➤ Wichtig

Hunger oder ein Gefühl von Mangel darf nicht aufkommen, sonst leiden Leistungsfähigkeit und Motivation.

■ Hunger und Sättigung

Als wesentliches Hungersignal wird das Absinken des Blutzuckers angesehen (Langhans 2010), daneben auch Signale aus dem Fettstoffwechsel. Der leere Magen kontrahiert sich und gibt das »Hungerhormon« Ghrelin ins Blut ab, das die Neuronen des Hungerzentrums im Hypothalamus stimuliert, der im Zwischenhirn liegt. Als weitere Auslöser kommen Sinnesreize wie Anblick und Geruch von Speisen hinzu und der vom Hunger zu unterscheidende Appetit sowie die Suche nach Genuss.

Die **Sättigung** wird eingeleitet über die Dehnungssensoren des Magens, die ihrerseits Signale an das Hirn senden. Hinzu kommen die Ausschüttung verschiedener sättigend wirkender Hormone und die Reaktion von Chemorezeptoren in Darm und Leber auf die zunehmende Anlieferung von Glukose und Fettsäuren. Der Botenstoff Leptin wird von gefüllten Fettzellen freigesetzt und regelt die zentrale Appetitregulation längerfristig. Von den Hauptnährstoffen hat laut Studien das Eiweiß eine ausgeprägtere Sättigungswirkung als Kohlenhydrate und Fette (Paddon-Jones et al. 2008).

➤ Wichtig

Für die Sättigungswirkung einer Mahlzeit ist das Volumen bedeutender als die Menge der verzehrten Kalorien.

Fettreiche Nahrung sättigt demnach wenig und veranlasst leicht zu höherem Verzehr. Faser- und wasserreiche pflanzliche Kost kann dagegen den Teller und den Magen besser füllen bei gleichzeitig geringer Kalorienaufnahme. Das Diätkonzept »Volumetrics« nach Barbara Rolls macht sich dies zunutze (WebMD 2013).

Vor der Einführung von Fertigkost soll die Energiedichte (Kalorienmenge pro Gramm Lebensmittel) selten höher als 150 kcal/100 g gewesen sein. Heute ist die Auswahl an **hochkalorischer Nahrung** groß. Sehr energiereich ist Vollmilchschokolade mit 550 kcal/100 g. Ein Cheeseburger hat eine Energiedichte von 250 kcal/100 g; ein Schweineschnitzel hat im rohen Zustand 107 kcal/100 g, paniert und gebraten dagegen 220 kcal/100 g. In 100 g Tee- und Wurst sind sogar 456 kcal enthalten.

Äpfel tragen dagegen nur 54 kcal/100 g bei, Radieschen sogar nur 14 kcal/100 g. Anstelle einer Tafel Schokolade könnte man bei demselben Energiegehalt seinen Magen mit mehr als 3 kg Tomaten füllen. Mexiko plant nun, eine Steuer auf energiedichte Nahrungsmittel (> 275 kcal/100 g) zu erheben, um der Übergewichtsepidemie Herr zu werden (Spiegel online 2013).

Praxistipp

Es empfiehlt sich, langsam zu essen.

Bis die Signale von den Dehnungsrezeptoren des Magens dem Sättigungszentrum im Gehirn erfolgreich gemeldet haben, dass die Mahlzeit beendet werden kann, vergehen 15–20 min. Bei vielen Menschen ist durch ein ständig verfügbares Essensangebot oder auch durch wiederholte Diäten das Sättigungsgefühl verloren gegangen und muss erst wieder erlernt werden.

■ Weniger – und trotzdem zufrieden

Die Umstellung auf kleinere, bedarfsgerechte Portionen kann der Trainer mit ein paar Tricks erleichtern, die auf eine veränderte Einstellung hinwirken:

- Beim Essen mit allen Sinne dabei sein, Anblick, Geruch, Geschmack – alles trägt zu Genuss und Zufriedenheit bei.
- Die Atmosphäre der Essenssituation, ob am schön gedeckten Tisch, vor dem laufenden Fernseher oder unterwegs aus der Hand gegessen wird, beeinflusst Essensmenge, Sättigungsgefühl, Befriedigung und auch das Zusammenspiel der Verdauungsorgane und die Verwertung der Nährstoffe.

- Das Frühstück sollte nicht übergangen werden. Auch wenn es so scheint, als könne man Kalorien einsparen, kommt dafür am Mittag, manchmal auch erst am Abend der große Hunger auf und führt zu übergroßen Essensmengen.
- Besonders wenn weniger Fett am Essen ist, können Gewürze, Kräuter (frisch, tiefgekühlt oder getrocknet), Ingwer oder Knoblauch für guten Geschmack sorgen. Salzen erst am Schluss, wenn noch etwas fehlt (wegen des Blutdrucks).
- Ein großes Glas Wasser, vor den Mahlzeiten getrunken, füllt den Magen schon zum Teil – und man ist schneller satt.
- Es kann auch helfen, eine Portion Salat am Anfang der Mahlzeit zu essen.
- 15–20 min dauert es, bis die Magendehnungsrezeptoren Sättigung melden. Wer langsam isst, kann aufhören, wenn er satt ist. Dazu gut kauen und zwischendurch auch mal das Besteck ablegen.
- Ein kleiner Teller und kleines Besteck helfen ebenfalls, langsamer zu essen und die Menge zu begrenzen. Viele folgen noch immer dem Auftrag aus ihrer Kindheit, den Teller leer essen zu müssen – auch wenn sie keinen Hunger mehr verspüren.
- Sogar die Farbe der Teller kann einen Einfluss haben – von weißen und blauen Tellern bzw. Gläsern wurde in einem psychologischen Experiment mehr gegessen bzw. getrunken als von roten Tellern oder Gläsern. Rot fungiert unbewusst als Stoppsignal (Genschow et al. 2012).
- Häufig steckt hinter einem Hungergefühl eher Durst. Wasser wie auch ungesüßter Tee oder Kaffee kommen hier in Frage.
- Koffein dämpft zusätzlich den Appetit. Cathechine, Wirkstoffe aus grünem Tee, und scharfe Gewürze haben einen günstigen Einfluss auf die Fettoxidation und den Energieumsatz im Körper (Westerterp-Platenga et al. 2006).

Wenn aus Frustration oder Langeweile gegessen wird, helfen Bewegung oder Ablenkung durch angenehme andere Tätigkeiten. Es lohnt sich, einmal »Brainstorming« zu machen und eine Liste anzulegen, auf die im Ernstfall zurückgegriffen werden kann.

Gewichtsmanagement gehört zum Körpermanagement

Ein angemessenes Körpergewicht gehört zu den Grundpfeilern der Gesundheit. Dabei soll der Fokus nicht nur auf der reinen Gewichtsabnahme liegen, sondern vor allem darauf, Begleiterkrankungen zu vermindern und die Lebensqualität zu steigern. Die Kunden werden langfristig darin unterstützt, Handlungskompetenz für ihre eigene

Tab. 16.6 Beispiel: Tägliche Lebensmittelmengen für die Gewichtsreduktion für Erwachsene (in Anlehnung an **Tab. 16.1** – Lebensmittelmengen entsprechend der Schweizer Lebensmittelpyramide (SGE ohne Jahr))

Getränke	2–3 l	Wasser, Früchte/Kräutertee; auch Kaffee, schwarzer und grüner Tee – <i>möglichst ungesüßt</i>
Gemüse und Früchte – in verschiedenen Farben	5 Portionen	3 Portionen Gemüse à 150–200 g 2 Portionen Obst à 100–150 g – <i>Ganze Frucht ist günstiger als der Saft</i>
Getreideprodukte, Kartoffeln und Hülsenfrüchte – möglichst Vollkorn	Jeweils 3 Portionen auswählen	50–75 g Brot (1–1,5 Scheiben) 120–180 g Kartoffeln 40–60 g Hülsenfrüchte (Trockengewicht) 30–45 g Knäckebrot, Getreideflocken, Mehl, Teigwaren, Reis, Mais etc. (Trockengewicht)
Milchprodukte	3 Portionen Milch/Milchprodukte	– <i>Möglichst abwechslungsreich:</i> 200 ml Milch 1,5% Fett 200 g Joghurt 1,5% Kefir/Buttermilch 70 g Magerquark 30 g Schnitt- oder Hartkäse, fettarm
Fleisch, Fisch, Eier, Tofu	+ je 1 Portion	100–120 g mageres Fleisch, Geflügel, Fisch oder pflanzliche Proteinquellen (Linsen, Bohnen, Tofu etc.) 1–2 Eier (lt. Empf. DGE nur max. 3 Eier pro Woche ► Abschn. 14.2.1)
Öle, Fette und Nüsse		1–2 Esslöffel (à 10 g) hochwertiges Pflanzenöl, mindestens zur Hälfte Rapsöl 10–30 g ungesalzene Nüsse, Samen oder Kerne
Süßes, Salziges und Alkoholisches	<i>Mit Maß genießen</i>	– <i>Bei Bedarf, was etwa 100 kcal entspricht</i> z. B. 10–20 g Schokolade mit > 70% Kakao 100–150 ml trockener Wein o. Ä.

gesunde Lebensführung zu entwickeln. Die Bereiche Bewegung, Ernährung und Coaching arbeiten dabei eng zusammen. Ein beispielhafter Fall wird in ► Abschn. 17.1 geschildert.

Schritte bei der Umsetzung der Ernährungsumstellung

1. Analyse des Istzustands anhand von:
 - Anamnese (Bericht über Ernährungsgewohnheiten und Lebensstil)
 - Auswertung von Ernährungsprotokollen
 - Interpretation von Laborergebnissen und medizinischen Befunden
2. Erarbeitung und Vermittlung von Ernährungsplan und -regeln
3. Überprüfung der Ergebnisse und eventuelle Anpassung der Regeln nach 3 und/oder 6 Monaten

■ Reduktionsplan

Für die Mehrzahl der Kunden halten wir es für sinnvoll, die Kalorienzufuhr aus beiden energiedichten Hauptnährstoffen, Fetten und Kohlenhydraten, einzuschränken und ihre Qualität zu optimieren. Wasser- und faserreiches Gemüse ist am besten geeignet, Teller und Magen zu füllen, und darf in nahezu unbegrenzten Mengen verzehrt werden

– Obst wegen des Zuckergehalts nur in moderaten Mengen. Ausreichend sättigendes Eiweiß ohne gleichzeitige Zufuhr von ungünstigen Fetten sollte bei jeder Mahlzeit dabei sein (mageres Fleisch, Fisch, magere Milchprodukte, ab und zu ein Ei, Hülsenfrüchte, Tofu oder ein paar Nüsse). Brot und Kohlenhydratbeilagen sollten Vollkornqualität haben und sind eingeschränkt zu genießen. Kleine Mengen hochwertiges pflanzliches Öl und Nüsse sorgen für das richtige Fettsäuregleichgewicht. Butter auf dem Brot lässt sich gut durch fettarmen Frischkäse oder Magerquark ersetzen.

Wichtig ist reichliches Trinken von Wasser und ungesüßten Getränken (2–3 l täglich), um die Nieren zu spülen, als Transportflüssigkeit für die Abbauprodukte und für einen klaren Kopf. Manchmal hilft ein Glas Wasser auch, den Hunger zu vertreiben; nüchtern getrunken sorgt es für leicht erhöhten Energieumsatz (Boschmann 2013).

■ Tab. 16.6 zeigt einen exemplarischen Plan für die Gewichtsreduktion, der je nach gewählten Portionsgrößen zwischen 1050 und 1430 kcal liefert. Die prozentuale Verteilung der Makronährstoffe wäre im Fall der jeweils geringsten Essensmengen (1050 kcal): Fett 29%, Kohlenhydrate 47% und Protein 22%, bei größten Portionen (1430 kcal) F 30%, KH 48% und P 19%. Die Vitamin- und Mineralstoffversorgung entspricht bei diesem Plan den Referenzwerten. Vitamin D kann allerdings nur ausreichend aufgenommen werden, wenn regelmäßig Fisch ge-

gessen wird, ebenso verhält es sich bei Jod (Alternative: aus Jodsalz).

Je nach gesundheitlicher Verfassung, Ausgangsgewicht und angestrebten Zielen sollte eine Einsparung von etwa 500 kcal bis (max. 1000 kcal) gegenüber dem berechneten Bedarf des Kunden oder der Kundin angestrebt werden. Das bedeutet etwa 1100–1300 kcal für Frauen, 1500–1700 kcal für Männer.

➤ Wichtig

Gesund und realistisch ist eine Reduktion um 1–3 kg im Monat. Auch bei starkem Übergewicht sollte der Gewichtsverlust mit Ausnahme der ersten Wochen 1000 g pro Woche nicht überschreiten.

Um die Muskelmasse zu erhalten, ist einerseits ausreichend Eiweiß in der Nahrung notwendig, andererseits vermehrte körperliche Aktivität und vor allem auch Muskelaufbautraining.

Drei Mahlzeiten – über den Tag verteilt – sollten die Regel sein; zwei kleine **Zwischenmahlzeiten** sind erlaubt, wenn sie gewünscht oder benötigt werden, um leistungsfähig zu bleiben. Diese sollten aber wenig blutzuckerwirksam sein, wie beispielsweise Naturjoghurt mit ein paar Beeren, eine Handvoll Nüsse (30 g) oder ein paar Schafskäsewürfel und Oliven.

Manche Menschen nehmen gut ab, wenn sie abends auf Kohlenhydratlieferanten verzichten und eiweißreich essen, z. B. Fischfilet mit Ofengemüse oder einen großen, gemischten Salat mit Putenstreifen oder Thunfisch und Ei. Durch ein auf diese Weise verlängertes nächtliches »Kohlenhydratfasten« erhöht sich die Ausschüttung des Wachstumshormons, das die Regeneration des Körpers und den Fettabbau fördert. Dies ist Grundlage einiger Diätkonzepte wie z. B. von »Schlank im Schlaf« (Pape et al. 2006).

Praxistipp

Bei gesicherter oder vermuteter Insulinresistenz sind abendlicher Kohlenhydratverzicht und Essenspausen von 4–5 Stunden, in denen nur zuckerfreie Getränke erlaubt sind, besonders lohnend.

10 Tipps für ein erfolgreiches Gewichtsmanagement Ihrer Kunden

1. Zum Abnehmen braucht man Nahrung

Hungern Sie nicht. Lernen Sie anders und regelmäßig zu essen. Unregelmäßiges Essen führt zu Heißhunger und übermäßiger Kalorienzufuhr. Es sollten drei Hauptmahlzeiten und bei Bedarf eventuell zwei leichte, zuckerarme Zwischenmahl-

zeiten sein. Ein Fehler ist es, das Frühstück ausfallen zu lassen. Morgens müssen die leeren Kohlenhydratspeicher wieder gefüllt werden. Eine leichte, fettarme Mittagsmahlzeit sättigt, ohne müde zu machen. Abends hilft eiweißreiche Kost beim Abnehmen.

2. Wer abnehmen will, braucht Flüssigkeit

Eine ausreichende Zufuhr von Wasser sorgt für einen optimalen Stoffwechsel, straffe Haut und klares Denken. Die DGE empfiehlt eine Trinkmenge von mindestens 1,5 l über den Tag verteilt. Abhängig von Ernährung, körperlicher Aktivität und Temperatur kann der Bedarf deutlich höher sein. Getränke sollten unbedingt energiearm sein. Ein Trick: Ein Glas Wasser vor den Mahlzeiten füllt den Magen schon etwas – es passt weniger hinein.

3. Essen Sie abwechslungsreich, mehr pflanzliche Nahrung und weniger tierische

So können Sie am besten Ihre Versorgung mit allen lebenswichtigen Stoffen sichern. Besonders Gemüse und Obst sind voll von Vitaminen, Mineralstoffen und sekundären Pflanzenstoffen, die fit und gesund halten. Ihre Ballaststoffe machen satt und sorgen für eine gute Verdauung. Halten Sie sich an die Empfehlung: »5 am Tag« (2 große Handvoll Obst, 3 große Handvoll Gemüse). Der Magen ist damit schon mal gut gefüllt.

4. Versorgen Sie sich mit ausreichend Eiweiß

Der Körper unterliegt einem ständigen Auf- und Abbau, daher wird Eiweiß täglich benötigt. Als Nahrungsbestandteil ist es sättigend und wirkt dem Jojoeffekt entgegen. Es sollte zu ca. 50% aus tierischen Nahrungsmitteln kommen (Fleisch, Fisch, Milchprodukte) und zu 50% aus pflanzlichen (z. B. Hülsenfrüchte, Getreide, Nüsse, Soja).

5. Gehen Sie bewusst mit Fett um

Fett ist der kalorienreichste Nährstoff. Eine Einsparung bei fetten Fleischprodukten, Frittiertem, fetthaltigen Süßwaren und Snacks macht sich für die Gewichtsreduktion am stärksten bemerkbar. Die lebenswichtigen essenziellen Fettsäuren gehören weiterhin in den Speiseplan. Täglich 1–2 Esslöffel hochwertiges Pflanzenöl, ein paar Nüsse oder Samen und einmal wöchentlich fetthaltiger Seefisch machen das möglich.

6. Vollkorn statt schnell verdaulicher Kohlenhydrate

Zucker ist der wichtigste Energielieferant für Körperzellen und Gehirn. Zuckerhaltiges und Weißmehlprodukte sorgen aber für einen schnellen Anstieg und anschließenden Abfall des Blutzuckers und des Insulinspiegels, was erneuten Hunger nach

sich zieht. Vollkornprodukte erhöhen den Blutzuckerspiegel langsamer und sättigen länger. Außerdem enthalten sie mehr Mikronährstoffe.

7. Zum Essen braucht man Zeit

Widmen Sie sich Ihrem Essen ohne Ablenkung durch Fernsehen, Lesen oder Arbeit. Essen Sie langsam und nehmen Sie Ihr Sättigungsgefühl wahr. Erst nach 15–20 min reagiert der Magen auf Dehnung und meldet Sättigung.

8. Nehmen Sie wahr, was Sie essen

Bereiten Sie Mahlzeiten so oft wie möglich selbst zu – bestimmen Sie, was drin ist! Lesen Sie die Zutatenlisten und meiden Sie möglichst, was reich an Fett, Zucker und Geschmacksverstärkern ist. Nehmen Sie nur kleine Portionen von fettreichen Speisen und gleichen Sie z. B. mit einem Salat aus.

9. Vergessen Sie den Genuss nicht

Lernen Sie Geschmack neu. Außer Fett gibt es noch weitere Geschmacksträger wie Gewürze und Kräuter. Zubereitungsarten wie Garen mit Dampf, im Wok oder im Ofen bringen den Eigengeschmack zu Geltung. Gönnen Sie sich Ihre gehaltvolleren Lieblings Speisen ab und zu und in überschaubaren Mengen, damit der Wunsch danach nicht übermäßig anwächst.

10. Neues Verhalten braucht neue Wege. Ändern Sie Ihre Gewohnheiten:

- Analysieren Sie, was ungünstig im Verhalten abläuft.
- Planen Sie die Änderungen.
- Teilen Sie Ihre Änderungen in konkrete, kleine Schritte auf.
- Gehen Sie mit Fehlern bzw. Abweichungen flexibel um. Morgen ist immer wieder ein neuer Tag.
- Bewegung verbraucht Energie und regt den Stoffwechsel an.

von Mikronährstoffen zu Kalorien). Folgende Besonderheiten sind zu berücksichtigen:

- Mehr Kalorien
- Kohlenhydratreiche Kost
- Kontrollierte Fettzufuhr
- Hochwertiges Eiweißangebot
- Genügend Trinkflüssigkeit

Mehr Kalorien Sportler haben abhängig vom Belastungsniveau einen **erhöhten Energiebedarf**, der grundsätzlich mit einer abwechslungsreichen, vollwertigen Mischkost gedeckt werden soll. Der Mehrbedarf an Nährstoffen ist meist einfach durch eine größere Essensmenge zu decken, denn das Angebot an Eiweiß, essenziellen Fettsäuren und Mikronährstoffen steigt proportional dazu ebenfalls an. Zudem gibt bei Leistungssportlern eventuell einen zusätzlichen Bedarf an einzelnen Vitaminen und Mineralstoffen, die zu substituieren sind (Raschka u. Ruf 2013).

Kohlenhydratreiche Kost Ca. 55–60% der täglichen Kalorien sollen aus komplexen, ballaststoffreichen Kohlenhydraten bestehen (niedriger glykämischer Index), aus Getreide, Kartoffeln, Gemüse, ergänzt durch frisches Obst. Kohlenhydratreiche Nahrung führt zu gut gefüllten Glykogenspeichern, die bei höheren Belastungen den leistungsbegrenzenden Faktor darstellen. Regelmäßiges Training sorgt für umfangreichere Glykogenspeicher in Leber und Muskeln, ein trainierter Fettstoffwechsel ermöglicht die Schonung der Glykogenreserven, indem schon früher und stärker auf Fett als Energiequelle zugegriffen werden kann.

Kontrollierte Fettzufuhr Der Fettanteil sollte nicht über 30% der Gesamtenergie liegen, eher niedriger. Fettarme Produkte und Zubereitungsmethoden sollten eingesetzt werden. Zurückhaltung ist bei tierischen Fetten aus Fleisch und Milch angebracht; fetter Fisch und an $\Omega 3$ -Fettsäuren reiche pflanzliche Öle (Raps-, Lein-, Walnussöl) sorgen für Hemmung von Entzündungen und Förderung der Regeneration. Im Wechsel damit ist auch Olivenöl von Vorteil.

Hochwertiges Eiweißangebot Während Freizeitsportler gegenüber der Normalbevölkerung keinen erhöhten Eiweißbedarf haben (0,8 g/kg KG), ist dieser bei Leistungs- und Hochleistungssportlern deutlich höher. Für Kraftsportler wird eine Zufuhr von 1,2–1,7 g/kg KG empfohlen, für Ausdauersportler 1,2–1,4 g/kg.

- **Leistungssportler** haben einen erhöhten Regenerationsbedarf durch höheren Verschleiß von Muskelfasern.
- Sie verlieren stickstoffhaltige Verbindungen über den Schweiß.
- In der Endphase intensiver Ausdauerleistungen kommt es zu Proteinverlust durch eine gesteigerte

16.3.3 Body-Food für Sportler

Ziele einer besonderen Sporternährung

- Optimierung der Ernährung
- Schonung von Reserven
- Verbesserung der Leistung
- Förderung der Regeneration
- Erhaltung der Gesundheit

Die eingesetzten Lebensmittel sollten hochwertig sein und eine **hohe Nährstoffdichte** haben (günstiges Verhältnis

Aminosäureoxidation (bis zu 15% des Energieumsatzes). Kohlenhydratreiche Kost kann somit das Muskelprotein schützen (DEBInet (o.J. (a)).

Neben mageren tierischen Eiweißquellen sollte unbedingt auf Kombinationen pflanzlicher Proteine zugegriffen werden (Kartoffel und Ei oder Quark, Bohnen und Reis etc.).

Genügend Trinkflüssigkeit Nichts wirkt sich schneller leistungsmindernd aus als Wassermangel. Das Durstgefühl ist kein verlässlicher Indikator. Besonders bei Hitze können pro Stunde bis zu 3 l Schweiß abgegeben werden. Ein geeigneter Durstlöscher sollte Wasser- und Mineralstoffverluste ausgleichen. Geringe Kohlenhydratmengen im Getränk können bei länger dauernden Belastungen zur Stabilisierung der Blutglukosekonzentration beitragen. Das optimale Getränk ist Apfelschorle, 2–3:1 mit natriumreichem stillem Wasser verdünnt. Auch isotone Getränke mit Maltodextrin (Mehrfachzucker) sind geeignet, eventuell verdünnt. Während der körperlichen Belastung sollten alle 15–20 min 100–200 ml Flüssigkeit getrunken werden. Die Trinktemperatur sollte nicht zu kalt sein, da sich sonst die Magenverweildauer verlängert.

Genauere Ausführungen sind den entsprechenden Fachbüchern und Websites zu entnehmen (► Zusatz-Literatur am Kapitelende).

16.3.4 Brain-Food – Ernährung für ein gesundes Gehirn

Neben ausreichend Bewegung, genügend Schlaf und intellektuellen Herausforderungen ist die geistige Fitness wesentlich von dem abhängig, was man isst. Das Gehirn mit seinen Milliarden Hirnzellen ist von einer regelmäßigen Flüssigkeits- und Energiezufuhr und damit in besonderem Maße von einem gleichmäßigen Blutzuckerspiegel abhängig. Es ist das energiehungrigste Organ und benötigt mit nur 2% des Körpergewichts 50% der Glukosezufuhr, in Stresssituationen bis zu 90%. In Ruhe ist der Bedarf ca. 100 mg pro Minute, also ca. 140 g in 24 Stunden.

Bei der Versorgung hat es Vorrang vor den anderen Organen und kann ihnen, wenn es höheren Bedarf hat, die Reserven entziehen. Peters (2011) spricht in diesem Zusammenhang vom eigensüchtigen Gehirn und entwickelte einen neuartigen Erklärungsansatz für die Entwicklung von Adipositas und Diabetes Typ 2 im Zusammenhang mit Stress, indem es den Appetit steigert. Vermehrte Nahrungsaufnahme führt dann zu immer mehr Übergewicht.

Eine moderate Einschränkung der Energiezufuhr sorgt dagegen für neue Synapsenbildung (Verbindungen zwischen den Hirnzellen für die Informationsübertragung) und bessere Zellkommunikation und damit für gesteigerte

Merkfähigkeit und Konzentration. Auch dabei ist ein ausgewogenes Nährstoffverhältnis eine wesentliche Voraussetzung für potenzielle Gesundheitsvorteile (Gómez-Pinilla 2008). Im Hungerzustand bzw. bei Kohlenhydratmangel bezieht das Hirn zudem – da Fettsäuren aus dem Blut als Nahrungsquelle nicht die Blut-Hirn-Schranke überwinden können – bis zu zwei Dritteln der Energiezufuhr aus Ketonkörpern. Diese werden bei Glukosemangel in der Leber aus den dann vermehrt aus Fettdepots freigesetzten Fettsäuren oder aus Nahrungsfetten produziert (► Abschn. 14.2.1).

Die Nahrung dient dem Gehirn also als Energiequelle, daneben liefert sie spezifische Substanzen, die zur Energieerzeugung und -bereitstellung in den Neuronen wichtig sind, sowie Bau- und Schutzstoffe. Eine zweiteilige systematische Untersuchung (State of the Art) von Bourré (2006) beschäftigt sich mit der Relevanz von Makro- und Mikronährstoffen für die Struktur und Funktion des Nervensystems.

- Teil 1 behandelt die **Mikronährstoffe**. Sämtliche Vitamine, Mineralstoffe und sekundären Pflanzenstoffe werden benötigt, einige von ihnen haben spezielle Bedeutung für die Gehirnfunktion. Vitamin B1 erleichtert die Energiegewinnung aus Glukose. Ein Mangel tritt gehäuft bei Alkoholikern mit mangelhafter Ernährung auf und macht sich bemerkbar durch Schwäche, Krämpfe, Schmerzen und Gedächtnisverlust (Korsakow-Syndrom) (► Abschn. 14.2.2). Zusammen mit weiteren B-Vitaminen (B2, Niacin und Folsäure) verbessert Vitamin B1 das abstrakte Denken. Vitamin C trägt zum räumlichen Sehen bei, die Vitamine B6, B12, A und E zu räumlichem Sehen und zum Abstraktionsvermögen. Die mentale Entwicklung benötigt ausreichend Energie, Protein, Eisen, Jod, Zink und Vitamin A. Antioxidanzien schützen vor Peroxidation und damit vor Alterungsprozessen sowie dem Verfall des Gedächtnisses – insbesondere Polyphenole, Carotinoide und andere sekundäre Pflanzenstoffe sowie Vitamin E und C und Selen. Jodmangel während der Schwangerschaft und in den ersten drei Lebensjahren kann zu mangelnder Hirnentwicklung und damit zu verminderter Intelligenz (Kretinismus) führen.
- In Teil 2 werden die **Makronährstoffe** Kohlenhydrate, Fett und Eiweiß erörtert. Kohlenhydrate dienen vorrangig der Energieversorgung. Der Glukosebedarf sollte aus Kohlenhydraten mit einem niedrigen glykämischen Index gedeckt werden. Eine lange Magenverweildauer ermöglicht einen langsamen, gleichmäßigen Fluss von Glukose ins Blut und sättigt besser – der Hunger auf den schnellen Schokoriegel kommt dann nicht auf. Gedächtnistests zeigen, dass speziell bei Älteren die Hirnleistung von der Glukoseversorgung abhängig ist.

Bei den Fettsäuren sind die essenziellen langkettigen Omega-3-Fettsäuren von großer Wichtigkeit für Entwicklung und optimale Funktion des ZNS. ALA (Alpha-Linolensäure) ist wesentlicher Hirnzellbestandteil und DHA (Docosa-Hexaensäure) integraler Bestandteil der Phospholipide in der Nervenzellmembran. DHA ermöglicht die Plastizität der Neuronen und Synapsen und ist damit wichtig für Lernen und Gedächtnisbildung, stimuliert die Glukosenutzung und die Mitochondrienfunktion und reduziert oxidativen Stress. Ein DHA-Mangel ist assoziiert mit Fehlfunktionen wie Dyslexie (Leseschwäche), Demenz, Depression, manisch-depressiver Erkrankung und Schizophrenie. Da nur eine geringe Synthese von DHA im Körper stattfindet, wird eine Zufuhr von Seefisch oder ggf. Fischöl empfohlen. Da Hirnentwicklung und -wachstum und auch die Sehfähigkeit von ausreichend DHA abhängt, ist es für schwangere und stillende Frauen noch wichtiger als für Nichtschwangere, möglichst 1–2 Portionen (fettreichen) Seefisch pro Woche zu essen.

Eiweißzufuhr in hoher Qualität beeinflusst die Hirnfunktion. Es werden insbesondere alle essenziellen Aminosäuren im optimalen Verhältnis benötigt. Unterernährung kann infolge Eiweißmangels oder minderwertiger Qualität zu schweren Veränderungen der Hirnentwicklung und -funktion führen. Protein wird für die Zellstruktur gebraucht und für den Aufbau von Enzymen und Botenstoffen.

Einige Aminosäuren fungieren als **Neurotransmitter**, wie Glycin und Glutaminsäure (gleichzeitig auch Vorstufe von GABA (Gamma-Aminobuttersäure)), die Katecholamine (Dopamin, Noradrenalin und Adrenalin, aus Tyrosin oder Phenylalanin gebildet) und Serotonin (aus Tryptophan gebildet). Serotonin hat neben seiner positiven Wirkung auf die geistige Leistung auch Einfluss auf Appetitregulation, Schlaf und Stimmung, es gilt als »Gute-Laune-Hormon« – eine Art natürliches Antidepressivum. Aus den serotoninreichen Nahrungsmitteln wie z. B. Bananen oder Kakao kann es selbst nicht ins Gehirn gelangen, da es von der Blut-Hirn-Schranke daran gehindert wird. Seine Vorstufe Tryptophan ist in den meisten Nahrungsproteinen enthalten, konkurriert aber mit anderen Aminosäuren (Valin, Isoleucin und Leucin) um die Aufnahme ins ZNS. Die Zufuhr schnell verfügbarer Kohlenhydrate führt zu einer Ausschüttung von Insulin, das die konkurrierenden Aminosäuren in die Muskelzellen einschleust. Das im Blut verbleibende Tryptophan kann vermehrt ins Gehirn aufgenommen werden und steigert so die zerebrale Serotoninproduktion – das erklärt, warum Schokolade glücklich macht (DEBInet Deutsches Ernährungsberatungs- und Informationsnetz ohne Jahr (b)).

Weitere nebenwirkungsfreie Möglichkeiten der Verbesserung der Stimmung durch Serotoninerhöhung sind

Aufenthalt im hellen Tageslicht (oder spezielle Tageslichtlampen) und regelmäßige Bewegung (Young 2007).

Die Suche nach den Wirksubstanzen

Lebensmittel- und Pharmakonzerne sind eifrig auf der Suche nach spezifischen Substanzen, die die Hirnleistung verbessern und Alterungsprozesse hinauszögern können. Nahrungsmittel bestehen aus einer Vielzahl von biologisch aktiven Substanzen, die bisher nur bruchstückhaft erforscht sind. Mögliche Wirkmechanismen können beispielsweise die Stimulation oder Verzögerung der Nervenleitung sein, Bereitstellung von Energie sowie eine Aktivierung oder Blockierung von Genen (Friebe 2008). Das erwünschte Wirkungsspektrum solcher Substanzen umfasst:

- Verbesserung der geistigen Kapazität
- Beitrag zu Bildung und Bereitstellung von Neurotransmittern
- Langfristige Gesunderhaltung der Nervenzellen
- Schutz vor freien Radikalen
- Gesunderhaltung der Blutgefäße, Optimierung der Durchblutungssituation
- Positiver Einfluss auf Stimmung und geistige Gesundheit

In einer großen Übersichtsarbeit trägt Gómez-Pinilla (2008) aus umfangreichen Studien den bisherigen Forschungsstand zusammen, vor allem mit Blick auf die Hirngesundheit und Vorbeugung der Alzheimer-Demenz. Dabei gibt es noch viele Konjunktive; nur Weniges an Erkenntnissen gilt als erwiesen, anderes als möglich. Dies sind die seine Hauptaussagen:

- Omega-3-Fettsäuren aus Seefisch, Walnüssen, Lein- oder Rapsöl verbessern möglicherweise die Hirnleistung, und zwar dann, wenn vorher Mangel daran bestand. Der Zugang zu Fisch als Nahrungsquelle hat wahrscheinlich wesentlich zur Hirnentwicklung der Menschheit beigetragen.
- Die Merkfähigkeit könnte durch Flavonoide (sekundäre Pflanzenstoffe) aus Blaubeeren oder Ginkgo-Blättern gesteigert werden.
- Folsäure könnte bei Älteren den Hirnabbau verlangsamen.
- Vitamin C und E (sowie weitere Antioxidanzien) könnten das Hirn vor freien Radikalen schützen.
- Curcumin (aus Kurkuma oder Gelbwurz, das dem Curry die gelbe Farbe gibt) könnte als starkes Antioxidans Alzheimer vorbeugen.
- Transfettsäuren und gesättigte Fettsäuren könnten dem Hirn schaden.

Gómez-Pinillas Fazit bestätigt eine abwechslungsreiche, ausgewogene, nicht zu energiereiche Ernährung als bestes Mittel für die Gesunderhaltung des Gehirns – insbesondere



Effektiv lernen, Stress am Arbeitsplatz bewältigen, Stimmung verbessern und erfolgreich Sport treiben: Mit der richtigen Speisen- und Getränkeauswahl kein Problem! Denn die Nahrung hat Einfluss auf Acetylcholin, Serotonin und Endorphine, die Botenstoffe des Gehirns. Wer situationsgerecht isst und trinkt, verbessert seine mentale Leistungsfähigkeit und seine Stimmung.

■ **Abb. 16.4** Gute Versorgung des Gehirns für verschiedene Situationen. (© Institut für Sporternährung e.V., mit freundl. Genehmigung)

re für ältere Menschen. Solange noch weitgehend unerforscht ist, wie die einzelnen Bestandteile miteinander und mit Umwelteinflüssen zusammenwirken, warnt er vor größeren Manipulationen an der Ernährung und ungezielter Supplementierung einzelner Substanzen.

Empfehlenswerte Brain-Food-Lebensmittel

Viele Ernährungstipps für eine bessere Versorgung des Gehirns sind in Zeitschriften, Büchern und vor allem im Internet zu finden. Ein anschauliches Beispiel für die meisten Lebenslagen stammt vom Institut für Sporternährung (ohne Jahr) (■ Abb. 16.4).

Wichtige Kriterien sind hier die Auswahl langsam verfügbarer Kohlenhydrate mit dem Ziel eines gleichmäßigen Blutzuckerspiegels, leichtes Eiweiß aus Milch und Fisch sowie ein großer Reichtum an Mikronährstoffen, dazu ein paar Trockenfrüchte und Nüsse. Besonderes Augenmerk ist auf die Ausschüttung von Hirnbotschaften gerichtet, die die mentale Leistungsfähigkeit und die Stimmung anheben. Neben dem zuvor erwähnten Serotonin sind dies Acetylcholin und die Endorphine.

Es gibt zahlreiche Nahrungsmittel natürlichen Ursprungs, die die Hirnfunktion unterstützen und dazu beitragen, es gesund zu halten. Von großer Bedeutung ist auch in diesem Zusammenhang wieder die Vielzahl von verschiedenfarbigen Früchten und Gemüsesorten, die entsprechende Wirkstoffgruppen enthalten und u. a. antioxidative, entzündungshemmende, durchblutungsfördernde,

immunstimulierende und stimmungsaufhellende Effekte haben können und gemeinsam mit unterschiedlichen Kombinationen von Mikronährstoffen auftreten.

Früchte mit intensiver Färbung sind antioxidanzienreich und schützen vor freien Radikalen und damit vor Alterungsprozessen. Eine besonders empfehlenswerte Frucht ist die Blaubeere. Untersuchungen der Tufts University in Boston zeigen, dass Blaubeeren im Vergleich zu 40 anderen frischen Obst- und Gemüsesorten eine besonders hohe antioxidative Potenz haben, deutlich höher als Himbeeren, Kirschen oder Äpfel (Tufts University 1999). Nur Blaubeeren verbessern auch das Gleichgewicht und die Koordination. Das Farbpigment Anthocyan (ein Polyphenol) ist dafür verantwortlich. Bei Labormäusen bremst ein Blaubeerextrakt nicht nur den geistigen Verfall, sondern führt sogar wieder zu verbesserter Hirnleistung.

Für ein gesundes Gehirn und gute mentale Leistungsfähigkeit werden folgende Nahrungsmittel empfohlen:

- Trink- oder Mineralwasser, gelegentlich Schorle aus frisch gepresstem Saft, Kräutertees, grüner Tee; Schwarztee, Kaffee in Maßen – als Flüssigkeitsversorgung und durch Wirkung der spezifischen Inhaltsstoffe
- Kohlenhydrate mit niedrigem glykämischen Index (GI): Vollkornprodukte, Getreideflocken, Müsli, ungeschälter Reis, Süßkartoffeln, gekochte Kartoffeln (wenn sie mit anderen Speisen kombiniert werden, sinkt der GI!) – sichern die Energieversorgung
- Fettreicher Fisch (Lachs, Hering, Makrele, Thunfisch, Sardine) – enthalten die Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA
- Fettarme Milchprodukte – als Quelle für Eiweiß
- Nüsse und Samen – günstige Fettsäuren, Eiweiß, Vitamin E und Cholin (Vorstufe von Acetylcholin)
- Frische Früchte, vor allem Beeren (insbesondere Blaubeeren) – Vitamine, Mineralstoffe und sekundäre Pflanzenstoffe/Antioxidanzien
- Frisches Gemüse, teils als Rohkost oder Salat (besonders empfohlen: Brokkoli) – Vitamine, Mineralstoffe und sekundäre Pflanzenstoffe/Antioxidanzien
- Hochwertige Pflanzenöle (Leinöl, Rapsöl, Olivenöl) – haben eine günstige Fettsäurezusammensetzung
- Kakao oder Schokolade mit Kakaoanteil über 70% in kleinen Mengen – enthält Antioxidanzien, fördert Hirndurchblutung, macht glücklich (Endorphine)

Um das Gehirn gesund zu halten, sollte man weitgehend meiden:

- Schnell verfügbare Kohlenhydrate (Zucker, Weißmehl) – führen zu schwankendem Blutzuckerspiegel und eventuell zu Übergewicht und Stoffwechselschlechterung
- Gesättigte Fettsäuren und Transfettsäuren (tierische Fette, Fertigkost, Frittiertes) – beschleunigen zerebra-

■ **Tab. 16.7** Möglicher Tagesplan für Menschen, die im Büro arbeiten

Frühstück	Ungezuckertes Müsli mit frischen Früchten, 1 Esslöffel Nüsse oder Samen und Naturjoghurt
Zwischenmahlzeit	1 Scheibe Vollkornbrot mit Käse und rotem Paprika
Mittagessen	Vollkornnudeln mit buntem Gemüse, Kräutern und Hühnerbrust oder Tofu, angebraten in Rapsöl
Nachmittagssnack	1 Stück frisches Obst, ein paar Vollkornkekse oder eine Handvoll Studentenfutter
Abendessen	Großer gemischter Salat mit Thunfisch, Lachs oder Schafskäse und 1 Vollkornbrötchen, Dressing mit Olivenöl
Dazu über den Tag verteilt	Zuckerarme Getränke, vorzugsweise Wasser

len Abbau bei Älteren, eventuell erhöhte Alzheimer-Rate, können zu Arteriosklerose und schlechter Hirndurchblutung führen

- Alkohol, zumindest in größeren Mengen hemmt Reizübertragung im Gehirn, schädigt Gehirnzellen; bei höheren Dosen akute Vergiftung, langfristiger Missbrauch führt zu Alkoholenzephalopathie und Demenz (als moderater Konsum gelten Mengen von nicht mehr als 20–24 g Alkohol für Männer, entsprechend 200 ml Wein oder 500 ml Bier, für Frauen die Hälfte (► Abschn. 14.2.5)).

Leichte Ernährung für konzentrierte Arbeit

Wer sich konzentrieren und volle Leistung bringen muss, braucht eine vollwertige, wenig belastende Kost, um Müdigkeit und Leistungstiefs zu vermeiden. ■ Tab. 16.7 zeigt ein Beispiel für einen Tagesplan für Menschen, die im Büro arbeiten.

16.4 Empfehlung für alle: ONQI-Wert für gute Lebensmittel

Als konkrete Hilfestellung bei der Auswahl von Lebensmitteln wurde von einer Arbeitsgruppe an der US-amerikanischen Yale-Universität unter Leitung von David Katz ein interessanter wissenschaftlich fundierter Algorithmus zur Beurteilung der Qualität von Lebensmitteln und Getränken hinsichtlich ihrer gesundheitsbezogenen Effekte erstellt. Er dient zur Berechnung des **Overall Nutritional Quality Index (ONQI)**, Gesamt-Ernährungsqualitäts-Index, der die komplexe Information zum Nährstoffgehalt in einer Zahl zusammenfasst (Katz et al. 2007).

Auf einer Skala von 1 bis 100 ist ein Wert von 100 ideal – ihn erreichen beispielsweise verschiedene Beerenfrüchte und Brokkoli. 25 Nährstoffe und wesentliche Ernährungsfaktoren gehen in die Bewertung ein – neben den lebensnotwendigen Nährstoffen und einigen sekundären Pflanzenstoffen (Carotinoide und Flavonoide) auch die ungünstigen wie zugesetzter Zucker, Salz, Cholesterin und

gesundheitsschädliche Fette. Erfasst werden die Energiedichte sowie die Qualität der Makronährstoffe, die Eiweißqualität gemessen an der Verteilung der essenziellen Aminosäuren, die Qualität der Fette am Anteil ungesättigter Fettsäuren sowie die Kohlenhydrate entsprechend ihrer glykämischen Last und ihres Ballaststoffgehalts.

In US-amerikanischen Supermärkten werden zwischen 40.000 und 50.000 Lebensmittel angeboten. Konsumenten können sich seit einigen Jahren auf den Verpackungen und im Internet mithilfe des ONQI über die Qualität von industriell hergestellten Lebensmitteln informieren, wenn die Hersteller das **Nuval-Programm** nutzen (Institut für Sporternährung e.V. ohne Jahr). Weitere Anwendungsmöglichkeiten sind die Beurteilung von Kochrezepten sowie von Speisen in Kantinen und Restaurants. Dieses System könnte auch ein Vorbild für eine verbraucherfreundliche europäische Lebensmittelkennzeichnung sein. ■ Tab. 16.8 zeigt ausgewählte Lebensmittel und ihre Bewertung nach dem ONQI.

Die gesundheitlichen Auswirkungen einer Lebensmittelauswahl nach dem ONQI wurden in einer groß angelegten Untersuchung anhand der Kohorten (Untersuchungsgruppen) zweier bekannter Studien (Nurses Health Study und Health Professionals Follow-up Study) ausgewertet (Chiuve et al. 2011).

➤ Wichtig

Ein geringer ONQI-Wert korrelierte mit erhöhten Risiken für chronische Erkrankungen im Allgemeinen, für koronare Herzkrankung, Diabetes sowie einer allgemein erhöhten Sterberate, nicht aber mit Krebs.

Das Diabetesrisiko war im Fünftel (Quintile) mit den höchsten ONQI-Werten bei Frauen 22% geringer als im Fünftel mit den niedrigsten Werten, bei Männern war das Risiko sogar um 30% geringer. Höhere Werte waren auch mit einer 10–11% geringeren Gesamtsterblichkeit verbunden.

Tab. 16.8 Auswahl von Lebensmitteln entsprechend dem Overall Nutritional Quality Index (ONQI, Gesamt-Ernährungsqualitäts-Index). (Katz et al. 2007)

Lebensmittel	ONQI-Bewertung
Erdbeeren	100
Blaubeeren	100
Spinat, roh	100
Brokkoli, roh	100
Orange	100
Apfel	96
Kartoffel	93
Banane	91
Haferflocken	88
Atlantiklachs	87
Mandeln, geröstet	82
Milch, 1% Fett	81
Weißer Reis	57
Milch 3,5% Fett	53
Steinbutt	51
Vollkornnudeln	50
Putenbrust (ohne Haut)	48
Orangensaft	39
Putenbrust (mit Haut)	31
Rinderlende	30
Rinderhackfleisch	26
Rapsöl	24
Spiegelei	18
Wiener Würstchen	11
Weißbrot	9
Vollmilchschokolade	3
Eiscreme (amerikanisch)	1

- Niemals geraucht hat
- Nicht massiv übergewichtig ist (BMI < 30 kg/m²)
- Mindestens 3,5 Stunden pro Woche körperlich aktiv ist
- Sich gesund ernährt (viel Obst, Gemüse, Vollkornbrot und wenig Fleisch)

Verglichen wurde mit Personen, die sich in Bezug auf diese wesentlichen Lebensstilfaktoren gegenteilig verhielten. Auf einzelne Erkrankungen bezogen ergab sich für Diabetes Typ 2 eine Risikoreduktion von 93%, für Herzinfarkte von 81%, für Schlaganfälle von 50% und für Krebserkrankungen von 36%.

Elemente einer »gesunden« Ernährung sind eine dem Kalorienverbrauch entsprechende Zufuhr von Energie und Nährstoffen, aber auch Muße und Genuss bei der Nahrungsaufnahme sowie die Einbeziehung der sozialen Aspekte bei gemeinsamen Mahlzeiten. Wann und wie die Mahlzeiten stattfinden, ist nicht pauschal für jeden Menschen festzulegen, allgemein ist jedoch von **drei Mahlzeiten** auszugehen. Zuckerarme Zwischenmahlzeiten können den notwendigen Energieschub am Vor- oder Nachmittag bringen.

So oft wie möglich sollte man **selbst kochen** oder vielleicht einen Salat bereiten oder ein Sandwich aus Vollkornbrot frisch herstellen und es z. B. mit Salatblättern und Rohkost, italienischem Pesto oder türkischem Ajvar aufwerten. So weiß man, was man isst. Zusatzstoffe, die bei vorgefertigten Speisen für Haltbarkeit, ansprechendes Äußeres und Geschmacksintensität sorgen, sind so nicht nötig. Man kann erfinderisch werden, bei den Zutaten variieren, Rezepte verändern – z. B. Sahne gegen Joghurt tauschen oder den Wurstsalat mal aus magerem gekochtem Schinken bereiten. Auch Tiefkühlpizza kann durch eine Portion Extragemüse zu einer ganz anderen Mahlzeit werden. Ein Blick auf die Angaben auf der Verpackung hilft bei der Entscheidung für oder gegen Vorgefertigtes.

Hauptsächlich sollten natürliche, vollwertige, gering verarbeitete Lebensmittel zum Einsatz kommen, denn es ist besser, den Körper arbeiten zu lassen, um an die Nährstoffe zu kommen. Damit wird beispielsweise der Magen langsamer geleert und der Blutzuckeranstieg verzögert, was länger dauernde Sättigung zur Folge hat. Und es besteht die Möglichkeit, das reichhaltige Angebot von Mikronährstoffen und sekundären Pflanzenstoffen in ihrem natürlichen Zusammenspiel zu nutzen.

Bio-Produkte enthalten entgegen den Erwartungen vieler Kunden nicht generell mehr Nähr- und Wirkstoffe als konventionell erzeugte Lebensmittel, fand eine umfangreiche Übersichtsarbeit über Studienergebnisse aus den Jahren 1966–2011 heraus, die an der kalifornischen Stanford-Universität durchgeführt wurde (Smith-Spangler et al. 2012). Es gab aber auch positive Beispiele. So hatten einige der Untersucher einen höheren Gehalt an bioaktiven

16.5 Nahrung, ein wertvolles Gut – Tipps für den täglichen Genuss

Mit einem gesundheitsorientierten Lebensstil kann man seinen Genen ein Schnippchen schlagen. Bei der Auswertung der Potsdamer EPIC-Studie (European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition-Potsdam Study) konnte ein um 78% vermindertes Risiko für chronische Erkrankungen berechnet werden (Ford et al. 2009), wenn eine Person

Phenolen und $\Omega 3$ -Fettsäuren in Bio-Milch gefunden. Geflügel aus konventionellen Mastbetrieben war häufiger mit Keimen belastet, die gegen Antibiotika resistent waren. Der Gehalt an Rückständen von Pestiziden (Schädlingsbekämpfungsmitteln) war bei den Bioprodukten um 30% geringer als bei konventionellen Produkten, auch wenn diese selten oberhalb der gesetzlichen Höchstmengen lagen.

Es kommt allerdings immer mal wieder vor, dass mehrere verschiedene Pestizide in erlaubten Dosierungen gleichzeitig eingesetzt werden, mögliche Interaktionen sind schwer einschätzbar. In Deutschland sind 280 Substanzen zur chemischen Schädlingsbekämpfung zugelassen. Im Biolandbau sind sie nicht erlaubt, treten allerdings als Verunreinigung von Nachbarfeldern auf. Auch auf synthetischen Stickstoffdünger verzichtet der Biolandbau. Er greift eher auf eine natürliche Gründüngung durch Leguminosen (stickstoffsammelnde Pflanzen) zurück, was zu geringerer Nitratbelastung der Frucht führt und die Umwelt schützt.

❗ Wichtig

Von 316 Zusatzstoffen, die in der Lebensmittelproduktion eingesetzt werden, gestattet die EG-Öko-Verordnung nur 48, Bio-Verbände lediglich 21.

Anhänger der Bio-Kost schwärmen oft von dem besseren Geschmack, was natürlich immer subjektiv gefärbt ist. In vergleichenden Geschmackstests werden Bio-Obst und -Gemüse nur teilweise als schmackhafter empfunden. Die Pflanzen sind oft kräftiger, der Wassergehalt geringer, der Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen höher. Das Fleisch von Weidetieren ist aufgrund der Marmorierung häufig zarter, enthält gesündere Fette und weniger Medikamentenrückstände, die Tiere sind gesünder und robuster. Artgerechte Haltung bzw. Grasfütterung führt zur wünschenswerten Erhöhung des Gehalts an langkettigen Omega-3-Fettsäuren. Das Omega-6- zu Omega-3-Fettsäuren-Verhältnis liegt bei Weiderindern bei etwa 2:1, bei Weidelämmern bei 1,2:1 (Nürnberg u. Ender 2006) (► Abschn. 14.2.1).

Auch wenn gelegentlich schwarze Schafe unter den Produzenten bzw. Händlern von Bio-Produkten sind und Skandale die Gemüter erregen, sollte man so oft wie möglich Bio-Produkte wählen – optimal wenn sie in der Region erzeugt wurden. Neben einer geringeren Schadstoffbelastung und teilweise mehr gesundheitlich relevanten Inhaltsstoffen können der Schutz der Umwelt und des Klimas sowie der Tierschutz überzeugende Argumente sein.

Nahrung ist heutzutage in den entwickelten Ländern relativ billig. Darüber wird oft ihr wirklicher Wert vergessen. Gute Nahrungsmittel sind ein Schatz, der wahrgenommen werden sollte. Statt schnell mal nebenbei irgendetwas zu essen, sollte man sich angemessen Zeit nehmen und sich auf die Speisen und ihre Wirkung auf Körper und Seele einlassen. Indem man spürt, was gut tut, wächst der

Genuss und die Motivation für die notwendigen Veränderungen. Die Ernährungsumstellung kann einige Zeit brauchen, und eventuell muss man Schritt für Schritt vorgehen.

Zusammenfassende Empfehlungen für die gesundheitsfördernde Ernährung

- Das richtige Maß
- Vollwertig
- Abwechslungsreich
- 75–80% pflanzlich
- Natürliche, gering verarbeitete Lebensmittel
- Regional und saisonal einkaufen, am besten aus kontrolliertem Anbau
- Wenig Fertignahrung und Fast-Food
- So oft wie möglich selbst zubereitet oder »veredelt« – man weiß, was drin ist, es sind keine Zusatzstoffe nötig
- Transfettsäuren meiden (in gehärteten Fetten und Frittiertem)
- Mehr $\Omega 3$ -Fettsäuren in Form von Fisch, Leinöl oder Rapsöl
- Nüsse und Samen enthalten gute Öle in Originalverpackung
- Zu jeder Mahlzeit etwas Bunt
- Ausreichend trinken, ohne Zuckerzusatz
- Den Genuss nicht vergessen
- Sich ab und zu mal eine Ausnahme gönnen

Gesundes Reduktionsprogramm

- Einsparung von ca. 500 kcal (abhängig von persönlichen Bedingungen und Zielen)
- Reduktionsziel 1–3 kg pro Monat
- Ausreichende Eiweißzufuhr (mindestens 0,8 g/kg KG, bis ca. 1,2 g/kg – nur bei gesunden Nieren!)
- 2–3 l trinken (zuckerfreie Getränke, bevorzugt Wasser)
- 3 Mahlzeiten am Tag, eventuelle Zwischenmahlzeiten zuckerarm, nicht naschen
- Weniger Fett, Zucker, Fleisch/Wurst, Alkohol
- Abwechslungsreiche Auswahl nach persönlichen Vorlieben
- Sättigende und schmackhafte Mahlzeiten
- Vermittlung von Ernährungswissen und eines neuen Ess- und Lebensstils, der auf Dauer beibehalten werden kann
- Bei Akzeptanz gibt es keine Verbote – man kann sich ab und zu etwas gönnen – morgen ist ein neuer Tag, an dem alles »richtig« laufen kann
- Unterstützung durch mehr Alltagsbewegung und ein abgestimmtes Bewegungsprogramm
- Ermutigung durch neues Wohlbefinden

Zusammenfassung

Eine möglichst vielseitige Auswahl und Kombination natürlicher Lebensmittel ermöglicht eine umfassende Versorgung mit allen lebensnotwendigen Stoffen. Aus dem Beispiel der Steinzeiternährung lassen sich Anregungen für ein mehr körpergemäßes, vollwertigeres Nahrungsangebot ableiten, das zur Prävention von Zivilisationskrankheiten beitragen kann. Es werden aktuelle wissenschaftliche Studien und Einschätzungen diskutiert, insbesondere wird das Verhältnis von Kohlenhydraten und Fetten unter die Lupe genommen. Neben zahlreichen praktischen Ernährungshinweisen werden u. a. ein Plan für eine gesunde und nachhaltige Gewichtsreduktion sowie Tipps für Menschen, die geistig besonders aktiv sind, vorgestellt.

Literatur

- Boeing H, Bechthold A, Bub A et al. (2012) Critical review: Vegetables and fruit in the prevention of chronic diseases. *Eur J Nutr* 51(6) 637–663
- Bofetta P, Couto E, Wichmann J, et al. (2010) Fruit and vegetable intake and overall cancer risk in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition (EPIC). *J Natl Cancer Inst* 102(8) 529–537
- Böhm S (2012) Medizinreport, Diabetes mellitus: Nicht jeder Adipöse ist gefährdet. *Dtsch Arztebl* 109(29–30) A-1491 / B-1282 / C-1262
- Boschmann M (2013) Wasser trinken und Übergewicht – Überflüssige Pfunde einfach wegschütten? *Nutrition News* 10(3):5–6. Online verfügbar unter: http://www.medicom.cc/medicom-de/Livebook/2013/e-paper_NuNe313-D/index.html (Zugriff 07.08.2013)
- Bourré JM (2006) Effects of nutrients (in food) on the structure and function of the nervous system: update on dietary requirements for brain. Part 1: Micronutrients. *J Nutr Health Aging* 10(5) 377–385
- Bourré JM (2006) Effects of nutrients (in food) on the structure and function of the nervous system: update on dietary requirements for brain. Part 2: Macronutrients. *J Nutr Health Aging* 10(5) 386–389
- Bundesamt für Gesundheit (BAG) (2012) Fette in der Ernährung – Aktualisierte Empfehlungen der Eidgenössischen Ernährungskommission. Supplementum zum Expertenbericht »Fette in der Ernährung« mit den aktualisierten Empfehlungen. Zürich. S. 6
- Bundesamt für Gesundheit (BAG) (2011) Proteine in der Ernährung des Menschen: Online verfügbar unter: <http://www.blv.admin.ch/themen/04679/05065/05093/index.html?lang=de> (Zugriff 01.06.2013)
- Bundesamt für Gesundheit (BAG), Abteilung Lebensmittelsicherheit, Sektion Ernährungs- und Toxikologische Risiken (2009) Kohlenhydrate in der Ernährung. Stellungnahme und Empfehlungen der Eidgenössischen Ernährungskommission (EEK), verfasst von einer Expertengruppe im Auftrag der EEK, Zürich; Online verfügbar unter: <http://www.blv.admin.ch/themen/04679/05065/05091/index.html?lang> (Zugriff 07.08.2013)
- Campbell TC, Campbell TM (2011) China Study: Die wissenschaftliche Begründung für eine vegane Ernährungsweise. 2. Aufl. Systemische Medizin, Bad Kötzing
- Chiuve SE, Sampson L, Willett WC (2011) Adherence to the overall nutritional quality index and risk of total chronic disease. *Am J Prev Med* 40(5) 505–513; doi: 10.1016/j.amepre.2010.11.022
- Cordain L, Eaton SB, Sebastian A et al. (2005) Origins and evolution of the Western diet: health implications for the 21st century. *Am J Clin Nutr* 81: 341–354
- D-A-CH Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung (2008) Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt a. d. Weinstraße
- DEBNet Deutsches Ernährungsberatungs- und informationsnetz (o.J.) <http://www.ernaehrung.de/tipps/sport/sportbegriff-muskulatur-energiegewinnung.php>. (Zugriff 02.01.2014)
- DEBNet Deutsches Ernährungsberatungs- und Informationsnetz (o.J.) (b)) Macht Schokolade glücklich? <http://www.ernaehrung.de/aktuell/archiv/Schokolade-Glueck.php> (Zugriff 21.12.2013)
- Deutsche Diabetes-Hilfe (2013) Deutscher Gesundheitsbericht 2013. Diabetesde – Deutsche Diabetes-Hilfe (Hrsg.). Kirchheim Verlag, Mainz, S. 213. http://www.diabetesde.org/fileadmin/users/Patientenseite/PDFs_und_TEXTE/Infomaterial/Diabetes_Gesundheitsbericht_2013.pdf (Zugriff 01.12.2013) Deutsche Diabetes-Hilfe. Berlin: www.diabetesde.org, http://www.diabetesde.org/ueber_diabetes/diabetes_bei_kindern/ (Zugriff 01.12.13)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung e.V. (2011) DGE-Position: Richtwerte für die Energiezufuhr aus Kohlenhydraten und Fett. Bonn. Online verfügbar unter: <http://www.dge.de/pdf/ws/DGE-Positionspapier-Richtwerte-Energiezufuhr-KH-und-Fett.pdf> (Zugriff 07.08.2013)
- Ebbeling CB, Swain JF, Feldman HA et al. (2012) Effects of dietary composition on energy expenditure during weight-loss maintenance. *JAMA* 307(24) 2627–2634
- Evert AB, Boucher JL, Cypress M et al. (2013) Nutrition therapy recommendations for the management of adults with diabetes. *Diabetes Care* 36(11) 3821–3842. doi: 10.2337/dc13-2042
- Friebe R (2008) <http://www.faz.net/aktuell/wissen/mensch-gene/brain-food-ein-haepchen-fuer-s-gehirn-1667324.html> (Zugriff 02.02.2013)
- Ford ES, Bergmann MM, Kröger J et al. (2009) Healthy living is the best revenge: findings from the European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition – Potsdam Study. *Arch Intern Med* 169(15) 1355–1362. doi:10.1001/archinternmed.2009.237
- Genschow O, Reutner L, Waenke M (2012) The color red reduces snack food and softdrink intake. *Appetite* 58(2) 699–702
- Gómez-Pinilla F (2008) Brain foods: the effects of nutrients on brain function. *Nat Rev Neurosci* 9(7) 568–578. doi:10.1038/nrn2421
- Harvard School of Public Health Nutrition Source (2013a) Food Pyramids and Plates. What Should You really Eat. <http://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/what-should-you-eat/pyramid/> (Zugriff 30.10.2013)
- Harvard School of Public Health Nutrition Source (2013b) Healthy Eating Plate & Healthy Eating Pyramid. <http://www.hsph.harvard.edu/nutritionsource/healthy-eating-plate> (Zugriff 30.10.2013)
- Hung HC et al. (2004) Fruit and vegetable intake and risk of major chronic disease. *J Natl Cancer Inst* 96(21) 1577–1584
- Institut für Sporternährung e.V. (o.J.) <http://www.isonline.de/index.php?page=brainfood> (Zugriff 03.04.2013)
- Katz DL, Njike VY, Kennedy D et al. (2007) Overall Nutritional Quality Index Version 1 (ONQI.v1) – Reference Manual – Prevention Research Center. Yale University Medical School, Griffin Hospital,

- Derby, CT. Online verfügbar unter: <http://www.nuval.com/images/upload/files/ONQIManual%20version3.pdf>; (Zugriff 04.12.2013)
- Konner M, Eaton SB (2010) Paleolithic nutrition twenty-five years later. *Nutr Clin Pract* 25(6): 594–602
- Langhans W (2010) Hunger und Sättigung. Ernährungs Umschau (10)
- MRI Max Rubner-Institut, Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel (2008) Nationale Verzehrs Studie II. Ergebnisbericht, Teil 2, Karlsruhe
- NIH – National Heart, Lung, and Blood Institute (2006) Heart & Vascular Diseases. http://www.nhlbi.nih.gov/health/resources/heart/high_blood_pressure. (Zugriff 24.11.2013)
- Nordmann A J, Nordmann A, Briel M et al. (2006) Effects of low-carbohydrate vs. low-fat diets on weight loss and cardiovascular risk. *Arch Intern Med* 166: 285–293
- Nürnberg K, Ender K (2006) Qualität von der Weide. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz BMELV (Hrsg.) Forschungsreport 2, S. 21. Online verfügbar unter: www.bmelv-forschung.de/fileadmin/.../fr-2006-2.pdf (Zugriff 15.12.2013)
- NuVal (o. J.) <http://www.nuval.com/Scores/List/?ssort=ASC> (Zugriff 04.12.2013)
- O'Dea, K. (1992) Diabetes in Australian Aborigines: impact of the western diet and life style. *J Int Med* 232 (2): 103–117. Online verfügbar unter: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/joim.1992.232.issue-2/issuetoc> (Zugriff 15.12.2013)
- Orlich MJ, Singh PN, Sabaté J et al. (2013) Vegetarian dietary patterns and mortality in Adventist Health Study 2. *JAMA Intern Med*. DOI:10.1001/jamainternmed.2013.6473
- Paddon-Jones D, Westman E, Mattes RD et al. (2008) Protein, weight management, and satiety. *Am J Clin Nutr* 87(5): 1558S–1561S
- Pan A, Sun Q, Bernstein AM et al. (2012) Red meat consumption and mortality. Results from 2 prospective cohort studies. *Arch Intern Med* 172(7): 555–563. doi:10.1001/archinternmed.2011.2287
- Pape D, Schwarz R, Trunz-Carlisi et al. (2006) Schlank im Schlaf. Gräfe & Unzer, München
- Peters A (2011) Das egoistische Gehirn. Warum unser Kopf Diäten sabotiert und gegen den eigenen Körper kämpft. Ullstein, Berlin. Online verfügbar unter: <http://www.uni-luebeck.de/aktuelles/pressemitteilung/artikel/uebergewicht-diabetes-mellitus-das-gehirn-und-seine-eigenschaft.html> (Zugriff 15.12.2013)
- Raschka C, Ruf S (2013) Sportlernährung. *Aktuell Ernährungsmagazin* 38: 362–378
- Ros, E (2012) How important is dietary management in hypercholesterolemia? *Clin Lipidol* 7(5): 489–492
- Schoenfeld JD, Ioannidis JP (2013) Is everything we eat associated with cancer? A systematic cookbook review. *Am J Clin Nutr* 97(1): 127–134
- Schweizerische Gesellschaft für Ernährung (SGE) (o.J.) Schweizerische Lebensmittelpyramide. Empfehlungen zum ausgewogenen und genussvollen Essen und Trinken für Erwachsene. Online verfügbar unter: <http://www.sge-ssn.ch/de/ich-und-du/essen-und-trinken/ausgewogen/lebensmittelpyramide/> (Zugriff 30.09.2013)
- Schwingshackl I, Hoffmann G (2013) Auswirkungen kohlenhydratreduzierter und kohlenhydratmodifizierter Diäten auf kardiovaskuläre Biomarker. *Aktuell Ernährungsmagazin* 38: 418–423
- Servicebüro 5 am Tag e.V. (o.J.) 5 am Tag – Iss bunt und gesund. http://www.5amtag-schule.de/index.php?id=downloads_lehrer (Zugriff 15.10.2013)
- Slow Food Deutschland e.V. (o.J.) <http://www.slowfood.de> (Zugriff 30.11.2013)
- Smith-Spangler C, Brandeau ML, Hunter GE et al. (2012) Are organic foods safer or healthier than conventional alternatives? A systematic review. *Ann Intern Med* 157(5): 348–366. doi:10.7326/0003-4819-157-5-201209040-00007
- Spiegel online (2013) Mexiko erhebt Strafsteuer auf Fast Food <http://www.spiegel.de/wirtschaft/service/zu-viele-dicke-mexiko-fuehrt-strafsteuer-auf-fast-food-ein-a-931188.html> (Zugriff 01.11.2013)
- Tufts University (1999) The Power of Blue. <http://enews.tufts.edu/stories/1154/2002/03/11/PowerOfBlue> (Zugriff 02.02.2013)
- Uauy R, Aro A, Clarke R et al. (2009) WHO Scientific Update on trans fatty acids: summary and conclusions. *Eur J Clin Nutr* 63: S68–S75
- WebMD (2013) Weight Loss & Diet Plans. <http://www.webmd.com/diet/volumetrics-what-it-is>. (Zugriff am 27.08.2013)
- Westerterp-Platenga M, Diepvens K, Joosen A et al. (2006) Metabolic effects of spices, teas, and caffeine. *Physiol Behav* 89: 85–91
- Willett WC (2002) Dietary fat plays a major role in obesity. *Obes Rev* 3(2): 59–68
- Willett WC (2003) Concepts and controversies on diet: stop recommending low-fat diets! Health Systems, Special feature. The Permanente Journal, A Focus on Obesity, Part 2 (7) No. 3. Online verfügbar unter: <http://xnnet.kp.org/permanentejournal/sum03/concepts.html> (Zugriff 15.12.2013)
- Willett WC (2010) Fruits, vegetables, and cancer prevention: turmoil in the produce section. DOI: 10.1093/jnci/djq098
- Worm N (2008) Was ist LOGI. http://www.logi-methode.de/was_ist_logi.html. (Zugriff 04.06.2013)
- Young SN (2007) How to increase serotonin in the human brain without drugs. *J Psychiatry Neurosci* 32(6): 394–399

■ Weiterführende Literatur zum Thema »Sporternährung«

- Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD et al. (2011) The compendium of physical activities tracking guide. Healthy Lifestyles Research Center, College of Nursing & Health Innovation, Arizona State University. <https://sites.google.com/site/compendiumofphysicalactivities/> (Zugriff 15.12.2013)
- DEBInet Deutsches Ernährungsberatungs- und -informationsnetz Sporternährung. Institut für Ernährungsinformation, Hohenfreudenstadt. <http://www.ernaehrung.de/tipps/sport/> (Zugriff 02.01.2014)
- Geiß KR, Hamm M (2000) Handbuch Sportler-Ernährung. Behr's, Hamburg
- Konopka P (2012) Sporternährung: Grundlagen – Ernährungsstrategien – Leistungsförderung. BLV, München
- Raschka C, Ruf S (2012) Sport und Ernährung: Wissenschaftlich basierte Empfehlungen und Ernährungspläne für die Praxis. Thieme, Stuttgart
- SCAN Sports, Cardiovascular, and Wellness Nutrition (2013) Sports nutrition fact sheets: A trusted resource. Academy of Nutrition and Dietetics. <http://www.scandpg.org/sports-nutrition/sports-nutrition-fact-sheets/> (Zugriff 02.01.2014)

Ernährungsmanagement am praktischen Beispiel

Elisabeth Malzfeldt

**17.1 Metabolisches Syndrom – Bewegungs- und
Ernährungscoaching – 294**

17.2 Unterversorgung mit Mikronährstoffen – 306

Literatur – 308

17.1 Metabolisches Syndrom – Bewegungs- und Ernährungscoaching

Kunde: Männlich, Jahrgang 1969, 176 cm, 155 kg, BMI 50 kg/m²

Informationen aus dem Anamnesebogen:

- Unternehmer, hohe berufliche Verantwortung
- Arbeitsbelastung 5–6 Tage die Woche 11–12 h
- Ausreichend Schlaf (7–8 h)
- Früher Fußballspieler
- Heute unregelmäßige sportliche Aktivitäten (Schwimmen im Sommer, Wandern)
- Familiäre Vorbelastung für das metabolische Syndrom
- Metabolisches Syndrom: Adipositas Grad 3, Bauchumfang 150 cm, Bluthochdruck, Prädiabetes, erhöhte Triglyzerid- und Harnsäurewerte
- Einnahme von Betablocker (Carvedilol 25 mg) und Thrombozytenaggregationshemmer (ASS 100 mg)
- Nach eigener Einschätzung ausgewogene Ernährung, aber zu große Mengen

Blutwerte:

- Nüchternblutzucker 127 mg/dl, HbA1c 6,2%, Triglyzeride 157 mg/dl, Cholesterin gesamt 199 mg/dl, HDL-Cholesterin 42 mg/dl, LDL-Cholesterin (rechnerisch) 126 mg/dl, Harnsäure 7,4 mg/dl, CRP 5,6 mg/l
- Normalbefunde: Lipoprotein (a) (22 mg/dl), Homocystein (10,2 µmol/l), Kreatinin (0,94 mg/dl), Leberwerte, Elektrolyte und großes Blutbild

Der Kunde kommt auf ärztliche Empfehlung, hat aber auch selbst nach mehreren gescheiterten Versuchen den dringenden Wunsch, sein Körpergewicht aus gesundheitlichen Gründen zu reduzieren.

Ziele:

- Mit ausgewogener und reduzierter Ernährung sowie 2–3 Trainingseinheiten pro Woche über jeweils 1 Stunde Körpergewicht bis Ende 2013 unter 130 kg senken
- Langfristig ein Körpergewicht von weniger als 100 kg erreichen
- Verminderung des Krankheitsrisikos und Normalisierung des Stoffwechsels

Psychologische Stütze:

- Sympathisches Ganzkörper-Foto des Kunden »vorher/nachher«
- SMART (► Abschn. 20.1) formulierte Unterziele im Sinne von Meilensteinen zur Erreichung des

»großen« Zieles festlegen und darauf achten, dass deren Erreichung vollständig im Einflussbereich des Kunden liegt (► Kap. 21)

- Ausgesprochene Anerkennung für das ambitionierte Ziel sowie Beispiel von einem Kunden, der dies in ähnlicher Weise geschafft hat
- Exakte und detaillierte Auseinandersetzung mit den Erfordernissen, die der Kunde selbst erfüllen muss: Stärkung der Selbstverantwortung und Hinweise auf schnelle Erfolgsmerkmale, um ihn seine Selbstwirksamkeit spüren zu lassen (► Abschn. 19.3)
- Beteiligung seines Heimatsystems (z. B. Ehefrau), um sich »in schwachen Momenten« Zuspruch und Motivation auch von außen holen zu können (► Abschn. 19.2).

Eingangsdagnostik am 21.03.2013:

- Körpergewebeanalyse (BIA)
- Stufentest auf dem Fahrradergometer mit Laktatdiagnostik
- Ernährungsprotokoll, -analyse und -beratung

■ Körpergewebeanalyse mittels Bioimpedanzanalyse (BIA; ► Abb. 17.1)

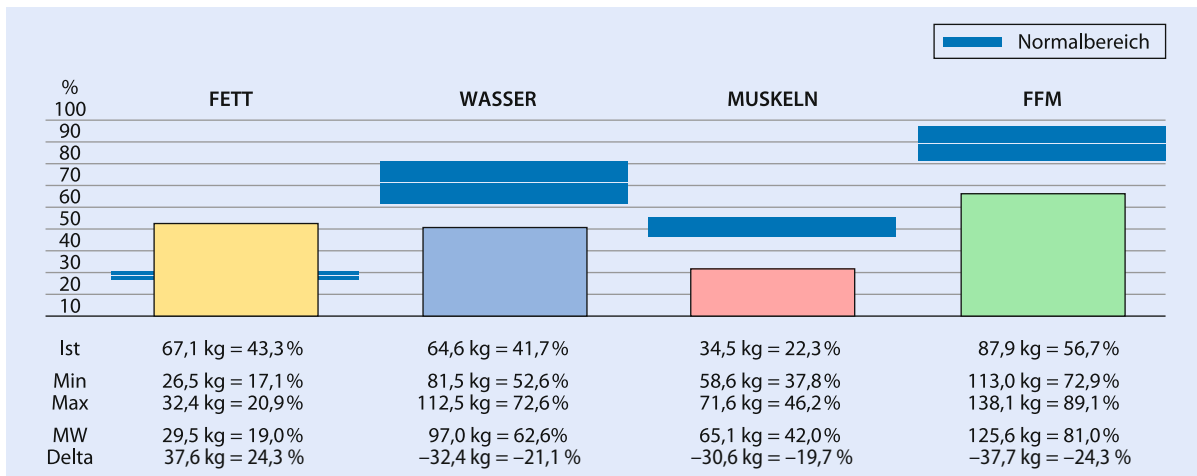
Mit 43,3% Körperfettanteil liegt der Kunde weit außerhalb des akzeptablen Bereichs (► Abschn. 4.4). Auch seine Muskelmasse (22,3%) bzw. fettfreie Masse (FFM) ist zu gering ausgeprägt. Da er nach eigener Angabe tagsüber ausreichend Flüssigkeit aufnimmt, erklärt sich der geringe Wasseranteil v. a. durch geringe Wasserspeicherkapazität seiner fettfreien Masse.

■ Eingangsanalyse auf dem Ergometer (► Abb. 17.2)

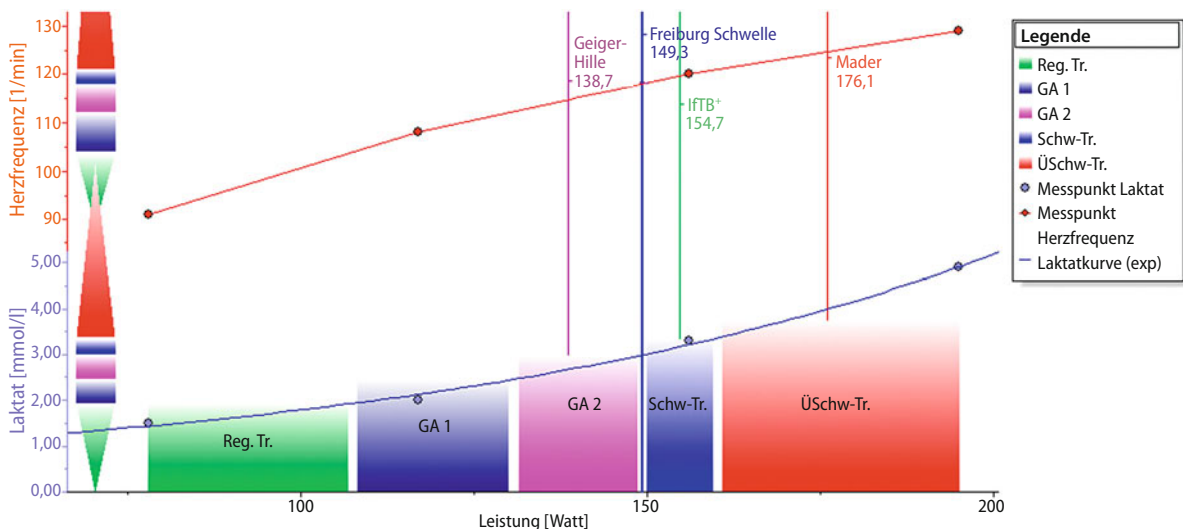
Der Kunde beginnt mit einer Leistung von 0,5 W/kg KG auf dem Fahrrad-Ergometer. Nach jeweils 3 min wird die Leistung um 0,25 W/kg erhöht. Nach vier Belastungsstufen liegt der Laktatwert deutlich über 4 mmol/l Blut. Wegen muskulärer Ermüdung und Atemnot wird der Test abgebrochen.

Trotz Einnahme von Betablockern ist der Blutdruck vor Belastung mit 160/100 mmHg sowohl systolisch als auch diastolisch erhöht.

Die in der Endbelastung getretenen 195 W entsprechen lediglich 1,24 W/kg KG, was bei einem derartigen Übergewicht nicht verwundert. Die Herzfrequenz geht 2 min nach der Belastung von 129 auf 86/min zurück. Die Regenerationsfähigkeit ist mit einer Differenz von über 30% ausgezeichnet.



■ **Abb. 17.1** Ergebnis der Körpergewebeanalyse (BIA) (Eingangsanalyse)



■ **Abb. 17.2** Darstellung der Herzfrequenz- und Laktatkurven sowie der unterschiedlichen IAS und Trainingsbereiche der Eingangsdiagnostik mit der Software winlactat der Fa. MESICS

■ **Tab. 17.1** Rohdaten der Eingangsdiagnostik (Stufentest auf dem Ergometer)

Stufe	Leistung (W)	Stufenlänge (min)	Laktat (mmol/l)	HF (1/min)	RR _{sys} (mmHg)	RR _{dias} (mmHg)
Vorbelastung	0	–	1,0	73	160	100
1	78	3	1,5	91	165	100
2	117	3	2,0	108	170	100
3	156	3	3,3	120	180	100
4	195	3	4,9	129	190	100
Nachbelastung	0	2	5,0	86	180	90

■ Tab. 17.2 Berechnung der IAS nach dem IfTB-Modell mit winlactat der Fa. MESICS

	Freiburg	Mader	Geiger-Hille	IfTB	Max
Laktat (mmol/l)	3,0	4,0	2,68	3,18	4,9
HF (1/min)	118	125	115	120	129
Leistung (W)	149	176	139	155	195

■ Tab. 17.3 Berechnung der Trainingsbereiche von der IfTB-Schwelle. Reg-Tr: regeneratives Training; GA1: Grundlagenausdauertraining 1; GA2: Grundlagenausdauertraining 2; Schw-Tr: Schwellentraining; ÜSchw-Tr: überschwelliges Training (vgl. ■ Abb. 11.1)

	Reg.-Tr.	GA1	GA2	Schw-Tr.	ÜS-Tr.
Intensität	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Laktat (mmol/l)	< 1,92	1,95–2,44	2,48–2,97	3,02–3,34	> 3,39
HF (1/min)	< 104	104–112	112–118	118–121	> 121
Leistung (W)	< 107	108–130	131–149	150–159	> 161

Psychologische Stütze

Die ausgezeichnete Regenerationsfähigkeit wird beim ersten Coaching-Termin besonders hervorgehoben und als sehr gute Voraussetzung, die der Kunde bereits zur Erreichung seines großen Ziels mitbringt, gewürdigt. Diese Maßnahme soll seinen Selbstwert und das Gefühl der Selbstwirksamkeit stärken.

Die für die Berechnung der IAS zugrunde gelegten Schwellenmodelle ergeben teilweise erhebliche Differenzen: 1,32 mmol/l beim Laktatwert (2,68 mmol/l nach Geiger-Hille und 4,0 mmol/l nach Mader), 37 W bei der Leistung, aber nur 7 Schläge bei der Herzfrequenz. Nach dem IfTB-Modell, das den Durchschnittswert aus der Freiburger-, Geiger-Hille und der fixen Schwelle (4 mmol/l Blut) von Mader berechnet, liegt die IAS bei 3,18 mmol/l. Dies entspricht einer Herzfrequenz von 120/min und einer Leistung von 155 W ■ Tab. 17.2).

Ausgehend vom IfTB-Schwellenwert ergeben sich die Bereiche zur Gestaltung des folgenden Trainingsprozesses (■ Tab. 17.3). Da hier in Teil V vorrangig die Ernährungsproblematik dargestellt werden soll, verzichten wir auf eine exakte Dokumentation der Planung und Steuerung des Trainingsprozesses, wie sie in ► Kap. 9 und ► Kap. 13 zu finden ist.

Die Zielsetzung des Kunden, sein Gewicht erheblich zu reduzieren, fordert seitens des Trainings Belastungen mit hohem Kalorienverbrauch. Da der Kunde das Laufband und den Cross-Walker bevorzugt, finden diese Geräte

hauptsächlich bei der Gestaltung seines Ausdauertrainings Anwendung. Hierdurch werden auch seine Motivation und Freude am Trainingsprozess gestärkt.

Theoretisch fordert ein hoher Kalorienverbrauch hohe Belastungen über einen möglichst langen Zeitraum. Da sich diese Kombination aber widerspricht, gilt es die Belastungsgrenze zu finden, an der mit möglichst hoher Intensität Dauerleistungen von 30–60 min (Zeitbudget des Kunden) möglich sind (**Dauerleistungsgrenze**). Die Berücksichtigung seines real verfügbaren Zeitbudgets soll dem Kunden zudem die Sicherheit vermitteln, dass er den Trainingsplan problemlos in seinen Alltag integrieren kann.

Da der Kunde zu Beginn des Trainingsprozesses körperlich noch nicht in der Lage ist, diese Bedingung zu erfüllen, müssen dazu in der ersten Phase die Voraussetzungen geschaffen werden (Erhöhung des Belastungsumfangs während einer Trainingseinheit, kontinuierliche Anhebung der Intensität, Erhöhung der Dauerleistungsgrenze).

Parallel dazu sollen Muskeln aufgebaut und Fettgewebe reduziert werden, da Muskulatur als stoffwechselphysiologisch aktives Gewebe auch im Ruhezustand Energie verbraucht. Dies bedeutet, dass der Bewegungsapparat zu Beginn des Trainingsprozesses zuerst über Funktionsgymnastik reaktiviert und auf die Durchführung von Krafttrainingseinheiten an Geräten vorbereitet werden muss.

Über das Ernährungsverhalten gilt es Kalorien einzusparen, damit eine negative Energiebilanz entsteht (mehr Kalorien verstoffwechseln als aufnehmen). Außerdem ist über die Ernährungsanalyse zu ermitteln, wie die Qualität der Nahrung verbessert werden kann.

Stoff	DGE-Empfehlung	Istmenge/Tag	Fuzzy/Analyse
Vitamine			
Retinoläquivalent	1 mg	1,57 mg	DGE-Empfehlung: 1 mg 1,57 mg
β-Carotin	4 mg	2,95 mg	DGE-Empfehlung: 4 mg 2,95 mg
Vitamin D (Calciferol)	5 µg	5,1 µg	DGE-Empfehlung: 5 µg 5,1 µg
Vitamin E (Tocopherol)	14 mg	13,7 mg	DGE-Empfehlung: 14 mg 13,7 mg
Vitamin K	70 µg	439 µg	DGE-Empfehlung: 70 µg 439 µg
Vitamin B1 (Thiamin)	1,2 mg	1,48 mg	DGE-Empfehlung: 1,2 mg 1,48 mg
Vitamin B2 (Riboflavin)	1,4 mg	1,89 mg	DGE-Empfehlung: 1,4 mg 1,89 mg
Niacinäquivalent	16 mg	36,3 mg	DGE-Empfehlung: 16 mg 36,3 mg
Pantothersäure	6 mg	5,07 mg	DGE-Empfehlung: 6 mg 5,07 mg
Vitamin B6 (Pyridoxin)	1,5 mg	1,98 mg	DGE-Empfehlung: 1,5 mg 1,98 mg
Biotin	60 µg	53,2 µg	DGE-Empfehlung: 60 µg 53,2 µg
Gesamte Folsäure	0,4 mg	0,311 mg	DGE-Empfehlung: 0,4 mg 0,311 mg
Vitamin B12 (Cobalamin)	3 µg	11,6 µg	DGE-Empfehlung: 3 µg 11,6 µg
Vitamin C (Ascorbinsäure)	0,1 g	0,105 g	DGE-Empfehlung: 0,1 g 0,105 g

■ **Abb. 17.3** Nährstoffzufuhr Vitamine an Tag 1, Ist-Menge im Vergleich zur D-A-CH-Empfehlung (DGE-PC professional 3.0, DGE 2004, D-A-CH 2008)

Psychologische Stütze

Diese Grundüberlegungen zur Trainings- und Ernährungsgestaltung werden dem Kunden in einem ausgiebigen Beratungsgespräch erläutert. Er soll in jedem Detail verstehen, aus welchem Grund er welche Übung, Zeitvorgabe und andere Empfehlungen ange-tragen bekommt. Dieses Vorgehen entspricht der Okay-okay-Haltung Grundhaltung aller beteiligten Trainer und Betreuenden (► Abschn. 19.1).

■ Ernährungsanalyse mit DGE-PC professional

Das 7-Tage-Protokoll des Kunden wird mit der Ernährungssoftware DGE-PC professional ausgewertet. Mithilfe von Fuzzy Logic (Wirsam 2004) wird damit die individuelle Versorgung dieser Person entsprechend ihrem Alter, Geschlecht, Gewicht und ihrer Größe sowie des wahlweise veränderbaren körperlichen Aktivitätsniveaus errechnet und grafisch dargestellt.

In der Gesamtbewertung (Versorgung mit Energie und allen Nährstoffen) erhält die Ernährung des Kunden in den protokollierten 7 Tagen die vergleichsweise gute Note 0,439 auf einer logarithmischen Skala von 0 bis 1, wobei 1 eine vollständige, harmonische Umsetzung aller D-A-CH-Empfehlungen bedeuten würde (DGE 2004, D-A-CH

2008). Dies erklärt sich zum einen dadurch, dass die errechnete Kalorienzufuhr nicht überschritten wurde, und zum anderen dadurch, dass nahezu alle Vitamine und Mineralstoffe im Nahrungsangebot in der richtigen Menge vorhanden sind, wie ■ Abb. 17.3 und ■ Abb. 17.4 zeigen.

Die ■ Abb. 17.3 bis 17.7 zeigen für unterschiedliche Nährstoffgruppen die Versorgungssituation. In der 2. Spalte dieser Abbildungen sind die D-A-CH- bzw. DGE-Empfehlungen dargestellt, in der 3. Spalte die laut Protokoll vom Probanden erreichte Zufuhr der jeweiligen Nährstoffe (Ist-Menge pro Tag). Spalte 4 enthält farbige Balkendiagramme, die mit Fuzzy-Logic (Wirsam 2004) erstellt wurden. Der Pfeil zeigt die jeweilige Versorgungssituation des Probanden an. Liegt er in grünen Bereich, sind die empfohlenen Zufuhrmengen erreicht. Gelbe Balkenanteile bedeuten, dass die Zufuhr zu gering (linksseitig) oder dass sie zu hoch sein könnte (rechtsseitig). Rote Balken deuten bedenklich niedrige oder hohe Zufuhrmengen an.

Psychologische Stütze

Möglicherweise hatte der Kunde seine Nahrungsaufnahme schon aufgrund der Protokollführung besser unter Kontrolle als üblich. Die offensichtliche Disziplin, die er schon mitbringt, wird von Anfang an gewürdigt und

Stoff	DGE-Empfehlung	Istmenge/Tag	Fuzzy/Analyse
Mineralstoffe			
Natrium	2 g	3,27 g	DGE-Empfehlung: 2 g 3,27 g ↑
Kalium	3 g	3,32 g	DGE-Empfehlung: 3 g 3,32 g ↑
Calcium	1 g	1,27 g	DGE-Empfehlung: 1 g 1,27 g ↑
Magnesium	0,35 g	0,444 g	DGE-Empfehlung: 0,35 g 0,444 g ↑
Phosphor	0,7 g	1,73 g	DGE-Empfehlung: 0,7 g 1,73 g ↑
Eisen	10 mg	16 mg	DGE-Empfehlung: 10 mg 16 mg ↑
Zink	10 mg	16,9 mg	DGE-Empfehlung: 10 mg 16,9 mg ↑
Kupfer	1,25 mg	2,2 mg	DGE-Empfehlung: 1,25 mg 2,2 mg ↑
Mangan	3,5 mg	5,89 mg	DGE-Empfehlung: 3,5 mg 5,89 mg ↑
Fluoride	3,8 mg	0,806 mg	DGE-Empfehlung: 3,8 mg 0,806 mg ↑
Jod	0,2 mg	0,18 mg	DGE-Empfehlung: 0,2 mg 0,18 mg ↑

■ Abb. 17.4 Nährstoffzufuhr Mineralstoffe an Tag 1, Ist-Menge im Vergleich zur D-A-CH-Empfehlung (DGE-PC professional 3.0; DGE 2004, D-A-CH 2008)

Stoff	DGE-Empfehlung	Istmenge/Tag	Fuzzy/Analyse
Energie + Hauptnährstoffe			
Energie	2430 kcal	2280 kcal	DGE-Empfehlung: 2430 kcal 2280 kcal ↑
"	10200 kJ	9550 kJ	
Fett, Anteil	30 %	38 %	DGE-Empfehlung: 30 % 38 % ↑
Fett	82,4 g	96,8 g	
Kohlenhydrate, Anteil	55 %	39 %	DGE-Empfehlung: 55 % 39 % ↑
Kohlenhydrate	329 g	222 g	
Broteinheiten	27,4 BE	18,5 BE	
Protein, Anteil	9,9 %	18 %	DGE-Empfehlung: 9,9 % 18 % ↑
Protein	59,2 g	102 g	
" /Körpergewicht	382 mg/kg	655 mg/kg	
Wasser	2,6 l	2,19 l	DGE-Empfehlung: 2,6 l 2,19 l ↑

■ Abb. 17.5 Makronährstoffversorgung an Tag 1, Ist-Menge im Vergleich zur D-A-CH-Empfehlung (DGE 2004, D-A-CH 2008)

offen angesprochen. Sie muss auf einem hohen Level gehalten werden, um Rückschläge, die unweigerlich kommen werden, besser auffangen zu können. Eine solche frühe Anerkennung von erbrachten Leistungen ermöglicht auch eher eine begründete Kritik, wenn der Kunde seinen Ernährungsplan mal nicht exakt einhält.

Aus ■ Abb. 17.3 lässt sich eine **gute Vitaminversorgung** erkennen; es könnte lediglich noch etwas mehr Betacarotin (v. a. gelb-orange-rotes Gemüse und Obst) und Folsäure (grünes Gemüse, Vollkornprodukte) aufgenommen werden. Die Vitamine K, Niacin und B₁₂ sind reichlich vorhanden, was auf eine Vielzahl von tierischen Lebensmitteln zurückzuführen ist. Die Tatsache, dass die Werte im grünen Teil der Balken liegen, spricht dafür, dass diese Zu-

Stoff	DGE-Empfehlung	Istmenge/Tag	Fuzzy/Analyse
Fettsäuren und Lipide			
Gesättigte Fettsäuren, Anteil	< 10 %	15 %	DGE-Empfehlung: < 10 % 15 % ↑
Omega-3 Fettsäuren, Anteil	0,5 %	0,64 %	DGE-Empfehlung: 0,5 % 0,64 % ↑
Omega-6 Fettsäuren, Anteil	2,5 %	4,4 %	DGE-Empfehlung: 2,5 % 4,4 % ↑

■ Abb. 17.6 Fettsäurezufuhr an Tag 1, Ist-Menge im Vergleich zur D-A-CH-Empfehlung (DGE 2004, D-A-CH 2008)

Stoff	DGE-Empfehlung	Istmenge/Tag	Fuzzy/Analyse
Spezielle Inhaltsstoffe			
Ballaststoffe	30 g	27,3 g	DGE-Empfehlung: 30 g 27,3 g ↑
Cholesterin	< 0,3 g	0,392 g	DGE-Empfehlung: < 0,3 g 0,392 g ↑
Alkohol	< 20 g	13,9 g	DGE-Empfehlung: < 20 g 13,9 g ↑

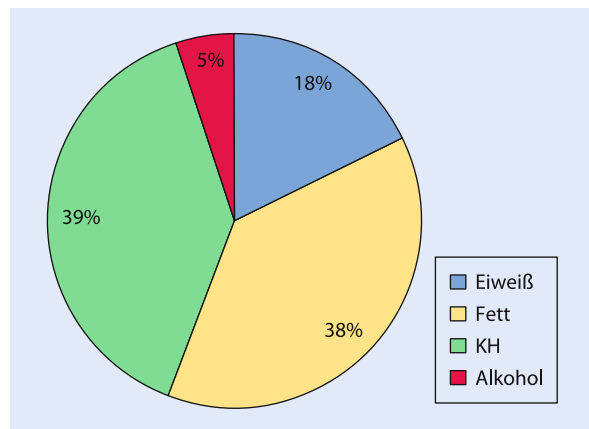
■ Abb. 17.7 Zufuhr spezieller Inhaltsstoffe an Tag 1, Ist-Menge im Vergleich zur D-A-CH-Empfehlung (DGE 2004, D-A-CH 2008)

fuhrmengen unbedenklich sind. Die Vitamin-D-Zufuhr erfüllt die Vorgabe von 5 µg täglich. Die D-A-CH-Empfehlung für den Fall unzureichender Sonnenlichtexposition wurde zwischenzeitlich jedoch auf 20 µg erhöht (D-A-CH 2012).

Bei den **Mineralstoffen** und **Spurenelementen** (■ Abb. 17.4) fällt auf, dass die Phosphatzufuhr grenzwertig hoch ist (grün-gelb), was den hohen Anteil an tierischem Eiweiß durch Milchprodukte, Fleisch, Fisch, und Wurst (Phosphatzusätze) widerspiegelt. Der Konsum von natriumreichen Lebensmitteln (Käse, Wurst, Brot, Soßen) führte zu einer täglichen Natriumzufuhr von 3,27 g (entsprechend ca. 8,2 g Kochsalz). Empfohlen werden im Zusammenhang mit hohem Blutdruck lediglich 5 bzw. 6 g Kochsalz (2–2,4 g Natrium). Die Versorgung mit Fluor wird meistens nicht mit der Nahrung gedeckt, sondern durch fluoridierte Zahnpasta, von der geringe Mengen verschluckt werden.

Ein Blick auf die **Makronährstoffe** (■ Abb. 17.5) zeigt eine übermäßig hohe Fettzufuhr von 38%, geringe Kohlenhydratzufuhr (39%) und eine Proteinversorgung, die 18% der Tageskalorien ausmacht. Auf ein Normalgewicht (nach Broca) von 76 kg berechnet, wären dies 1,34 g Eiweiß pro kg KG (in der Auswertung wird 0,66 g/kg berechnet, bezogen auf das aktuelle Gewicht von 155 kg). Die Wasserversorgung sollte um mindestens 1 l aufgestockt werden. Während einer Gewichtsreduktion kann die Trinkmenge in jedem Fall gern 3 l betragen, bei diesem Gewicht errechnen sich sogar 4,65 l, wenn 30 ml/kg KG zugrunde gelegt werden (► Abschn. 14.2.4).

Aus der Aufschlüsselung der **Fettsäuren** (■ Abb. 17.6) wird ein deutlich zu hoher Anteil an gesättigten Fettsäuren (GFA) von 15% der Gesamtkalorien ersichtlich (es sollten



■ Abb. 17.8 Prozentuale Verteilung der Makronährstoffe, 1. Ernährungsanalyse (Tag 1)

unter 10% sein). Gekoppelt mit vielen GFA wird, wie es häufig der Fall ist, auch viel Cholesterin aus der Nahrung angeliefert (annähernd 400 mg statt maximal 300 mg, die beim metabolischen Syndrom besonders einzuhalten sind).

An speziellen Inhaltsstoffen (■ Abb. 17.7) werden die Ballaststoffe (ausreichend hohe Zufuhr), Cholesterin (30% über dem empfohlenen Wert) und Alkohol (im akzeptablen Bereich) bestimmt.

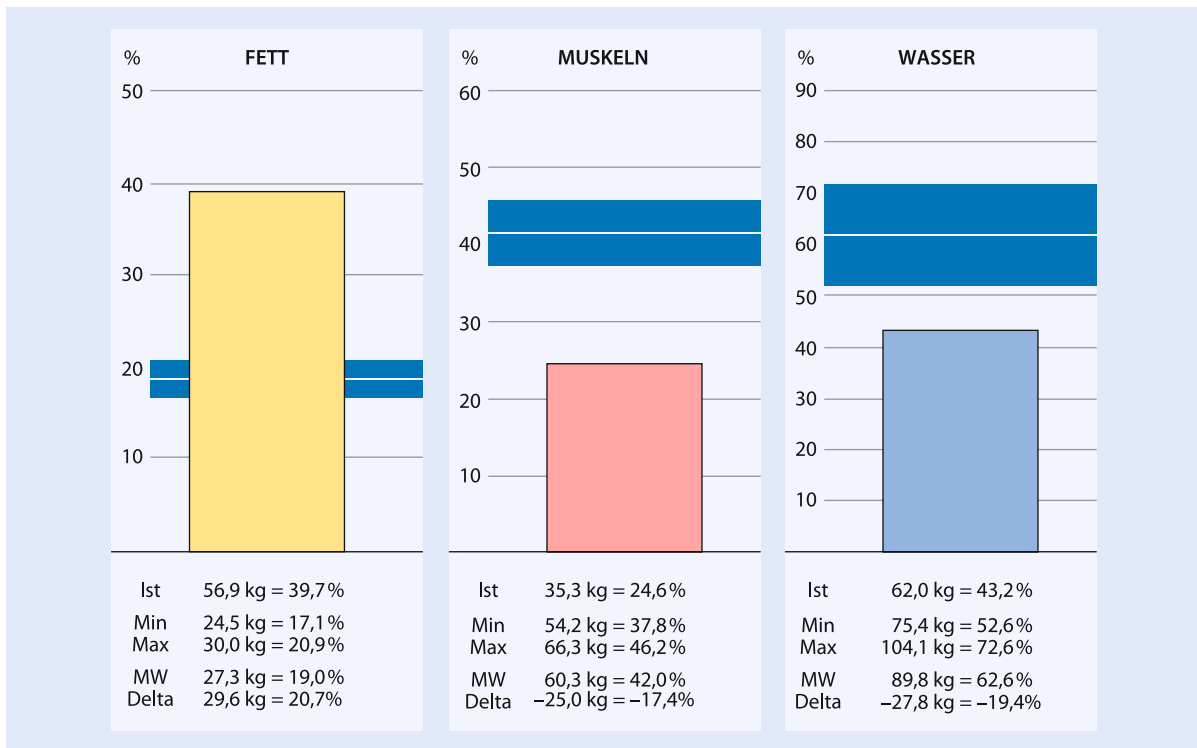
■ Abb. 17.8 zeigt die prozentuale Verteilung der Makronährstoffe der 1. Ernährungsanalyse.

■ Erstellung des Ernährungsplans

Ziel: Energieärmere, eiweißbetonte Ernährung, Fettmodifikation und -reduktion, Kohlenhydratauswahl bevorzugt mit niedrigem glykämischen Index.

■ Tab. 17.4 Ernährungsplan für eine Woche zur Gewichtsreduktion

Tag	Frühstück	Zwischen- mahlzeiten	Mittagessen	Abendessen
Mo	2 Scheiben Vollkornbrot à 50 g mit jeweils 15 g Frischkäse (5% Fett) als Aufstrich: 1 Scheibe mit 25 g rohem Schinken belegen 1 Scheibe mit 25 g Käse bis 30% Fett und Schnittlauchröllchen	100 g Kohlrabi in Stücken 1 Apfel	150 g mageres Schweinefilet 200 g gedünsteter Brokkoli 250 g gekochte Kartoffeln 2 TL Öl 10–20 g dunkle Schokolade (> 70% Kakao)	Ofengemüse: Zwiebeln, Paprika, Zucchini, Auberginen, Pilze und Tomaten 1–2 TL Olivenöl 60 g Mozzarella 1 Vollkornbrötchen mit 30 g Frischkäse (5% Fett)
Di	2 Scheiben Vollkornbrot à 50 g mit jeweils 15 g Frischkäse (5% Fett) als Aufstrich: 1 mit 25 g magerer Sülze belegen 1 mit 25 g magerer Wurst (bis 20% Fett) 70 g Gurkenscheiben	100 g Tomaten 1 Orange	150 g mageres Geflügelfleisch 200 g Zucchini, 150 g gekochte Nudeln 2 TL Rapsöl 10–20 g dunkle Schokolade (> 70% Kakao)	Großer gemischter Salat 30 g gekochter Schinken und 1 Ei 2 TL Öl für Dressing 1 Vollkornbrötchen mit 30 g Frischkäse (5% Fett)
Mi	50 g Haferflocken oder Flockenmischung, ungesüßert ca. 100 ml Milch 1,5% o. Joghurt 1,5% Fett 75 g Apfel 1 TL (gehäuft) Nussstückchen oder Samen	100 g Rohkostsalat (mit wenig Öl angemischt) 150 g Ananas	250 g Magerquark (Kräuter/ Knoblauch) 225 g Pellkartoffeln, 200 g Salat mit wenig Rapsöl (2 TL) 10–20 g dunkle Schokolade (> 70% Kakao)	Gemüsesuppe (1 bis 2 tiefe Teller) Viel verschiedenes Gemüse Gemüsebrühe 60 g rote Linsen (Trockengewicht) frische Kräuter 1 Birne
Do	2 Scheiben Vollkornbrot à 50 g mit jeweils 15 g Frischkäse (5% Fett) als Aufstrich: 1 mit 25 g Corned Beef, 1 mit 25 g Käse bis 30% Fett und Radieschenscheiben	150 g Ananas 100 g rohe Karotten	150 g mageres Hackfleisch (Tatar) 200 g Aubergine 150 g gekochte Hirse 2 TL Öl 10–20 g dunkle Schokolade (> 70% Kakao)	Großer gemischter Salat, 80 g Lachs mit 2 TL Öl für Dressing 1 Vollkornbrötchen mit 30 g Frischkäse (5% Fett)
Fr	2 Scheiben Vollkornbrot à 50 g mit jeweils 15 g Frischkäse (5% Fett): 1 mit 25 g kaltem Braten 1 mit 25 g magerem vegetarischem Aufstrich und 1 Tomate	1 Apfel 100 g Kohlrabi in Stücken	150 g Lachsfilet 200 g Spinat 150 g gekochter Reis 2 TL Olivenöl 10–20 g dunkle Schokolade (> 70% Kakao)	Ofengemüse mit Krabben Grobe Streifen von Zwiebeln, Karotten, Zucchini, Champignons 80 g Krabben 1 TL Öl 1 Vollkornbrötchen mit 30 g Frischkäse 5%
Sa	50 g Haferflocken oder Flockenmischung ungesüßert, ca. 100 ml Milch 1,5% oder Joghurt 1,5% 75 g Himbeeren 1 TL (gehäuft) Nussstückchen oder Samen	100 g rohe Karotten 1 Apfel	1 Omelette (2 Eier) 200 g Champignons 100 g Tomaten Kräuter, 1 Zwiebel 200 g gekochte Kartoffeln 10–20 g dunkle Schokolade (> 70% Kakao)	Großer gemischter Salat mit 80 g Thunfisch 2 TL Öl für Dressing 1 Vollkornbrötchen mit 30 g Frischkäse 5%
So	2 Scheiben Vollkornbrot à 50 g jeweils 15 g Frischkäse (5% Fett): 1 Scheibe mit 1–2 TL Konfitüre, zuckerarm 1 Scheibe mit 25 g rohem Schinken und Salatblättern	100 g Rohkostsalat (mit wenig Öl angemacht) 1 Orange	200 g weißes Fischfilet 200 g gedünsteter Brokkoli 250 g gekochte Kartoffeln 10–20 g dunkle Schokolade (> 70% Kakao)	Linsensuppe (1–2 tiefe Teller): 75 g Linsen (Trockengewicht oder 200 g gekochte) viel Suppengrün 1 Kartoffel Gemüsebrühe 50 g magerer Kasseler-Aufschnitt in Streifen, frische Petersilie
Tgl.	1,5–3 l trinken! Mineralwasser oder Früchte- und Kräutertee, Kaffee und schwarzer Tee bis 3 Tassen			



■ **Abb. 17.9** Ergebnis der Körpergewebeanalyse (BIA) aus der 1. Folgeanalyse nach 3 Monaten

In einem ausführlichen 2-stündigen Beratungsgespräch werden die Prinzipien der gesundheitsfördernden Kost kommuniziert (zum Sättigen viel Gemüse in jeglicher Variante, Obst, Vollkornprodukte, Fisch sowie magere Fleisch- und Milchprodukte, gute pflanzliche Öle, Nüsse, Hülsenfrüchte, ausreichend Wasser als Getränke; starke Einschränkung von gesüßten Getränken, Süßwaren und Alkohol, wenig Salz, selten Fertigkost). Die Wichtigkeit regelmäßiger Mahlzeiten, die in Ruhe eingenommen werden, wird betont.

Als persönlicher Wegbegleiter für die folgenden Wochen dient der auf der Basis des Protokolls erstellte Ernährungsplan (im Wochendurchschnitt knapp 1400 kcal pro Tag, 27% Fett, 44% Kohlenhydrate, 28% Eiweiß (entsprechend 92,8 g/Tag)) (■ Tab. 17.4). Es wird verabredet, dass im weiteren Verlauf leichte Variationen, wie z. B. andere vollwertige Kohlenhydratbeilagen, eingeführt werden dürfen. Auch kann Obst oder Rohkost bei Bedarf als Zwischenmahlzeit eingenommen werden oder während der Hauptmahlzeiten.

■ Zwischenbericht vom 16.05.2013

Der Kunde ist hochmotiviert und kommt regelmäßig zum Training. Das Körpergewicht liegt bei 148 kg (BMI 47,8 kg/m²). Seine Begeisterung für das Erreichen seiner Ziele hat nicht nachgelassen. Er hat keine Probleme, an seine Be-

lastungsgrenze zu gehen. Gemeinsam mit seiner Frau übernimmt er die neuen Tipps und etabliert ein geändertes Ernährungsverhalten.

Psychologische Stütze

Gerade wenn die Motivation und Begeisterung auf einem hohen Level sind, nimmt der Trainer und Berater sich ausreichend Zeit, um den Kunden dies ausführlich schildern zu lassen. Fragebeispiele: Wie fühlt es sich an, bereits 7 kg weniger Gewicht zu haben? Musste der Gürtel bereits enger geschnallt werden? Wem im persönlichen und beruflichen Umfeld (Heimatsystem) ist dies bereits aufgefallen? Was genau haben diese Personen gesagt? Und wie war dies für den Kunden? Hilfreich ist es auch in solchen Momenten, z. B. einen Rucksack mit 7 kg zu befüllen. Dieser wird dem Kunden schließlich auf den Rücken gesetzt, um ihn damit für einige Minuten auf das Laufband zu schicken. Danach soll er ohne Rucksack normal weiterlaufen. Der Unterschied wird von ihm als signifikant empfunden und stärkt abermals sein Gefühl der Selbstwirksamkeit und des Stolzes (► Abschn. 20.3).

■ Tab. 17.5 Rohdaten der 1. Folgediagnostik

Stufe	Leistung (W)	Stufenlänge (min)	Laktat (mmol/l)	HF (1/min)	RR _{sys} (mmHg)	RR _{dias} (mmHg)
Vorbelastung	0	–	1,4	63	145	85
1	78	3	1,34	89	155	90
2	117	3	1,6	90	170	90
3	156	3	2,3	108	180	95
4	195	3	3,4	121	190	95
5	234	3	5,3	134	200	100
Nachbelastung	0	2	4,8	89	160	85

■ Tab. 17.6 Berechnung der IAS aus der Folgediagnostik nach dem IFTB-Modell mit der Software winlactat der Fa. MESICS

	Freiburg	Mader	Geiger-Hille	IFTB	Max
Laktat (mmol/l)	3	4	2,81	3,21	5,3
HF (1/min)	118	126	115	120	134
Leistung (W)	185	211	178	191	234

■ Tab. 17.7 Berechnung der Trainingsbereiche auf der Basis der IFTB-Schwelle aus der Folgediagnostik, Reg-Tr: regeneratives Training; GA1: Grundlagenausdauertraining 1; GA2: Grundlagenausdauertraining 2; Schw-Tr: Schwellentraining; ÜSchw-Tr: überschwelliges Training (vgl. ■ Abb. 11.1)

	Reg.-Tr.	GA1	GA2	HKS-Tr.	Int.-Tr.
Intensität	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Laktat (mmol/l)	< 1,87	1,90–2,37	2,41–2,96	3,02–3,42	> 3,49
HF (1/min)	< 97	98–110	110–117	118–122	> 122
Leistung (W)	< 132	134–161	162–183	185–197	> 199

■ 1. Folgediagnostik nach 3 Monaten

Nach 3 Monaten (3 Mesozyklen mit 24 TE) findet am 27.06.2013 die erste Folgediagnostik statt. Mittlerweile hat der Kunde sein Körpergewicht auf 144 kg reduziert (BMI 46,5 kg/m²):

- Körpergewebeanalyse (BIA; ■ Abb. 17.9)
- Stufentest auf dem Fahrradergometer mit Laktatdiagnostik (■ Tab. 17.5)

Psychologische Stütze

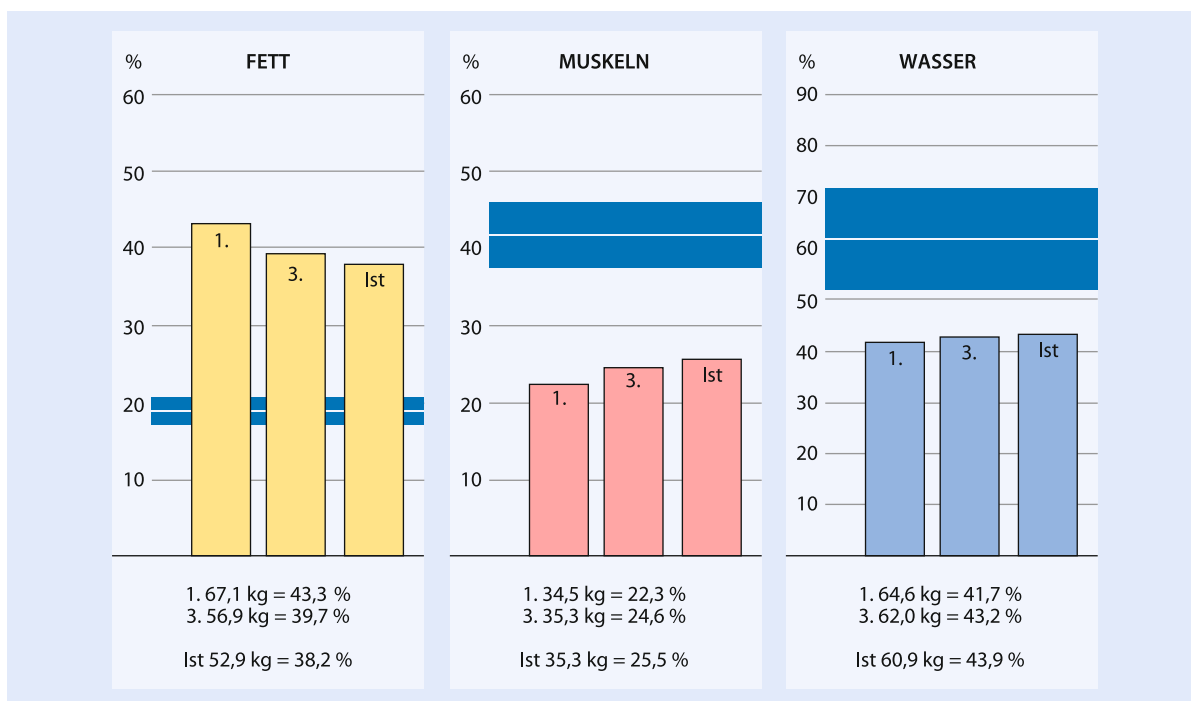
Abermals wird ein sehr vorteilhaftes Ganzkörperfoto des Kunden gemacht.

Bei der Körpergewebeanalyse zeigen sich deutliche Veränderungen. Der Bauchumfang fällt mit 135 cm um 15 cm geringer aus als bei der Eingangsdiagnostik.

Der Körperfettgehalt hat sich von 43,3 auf 39,7% reduziert. Der Muskelanteil ist dagegen von 22,3 auf 24,6% gestiegen (■ Abb. 17.9). Damit liegt der Körperfettanteil um ca. 4% niedriger und der Muskelanteil um 2% höher. Beide Werte sind allerdings, ebenso wie der Wasseranteil, noch weit ab vom Zielbereich.

In der Zwischenzeit tritt der Kunde ohne Atemnot eine Stufe mehr (234 W) und leistet damit 1,63 W/kg KG. Stoffwechsel und Herz-Kreislauf-System arbeiten ökonomischer, d. h., die Laktatwerte und die Herzfrequenzen liegen auf den einzelnen Stufen niedriger als bei der Eingangsdiagnostik (■ Tab. 17.1).

Die IAS nach dem IFTB-Modell hat sich mit 3,21 mmol Laktat und einer Herzfrequenz von 120/min nicht oder nur kaum verändert. Allerdings tritt der Kunde an diesem Schwellenbereich nunmehr 191 W (■ Tab. 17.6). Dies sind 36 W mehr als bei der Erstanalyse.



■ **Abb. 17.10** Ergebnis der Körpergewebeanalyse (BIA) nach 6 Monaten (2. Folgediagnostik), grafischer Vergleich aller drei Untersuchungszeitpunkte (Tag 1, nach 3 und 6 Monaten). Die Säule »1.« entspricht der Eingangsuntersuchung (Tag 1), Säule »3.« den Messwerten der Zwischenuntersuchung nach 3 Monaten, Säule »Ist« den Messwerten nach 6 Monaten

Aus der IAS ergibt sich die Neuberechnung der Bereiche für das weiterführende Training (■ Tab. 17.7).

Der Kunde entscheidet sich, den eingeschlagenen Weg konsequent weiterzuverfolgen. Das Training kann aus zeitlichen Gründen nicht an Umfang zunehmen. Deshalb wird versucht, die Intensität zu steigern, und die Empfehlung ausgesprochen, in der Freizeit und im Berufsalltag – wann immer es möglich ist – zusätzlich körperlich aktive Phasen einzubauen.

In den Sommermonaten schleichen sich erste Motivationsprobleme ein. Durch Urlaub und die gute Auftragsituation im Unternehmen müssen einige Trainingseinheiten ausfallen. Die Ernährungstipps werden nicht mehr mit der Konsequenz umgesetzt wie in der Anfangsphase. Zwischenzeitlich steigt auch das Gewicht wieder um 3–4 kg an. Über intensive Coaching-Gespräche und gemeinsames Betrachten der Vorher-nachher-Fotos gelingt es aber, dem Kunden einen neuen Motivationsschub zu geben.

■ 2. Folgediagnostik nach 6 Monaten

- Körpergewebeanalyse (BIA)
- Stufentest auf dem Fahrradergometer mit Laktatdiagnostik
- Labordiagnostik der Blutwerte
- Ernährungsprotokoll und -analyse

■ **Tab. 17.8** Entwicklung der Fettfreien Masse (prozentualer Anteil)

Zeitpunkt	Fettmasse/Körpermasse	Fettfreie Masse
Tag 1	67,1/155 kg = 43,3%	56,7%
Nach 6 Monaten	52,9/138,5 kg = 38,3%	61,7%

Nach exakt 199 Tagen erfolgt am 30.09.2013 die 2. Folgediagnostik. Der Kunde wiegt mittlerweile insgesamt 16,5 kg weniger (138,5 kg) und hat damit 11% seines Körpergewichts verloren. Der BMI liegt bei 44,7 kg/m².

Die Körperanalyse (■ Abb. 17.10) bestätigt das Ergebnis der Waage. Von Tag 1 bis zur Auswertung nach 6 Monaten hat die Fettmasse insgesamt um 14,2 kg (5,1%) abgenommen (von 67,1 kg = 43,3% auf 52,9 kg = 38,2%). An Muskelmasse hat er allerdings nur geringfügig gewonnen (um 800 g, entsprechend 3,2%). Parallel dazu ist das Körperwasser prozentual, aber nicht real angestiegen (von 64,6 kg = 41,7% auf 60,9 kg = 43,9%). Im Vergleich zwischen Eingangs- und 2. Folgediagnostik ergibt sich eine prozentuale Zunahme der fettfreien Masse (FFM) um 5% (■ Tab. 17.8).

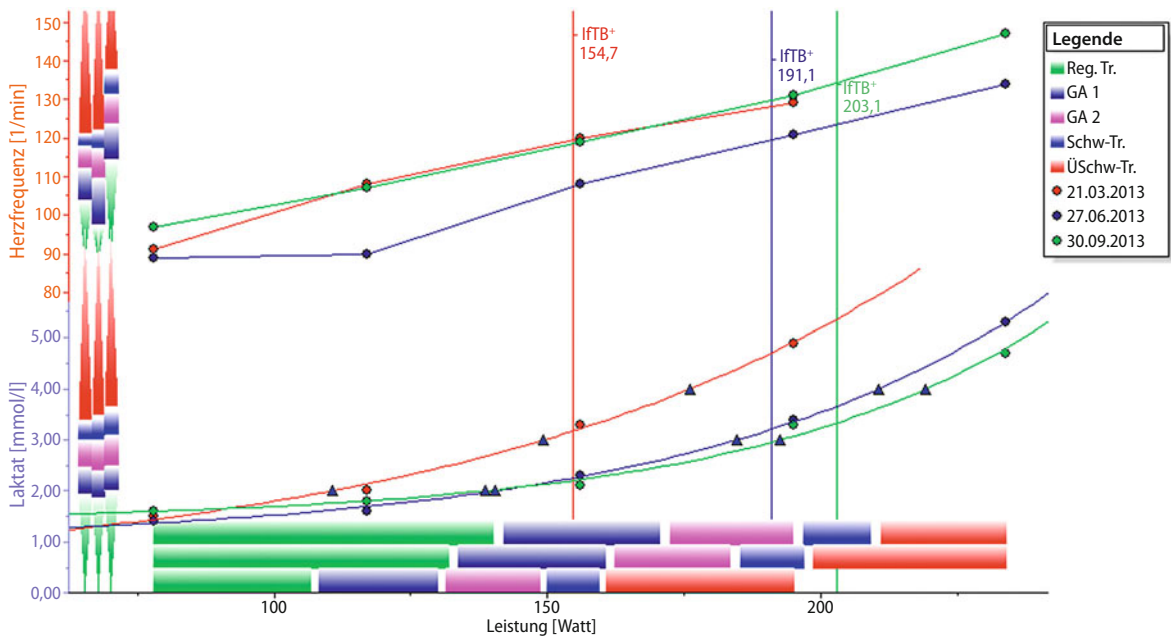


Abb. 17.11 Darstellung der Herzfrequenz- und Laktatkurve sowie der IFTB-Schwellen und Trainingsbereiche der 2. Folgediagnostik (grüne Linie) im Vergleich zur 1. Folgediagnostik (blaue Linie) und Eingangsdiagnostik (rote Linie) mittels Software winlactat

Tab. 17.9 Rohdaten der 2. Folgediagnostik

Stufe	Leistung (W)	Stufenlänge (min)	Laktat (mmol/l)	HF (1/min)	RR _{sys} (mmHg)	RR _{dias} (mmHg)
Vorbelastung	0	–	1,5	67	140	90
1	78	3	1,6	97	160	90
2	117	3	1,8	107	165	90
3	156	3	2,1	119	180	80
4	195	3	3,3	131	195	80
5	234	3	4,7	147	220	90
Nachbelastung	0	2	3,9	103	160	80

Tab. 17.10 Berechnung der IAS nach dem IFTB-Modell aus der 2. Folgediagnostik mit winlactat der Fa. MESICS

	Freiburg	Mader	IFTB	Max
Laktat (mmol/l)	3,2	4	3,34	4,7
HF (1/min)	133	141	134	147
Leistung (W)	199	219	203	234

Der Stufentest auf dem Ergometer (Tab. 17.9) ergibt keine wesentlichen Veränderungen zur 1. Folgediagnostik. Vermutlich hat der zwischenzeitliche Motivationsverlust zu einer Stagnation der Leistungsfähigkeit geführt.

Psychologische Stütze

Im ausführlichen Beratungsgespräch wird der zwischenzeitliche Motivationsrückgang als normales Phänomen erläutert. In keinem Fall sollte die Wortwahl als anklagend empfunden werden können. Viel erfolgsversprechender ist es, genau die Momente gedanklich zu reaktivieren, in denen der Kunde sich selbst schon mal aus einer ähnlichen Krise herausgeholt hat. Zusätzlich ist jetzt ein guter Zeitpunkt, um mit dem zu Beginn des Trainings ausführlich erfragten Zielzustand als Intervention zu arbeiten (► Abschn. 20.1).

■ **Tab. 17.11** Berechnung der Trainingsbereiche auf der Basis der IFTB-Schwelle aus der 2. Folgediagnostik, Reg-Tr: regeneratives Training; GA1: Grundlagenausdauertraining 1; GA2: Grundlagenausdauertraining 2; Schw-Tr: Schwellentraining; ÜSchw-Tr: überschwelliges Training (vgl. ■ Abb. 11.1)

	Reg-Tr.	GA1	GA2	Schw-Tr.	ÜS-Tr.
Intensität	Sehr niedrig	Niedrig	Mittel	Hoch	Sehr hoch
Laktat (mmol/l)	< 2,01	2,04–2,47	2,51–3,07	3,13–3,56	> 3,65
HF (1/min)	< 114	115–123	124–131	132–137	> 138
Leistung (W)	< 140	142–171	173–195	197–209	> 211

■ **Tab. 17.12** Veränderung der Blutparameter in 6 Monaten

Datum	Blutzucker nüchtern (mg/dl)	HbA1c	Triglyzeride (mg/dl)	Cholesterin gesamt (mg/dl)	HDL (mg/dl)	LDL rechn. (mg/dl)	Harnsäure (mg/dl)	CRP (mg/l)
21.03.	127	6,2%	157	199	42	126	7,4	5,6
30.09.	100	5,0%	120	214	51	139	8,3	4,0

Im Kurvenvergleich der drei Diagnostiktermine zeigt sich bei den Laktatkurven eine stetige Rechtsverlagerung, was als deutliche Steigerung der oxidativen Leistungsfähigkeit gedeutet werden kann. Gleichzeitig hat sich die IAS nach dem IFTB-Modell ebenfalls nach rechts verschoben und ist von der ursprünglichen Schwellenleistung von 155 W (1 W/kg) über 191 W (1,33 W/kg) auf nunmehr 203 W (1,47 W/kg) angestiegen (■ Abb. 17.11 und ■ Tab. 17.10).

Die sich daraus ableitenden Trainingsbereiche (■ Tab. 17.11) werden für das weitere Training genutzt, denn der Kunde hat angekündigt, sein ursprüngliches Ziel, sein Körpergewicht auf unter 100 kg zu reduzieren, nicht aufzugeben.

Blutbefunde nach 6 Monaten (2. Folgediagnostik) Eine erneute Laboranalyse zeigt, dass der Kunde keine Symptome einer beginnenden Zuckerkrankheit mehr hat. Nüchtern- und Langzeit-Blutzucker (HbA1c, entsprechend den Blutzuckerwerten der letzten 8 Wochen) haben sich normalisiert. Ebenso sind der Entzündungsparameter CRP und die Triglyzeride jetzt normwertig. Überraschenderweise ist das Gesamtcholesterin gestiegen. Prozentual hat sich allerdings das gefäßschützende HDL-Cholesterin am deutlichsten erhöht (HDL-Steigerung 1,2-fach, LDL 1,1-fach, Gesamtcholesterin 1,07-fach). Bedenklich ist der starke Anstieg des vormals schon hohen Harnsäurewertes (■ Tab. 17.12).

■ Ernährungsanalyse nach 6 Monaten

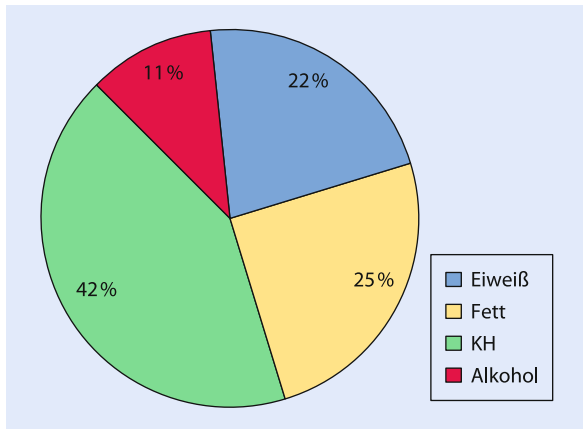
Nach Ablauf von 6 Monaten wird eine erneute Ernährungsanalyse anhand eines 6-Tage-Protokolls durchgeführt (Mo–Sa). Der Kunde berichtet von einigen »Durch-

hängern« in den letzten 2 Monaten, aber inzwischen sei er auch dank der intensiven Coaching-Gespräche mit dem beteiligten Trainer und Betreuer wieder gut im Programm angekommen.

Die Auswertung der Ernährungsanalyse zeigt trotz deutlicher Reduktion der durchschnittlichen täglichen Kalorienzufuhr um gut ein Viertel weiterhin eine annähernd optimale Versorgung mit **Mikronährstoffen**, was nicht häufig so gut gelingt. Alle Vitamine liegen im Bereich der D-A-CH-Nährstoffempfehlungen, abgesehen davon, dass die Zufuhr von Betacarotin noch verbessert werden könnte (gelb-orange-rote Früchte und Gemüse). Die Niacin-Zufuhr ist hoch, wie dies bei proteinreicher Nahrung üblich ist; es sind aber keine Nachteile dadurch bekannt.

Bei den **Mineralstoffen** wird die Empfehlung für Kalzium nicht erreicht, da der Kunde seinen Verzehr von Milchprodukten zurückgefahren hat. Zusätzliche 250 mg Kalzium können beispielsweise schon 20 g Parmesan liefern oder es sollte auf kalziumreiches Mineralwasser zurückgegriffen werden. Erfreulich ist der Rückgang von Natrium (Kochsalz) in der Nahrung, vor allem bedingt durch geringeren Konsum von Wurst, Käse, Brot und Soßen.

Die **Makronährstoffverteilung** weicht von der D-A-CH-Empfehlung der kohlenhydratreichen Mischkost ab im Sinne einer eiweißbetonten, fettmodifizierten und kohlenhydratärmeren Reduktionskost, was beim metabolischen Syndrom bzw. Insulinresistenz sinnvoll ist. Fett (jetzt gesenkt auf 25% der Gesamtkalorien) und Kohlenhydrate (42%) wurden zugunsten einer etwas höheren prozentualen Eiweißmenge (22%) eingespart (■ Abb. 17.12). Umgerechnet auf das Normalgewicht von 76 kg (nach Broca) entspricht dies einer Eiweißversorgung von



■ **Abb. 17.12** Prozentuale Verteilung der Makronährstoffe, Re-Check nach 6 Monaten

1,17 g/kg, auf das derzeitige Gewicht bezogen sind es 0,65 g/kg.

Die Verteilung der **Fettsäuren** erfüllt die Anforderungen an eine fettgesunde Ernährung; weniger als ein Drittel sind gesättigte Fettsäuren (GFA, 6,4 Kalorien-%) sowie PUFA (Mehrfach ungesättigte Fettsäuren, 7%) und die einfach ungesättigten (MUFA) machen mit 11,6% der täglichen Kalorien den größten Teil aus. Parallel sank auch das Nahrungs-Cholesterin auf unter 300 mg. Bei den PUFA hat sich das Ω 6- zu Ω -3-Verhältnis mit 5,4:1 der gewünschten Relation von maximal 5:1 angenähert.

Zugenommen hat der Anteil von **Alkohol** an den energieliefernden Nährstoffen; mit durchschnittlich 27,6 g (entsprechend 700 ml Bier) kamen nunmehr 11% der Kalorien aus Alkohol (7 kcal/g). Diese Menge liegt über der Tagesmenge, die nach der DGE für Männer als akzeptabel gilt (20 g). Dem Kunden wird empfohlen, sich beim Alkoholkonsum zurückzuhalten. Die **Wasserzufuhr** hingegen ist nicht ausreichend. Er sollte deshalb auch im Hinblick auf das BIA-Ergebnis etwa mindestens 1 l Wasser mehr trinken.

Ein Problem stellt sich in Form des **Harnsäureanstiegs** von der Erstuntersuchung (bereits erhöhter Wert von 7,4 mg/dl, Referenzwert des untersuchenden Labors für Männer: bis 7,0 mg/dl) bis zum Re-Check (8,3 mg/dl). Harnsäure ist das Abbauprodukt der körpereigenen und in der Nahrung enthaltenen Purine (Bausteine der Nukleinsäuren DNA und RNA). Sie kommen besonders in Innereien, Fleisch, (Räucher-)Fisch, Hefeextrakt und Hülsenfrüchten vor. Alkohol, und besonders Bier wirkt ebenfalls harnsäureerhöhend. Ein hoher Harnsäurespiegel kann zu Gicht mit Gelenkentzündungen und Nierenschäden führen. Er sollte regelmäßig kontrolliert werden. Gewichtsreduktion ist eine der wirksamsten Maßnahmen gegen die Gicht, aber sie sollte langsam und kontinuierlich ablaufen.

Bei erhöhten Harnsäurewerten wird **purinarme Kost** (höchstens 500 mg Harnsäure pro Tag) empfohlen. Die protokollierte Nahrungsmittelauswahl enthielt zu viele purinreiche Lebensmittel. Im Schnitt lag der Harnsäuregehalt bei 579 mg. Die Konsequenz ist eine Verringerung der Fleischzufuhr und ein erhöhter Verzehr von Eiweiß aus Milchprodukten und Eiern (vorzugsweise das Weiße vom Ei, Eigelb ist wegen des Cholesteringehalts auf 3 pro Woche zu begrenzen). Alkoholische Getränke – eher Wein als Bier – möglichst nur 1 Glas pro Tag (Deutsche Gichtliga e.V. ohne Jahr).

Die erreichte **Gewichtsreduktion** ist im Vergleich zu anderen Programmen eine regelrechte Erfolgsstory. In einem halben Jahr hat der Klient 16,5 kg verloren. Bisher sind zahlreiche positive Stoffwechselwirkungen (■ Tab. 17.12) erreicht – besonders das Verschwinden der Diabetessymptomatik war auch für ihn selbst überzeugend. Daneben erhöhte sich das schützende HDL-Cholesterin und die Triglyzeride sowie der Entzündungsmarker CRP sanken. Schon wenige Kilogramm Reduktion – zumindest aber 5–10% Körpermassenverlust – gelten allgemein als relevant für eine bessere Gesundheit. Bisher verlor er schon 10,6% seiner Masse. Wenn auch noch kein wesentlicher Muskelaufbau stattgefunden hat, so kam es zumindest auch nicht zu diätbedingtem Verlust an Muskelsubstanz. Das Verhältnis der fettfreien Masse zur Fettmasse ist um 5% gesunken (■ Tab. 17.8).

Mental ist der Kunde wieder gut im Programm angekommen. Wir haben ihn ermutigt, seinen eingeschlagenen Weg zu mehr Gesundheit weiterzugehen.

17.2 Unterversorgung mit Mikronährstoffen

Eine unserer Kundinnen (BMI 27 kg/m², 35 Jahre) mit Gewichtsreduktionswunsch hatte laut 3-Tage-Protokoll nur 900 kcal täglich zu sich genommen und war besonders mit Mikronährstoffen unversorgt. Aus Zeitmangel aß sie unstrukturiert, kaufte Snacks aus dem Firmenkiosk und bereitete keine Mahlzeit selbst zu. Den Hunger unterdrückte sie mit Kaffee. Die folgenden Ergebnisse wurden mit der DGE-PC-Ernährungssoftware erhalten.

Aus der Auswertung des Ernährungsprotokolls ist hier die Vitamin- und Mineralstoffversorgung ausschnittsweise zu sehen (■ Abb. 17.13). Zahlreiche gelbe bis rote Balken zeigen eine deutliche Abweichung vom Sollwert, wobei gelb auf eine mögliche und grün auf eine gefährliche Unterversorgung hinweist (bei dauerhaftem Bestehen), und zwar bei den Vitaminen A, B2, B6, C (nur 20% der empfohlenen Zufuhr), Niacin, Pantothersäure, Folsäure und an den Mineralstoffen Kalium, Eisen (nur 35%) und Jod. Die Kundin hatte kaum Gemüse und Obst gegessen. Lediglich

Stoff	DGE-Empfehlung	Istmenge/Tag	0– 0,2 0,5 0,8 1 0,8 0,5 0,2 +0
Vitamine			
Retinoläquivalent	0,8 mg	0,291 mg	0,28
Vitamin A (Retinol)		0,2 mg	1
Vitamin D (Calciferol)	5 µg	1,4 µg	0,93
Vitamin E (Tocopherol)	12 mg	4,53 mg	0,86
Vitamin B1 (Thiamin)	1,1 mg	0,853 mg	0,91
Vitamin B2 (Riboflavin)	1,5 mg	0,918 mg	0,47
Niacinäquivalent	15 mg	16,1 mg	1
Pantothensäure	6 mg	2,73 mg	0,5
Vitamin B6 (Pyridoxin)	1,6 mg	0,837 mg	0,48
Biotin	30 µg	28,9 µg	0,98
Folsäure	0,3 mg	0,108 mg	0,32
Vitamin B12 (Cobalamin)	3 µg	3,7 µg	1
Vitamin C (Ascorbinsäure)	75 mg	15,9 mg	0,17
Mineralstoffe			
Natrium	0,55 g	1,4 g	1
Kalium	2 g	1,35 g	0,49
Calcium	0,9 g	1,49 g	0,98
Magnesium	0,3 g	0,477 g	1
Phosphor	1,4 g	0,701 g	0,95
Eisen	15 mg	5,33 mg	0,19
Zink	7 mg	5,1 mg	0,89
Kupfer	1,5 mg	0,9 mg	0,74
Mangan	2 mg	1,92 mg	0,98
Fluoride	1,5 mg	0,945 mg	0,94
Jod	0,2 mg	0,064 mg	0,27

■ Abb. 17.13 Ernährungsprotokoll: 900 kcal am Tag, Minderversorgung mit Mikronährstoffen (DGE-PC 2.6)

Stoff	DGE-Empfehlung	Istmenge/Tag	0– 0,2 0,5 0,8 1 0,8 0,5 0,2 +0	Istmenge/Tag	0,2 0,5 0,8 1
Vitamine					
Retinoläquivalent	0,8 mg	0,291 mg	0,28	1,13 mg	1
Vitamin A (Retinol)		0,2 mg	1	223 µg	1
Vitamin D (Calciferol)	5 µg	1,4 µg	0,93	1,4 µg	0,93
Vitamin E (Tocopherol)	12 mg	4,53 mg	0,86	8,85 mg	0,99
Vitamin B1 (Thiamin)	1,1 mg	0,853 mg	0,91	1,18 mg	1
Vitamin B2 (Riboflavin)	1,5 mg	0,918 mg	0,47	1,23 mg	0,84
Niacinäquivalent	15 mg	16,1 mg	1	21,3 mg	1
Pantothensäure	6 mg	2,73 mg	0,5	4,58 mg	0,96
Vitamin B6 (Pyridoxin)	1,6 mg	0,837 mg	0,48	1,29 mg	0,95
Biotin	30 µg	28,9 µg	0,98	40,4 µg	0,99
Folsäure	0,3 mg	0,108 mg	0,32	0,214 mg	0,93
Vitamin B12 (Cobalamin)	3 µg	3,7 µg	1	3,7 µg	1
Vitamin C (Ascorbinsäure)	75 mg	15,9 mg	0,17	145 mg	1
Mineralstoffe					
Natrium	0,55 g	1,4 g	1	2,06 g	1
Kalium	2 g	1,35 g	0,49	2,39 g	0,97
Calcium	0,9 g	1,49 g	0,98	1,65 g	0,96
Magnesium	0,3 g	0,477 g	1	0,576 g	0,99
Phosphor	1,4 g	0,701 g	0,95	1 g	0,99
Eisen	15 mg	5,33 mg	0,19	10,4 mg	0,71
Zink	7 mg	5,1 mg	0,89	7,7 mg	1
Kupfer	1,5 mg	0,9 mg	0,74	1,5 mg	0,99
Mangan	2 mg	1,92 mg	0,98	3,83 mg	1
Fluoride	1,5 mg	0,945 mg	0,94	1,09 mg	0,96
Jod	0,2 mg	0,064 mg	0,27	0,0861 mg	0,48

■ Abb. 17.14 Ernährungsprotokoll: 900 kcal am Tag und Minderversorgung mit Mikronährstoffen/simulierte Optimierung durch vermehrte Obst- und Gemüsezufuhr, Mikronährstoffzufuhr ermittelt mit DGE-PC 2.6. Die linksseitige farbige Darstellung (spontane Nahrungszufuhr der Kundin) zeigt viele gelbe bis rote Balken, die auf eine mögliche oder wahrscheinliche Minderversorgung mit Vitaminen und Mineralstoffen hinweisen. Die rechte Skala zeigt vorwiegend grüne Balken als Folge der am Computer simulierten Optimierung durch ausreichend Gemüse, Obst und Vollkornbrot

ein Glas Fruchtsaft und 40 g Tomatensauce waren schon in der Kost vorhanden.

Bei demselben Ernährungsprotokoll simulierten wir eine Optimierung am Computer durch Anreicherung der Lebensmittelauswahl – insbesondere mit Obst und Gemüse (Abb. 17.14).

Im Einzelnen wurde über 3 Tage ergänzt mit:

- 3 Scheiben Vollkornbrot à 45 g
- 2 Portionen Obst (Apfel, Orange) à 150 g
- 1 Birne, 140 g
- 1 Pfirsich, 115 g
- 1 Portion Beerenobst, 100 g
- 2 Tassen gekochtes Gemüse à 100 g
- 1 Portion gekochter Brokkoli oder Blumenkohl, 200 g
- 1 Portion Rohkost, 150 g
- 1 Glas Gemüsesaft, 200 g
- 1 Portion Gemüsesuppe (Minestrone), 350 ml

Trotz weiterhin geringer Energiezufuhr (ca. 1200 kcal/Tag, also täglich 293 kcal mehr) wurde eine deutlich bessere Mikronährstoffversorgung ermöglicht. So konnte die Gewichtsreduktion auf wesentlich gesündere und effektivere Weise fortgesetzt werden. Wünschenswert wäre, wenn die Kundin noch 1–2 Fischmahlzeiten pro Woche einführen würde, u. a. wegen der Jod- und Vitamin-D-Versorgung.

Die Erfahrung zeigt, dass bei kalorienreicher Ernährung auch ohne besondere Beachtung die Mikronährstoffversorgung im Allgemeinen gut ist. Bei **reduzierter Nahrungsaufnahme** braucht man Fingerspitzengefühl und eventuell auch eine Ernährungsberatung, um sicher mit diesen gesundheitsrelevanten Substanzen versorgt zu sein. In diskutierte Fall war besonders augenfällig der Verzicht auf vitamin- und mineralstoffreiche pflanzliche Lebensmittel. Es konnte gezeigt werden, dass durch kleine Änderungen große Verbesserungen möglich sind – man muss davon wissen und es vor allem tun!

chender Versorgung mit gesundheitsrelevanten Substanzen. Anhand der Nährstoffanalyse wird aufgezeigt, wie durch Aufstockung mit Gemüse, Obst und Vollkornbrot für ein ausreichendes Mikronährstoffangebot gesorgt werden kann. Der neue Reduktionsplan ist auch weiterhin kalorienarm, aber deutlich gesünder und nachhaltiger.

Literatur

- D-A-CH Deutsche Gesellschaft für Ernährung, Österreichische Gesellschaft für Ernährung, Schweizerische Gesellschaft für Ernährungsforschung, Schweizerische Vereinigung für Ernährung (2008) Referenzwerte für die Nährstoffzufuhr. Neuer Umschau Buchverlag, Neustadt a. d. Weinstraße
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (2004) DGE-PC professional. DGEInfo 11/2004. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/modules.php?name=News&file=article&sid=429> (Zugriff 25.09.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung DGE (2012) Neue Referenzwerte für Vitamin D. DGE aktuell, Presseinformation 01/2012. Online abrufbar unter: <http://www.dge.de/pdf/presse/2012/DGE-Presse-meldung-aktuell-01-2012-Vitamin-D.pdf> (Zugriff 27.10.2013)
- Deutsche Gesellschaft für Ernährung (Hrsg.) DGE-PC 3.0 und 2.6 Software
- Deutsche Gicht-Liga e.V. (o.J.) Informationen zur Ernährung. Ernährungsratschläge. http://www.gichtliga.de/Templates/ernaehrung_spezifisch.htm (Zugriff 10.10.2013)
- Wirsam B (2003) Optimierte Ernährung: Anwendung von Fuzzy-Logik in der Ernährung. Gießener Elektronische Bibliothek, Spiegel der Forschung 20, 1 / 2: 34-40; Online abrufbar unter: <http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2004/1384/> (Zugriff 09.10.2012)

Zusammenfassung

Zwei praktische Beispiele illustrieren das Ernährungsmanagement. In einem Fall von metabolischem Syndrom (Adipositas 3. Grades, Bluthochdruck und beginnender Diabetes) wird die interdisziplinäre Betreuung in den Bereichen Bewegung, Ernährung und Coaching chronologisch dargestellt. Trotz zwischenzeitlicher Motivationsprobleme gelingt innerhalb von 6 Monaten eine 10-prozentige Gewichtsreduktion ohne gleichzeitigen Verlust fettfreier Masse. Die Diabetessymptomatik verschwindet, Blutfettspiegel und Entzündungszeichen normalisieren sich, die Motivation zur Fortführung ist vorhanden. Stark reduzierte Kalorienzufuhr führt häufig zu unzurei-

Der »innere Schweinehund« als psychologische Herausforderung: Vom Kampf zur Kooperation mit sich selbst

- Kapitel 18** **Daseinsberechtigung
des »inneren Schweinehundes** – 311
Marion Badenhop
- Kapitel 19** **Psychologische Arbeit mit dem Kunden** – 315
Marion Badenhop
- Kapitel 20** **Das Ziel bestimmt den Weg** – 321
Marion Badenhop
- Kapitel 21** **Wunsch – Wille – Handlung** – 327
Marion Badenhop
- Kapitel 22** **Kleine Motivatoren,
die den Willensprozess lebendig halten** – 331
Marion Badenhop
- Kapitel 23** **Fünf Säulen der Identität als Ressourcenmodell** – 335
Marion Badenhop

Daseinsberechtigung des »inneren Schweinehundes«

Marion Badenhop

Sobald es um wesentliche Verhaltensänderungen bei Menschen geht, haben wir es in den meisten Fällen mit diesem real existierenden Fabelwesen des »inneren Schweinehundes« zu tun, ganz gleich, ob es um mehr Bewegung, gesündere Ernährung, Gewichtsreduktion oder Eindämmung des Suchtverhaltens geht. Zum Abschluss dieses Buches erhält der Leser deshalb methodische und didaktische Werkzeuge, um seine Kunden in deren persönlichen Veränderungsprozess mental zu unterstützen und zu stärken.

Das ausgewählte psychologische Hintergrundwissen soll dazu anregen, sich als **Kooperationspartner des Kunden** zu reflektieren und das eigene Kommunikationsspektrum in diesem Sinne zu erweitern. Viele Jahre Erfahrung in der Persönlichkeitsarbeit der Autorin mit Personen aus allen Branchen und Hierarchieebenen der Wirtschaft haben zur vorliegenden Auswahl von Inhalten geführt. Lesenswerte, vertiefende Literatur zu aufschlussreichen Studien und weiteren unterstützenden psychologischen Konzepten ist jeweils am Kapitelende angeführt. Bewusst wird in diesem Kapitel die direkte Ansprache gewählt, um das Eigenerleben im Leser bezüglich seines inneren Schweinehundes zu aktivieren. Jede und jeder von uns kennt dieses Phänomen. Lediglich die Alltagssituationen, in denen es zutage tritt, sind unterschiedlich.

Unser »innerer Schweinehund« ist schon ein bedauerndes Wesen. Es wird nur über ihn gesprochen, ja sogar geklagt, wenn es um die rationale Einsicht der Veränderung eines unbefriedigenden Körper- und Seelenzustands geht. Allzu oft behält der Schweinehund dann jedoch Oberwasser im Ringen um die nachhaltige Durchsetzung dieser Verhaltensänderung. Dabei können wir davon ausgehen, dass er es – im übertragenen Sinn – nur gut meint.

Der Schweinehund ist eine Seite in uns, die sich zu Wort meldet, wenn es droht, dass wir unsere Komfortzone verlassen und uns in unsicheres Terrain begeben. Hierfür haben wir dann noch keine erprobten Handlungs- und Bewältigungsstrategien, von denen wir wissen, wie sie sich anfühlen und welche (Aus-)Wirkungen sie auf unser Umfeld haben.

Das gilt selbstverständlich auch und erst recht für neue körperbezogene Verhaltensweisen. Wir verändern die uns umgebende vertraute »Schutzhülle«, die uns überleben lässt. Wenn wir uns mehr Zeit nehmen für Bewegung (► Teil III und ► Teil IV), wird sich dies darüber hinaus auf unsere privaten und beruflichen Routinen auswirken. Wenn wir unseren Ernährungsplan ändern (► Teil IV), um gesund abzunehmen, müssen wir uns vielleicht unangenehme Fragen aus dem sozialen Umfeld stellen, ganz zu schweigen von der Umstellung unserer Zeit- und Einkaufsplanung.

Also fungiert der »innere Schweinehund« als wohlmeinender Wachhund, der uns vor Desorientierung zu schüt-

zen versucht. So gesehen, ist er als ein loyaler Weggefährte mit absoluter Daseinsberechtigung wertzuschätzen. Dennoch muss er immer wieder erleben, dass wir ihn »bekämpfen« wollen. Seine »Wortmeldung« mag jedoch ein klarer Hinweis darauf sein, dass noch nicht genügend Raum für eine kritische kognitive und/oder emotionale Prüfung des Trainings- oder Therapieangebots gegeben wurde (Schmidt 2005). Eine innere und äußere Synchronisation zwischen der Umsetzung der Veränderung und der mentalen Überzeugung hat noch nicht stattgefunden.

Gunther Schmidt, Facharzt für psychotherapeutische Medizin, hat einmal innerhalb einer Fortbildung zum hypnosystemischen Coaching treffend konstatiert: »Warum soll der Schweinehund denn rauskommen, wenn er doch weiß, dass er erschlagen werden soll?!« Für unseren Umgang mit diesem hartnäckigen Wesen sollte dies bedeuten, dass wir ihm nicht mit einem Entweder/oder begegnen (entweder lassen wir ihn volle Macht über uns ausüben oder wir schalten ihn komplett aus), denn das wird nicht funktionieren. Dieser Kampf kostet zu viel Energie und frustriert in vielen Fällen. Vielmehr gelingt eher der Ansatz des Sowohl/als auch: In bestimmten, momentan nicht-priorisierten Fragestellungen sollten wir den inneren Schweinehund genüsslich gewähren lassen. Nur in den gerade wesentlichen Zielstellungen der Verhaltensänderung weisen wir ihn an, sich in seine Hütte zu verziehen und Ruhe zu halten.

Damit soll deutlich gemacht werden, dass wir es selbst sind, die unserem »inneren Schweinehund« eine positive oder negative Bedeutung geben. Die Verantwortung für den Grad seiner Wirksamkeit liegt bei uns. Hören wir uns sagen »Ich habe den Kampf gegen meinen inneren Schweinehund verloren!«, bedeutet dies nichts anderes als die Verantwortung für unser Handeln, Denken und Fühlen an eine imaginäre Instanz aus der Hand gegeben zu haben.

Dies als Trainer während der Trainingszeit immer wieder anzusprechen, wenn der Kunde motivational abbaut, ist eine hilfreiche mentale Unterstützung. Wenn der Trainer seinen Beratungsauftrag ganzheitlich versteht, wird er mit einem solchem Gesprächsangebot auch dafür sorgen, dass das große Ziel des Kunden im Auge behalten und konsequent verfolgt wird.

Zusammenfassung

Der »innere Schweinehund« meldet sich zu Wort, wenn wir unsere Komfortzone verlassen und uns in unsicheres Terrain begeben. Dann haben wir noch keine erprobten Handlungs- und Bewältigungsstrategien, von denen wir wissen, wie sie sich anfühlen und welche (Aus-)Wirkungen sie auf unser Umfeld haben. Der Schweinehund fungiert als wohlmeinender Wach-

hund, der uns vor Desorientierung zu schützen versucht. Er ist als loyaler Weggefährte mit absoluter Daseinsberechtigung wertzuschätzen. Dennoch muss er immer wieder erleben, dass wir ihn »bekämpfen« wollen. Seine »Wortmeldung« mag jedoch ein klarer Hinweis darauf sein, dass noch nicht genügend Raum für eine kritische kognitive und/oder emotionale Prüfung des Trainings- oder Therapieangebots gegeben wurde. Wir selbst sind es, die unserem »inneren Schweinehund« eine positive oder negative Bedeutung geben. Die Verantwortung für den Grad seiner Wirksamkeit liegt bei uns.

Literatur

Schmidt G (2005) Einführung in die hypnosystemische Therapie und Beratung. Carl Auer, Heidelberg

Psychologische Arbeit mit dem Kunden

Marion Badenhop

**19.1 Ganzheitliches Rollenverständnis des beratenden Trainers
und Okay-Haltung gegenüber dem Kunden – 316**

**19.2 Im Spannungsfeld zwischen Heimatsystem
und Beratungssystem – 317**

**19.3 Innere Einstellung des Kunden – Selbstbild, Selbstwert,
Selbstwirksamkeit – 318**

Literatur – 319

19.1 Ganzheitliches Rollenverständnis des beratenden Trainers und Okay-Haltung gegenüber dem Kunden

Die Erfahrung zeigt, dass nicht nur selbstbewusste und zur Aktivität entschlossene Kunden in die Beratung und ins Training kommen und dies mit aller Selbstverständlichkeit als Dienstleistung verstehen. Für diese Klientel bräuchten wir dieses Buchkapitel nicht unbedingt. Viele jedoch befinden sich durch starkes Übergewicht oder andere (temporäre) körperliche und kosmetische Einschränkungen in einer Gemütslage der Verunsicherung und Selbstabwertung. Nun ist es zunächst am Trainer, seine Beraterrolle wahrzunehmen und Mut und Offenheit für den kommenden Prozess zu erzeugen. Darüber hinaus gilt es, eine Atmosphäre der wertschätzenden Kooperation auf Augenhöhe zu erzeugen, und zwar über den gesamten Betreuungsprozess hinweg. Das Konzept der **Okay-Grundhaltungen** (■ Tab. 19.1) macht dies deutlich (Stewart u. Joince 2000).

➤ Wichtig

Das Konzept der Okay-Grundhaltungen beschreibt die Grundpositionen, aus denen heraus wir uns und andere bewerten.

Sie werden in unseren frühesten Lebensjahren angelegt und entstehen aus den psychosozialen Erfahrungen, die wir als Kinder machen: Waren diese Erfahrungen im Umgang mit Menschen und Gesprächspartnern eher positiv und haben wir uns selbst geachtet gefühlt, ist daraus eine vertrauensvolle Grundüberzeugung entstanden: Vertrauen in die Beziehungsgestaltung und auch in die grundsätzliche persönliche und fachliche Kompetenz des Gegenübers (»Ich bin okay, der andere ebenfalls« = +/+). Haben wir schlechte Erfahrungen gemacht, vertrauen wir anderen nicht so schnell und sie müssen uns – ohne dass sie es wissen – persönlich und fachlich erst überzeugen. Dies macht die Beziehung zwischen uns umso schwieriger und die Beziehungsgestaltung braucht mehr Zeit.

Es gibt **vier Grundpositionen** im Konzept der Okay-Haltungen. Obwohl wir Präferenzen ausgebildet haben, nehmen wir je nach Situation unbewusst auch die anderen ein.

■ Okay-okay-Haltung

Wie häufig wir diese +/+ -Position einnehmen, hängt vom Vorhandensein oder Mangel unseres eigenen Selbstbewusstseins ab: Inwieweit sind wir von uns selbst überzeugt und somit als stabile Persönlichkeit in der Lage, andere in ihrer Andersartigkeit zu respektieren und ihnen mit Neugier zu begegnen? In unserer Kommunikation mit dem Kunden drückt sich diese Grundhaltung darin aus, dass wir in Ruhe

und voller Interesse eine umfassende und ganzheitliche Bedarfsanalyse durchführen und auch akzeptieren, dass die Wahrnehmungen des Kunden bezüglich seiner Leistungen und Fortschritte andere sind als unsere. Hierüber gehen wir mit ihm in ein offenes Gespräch, das es ihm ermöglicht, aufgrund von Argumenten weiterführende eigene Entscheidungen zu treffen.

■ Trainer okay / Kunde nicht okay

Nehmen wir (zumeist unbewusst) diese +/- -Haltung ein, kann dies im Kunden – ebenfalls unbewusst – den Eindruck der Fremdbestimmung erzeugen. Wir behandeln ihn letztlich nicht wie einen gleichberechtigten Erwachsenen. Das kann sehr schnell passieren, allein schon wenn wir z. B. davon ausgehen würden, dass der Kunde die in diesem Buch beschriebenen komplexen physiologischen Zusammenhänge seiner Trainingseinheiten »ohnehin« nicht komplett nachvollziehen kann. In diesem Fall würden wir nur sehr verkürzt erläutern, warum wir welche Maßnahme empfehlen. Dies kann sogar aus wohlgemeinter Rücksichtnahme, also aus positiver Absicht heraus passieren. Je mehr wir jedoch davon überzeugt sind, dass der Kunde durchaus belastbar und in der Lage ist, auch Neues zu lernen, werden wir in ihm Selbstvertrauen erzeugen und so zu seiner nachhaltigen Motivation beitragen.

■ Trainer nicht okay / Kunde okay

Nehmen wir diese -/+ -Haltung ein, laufen wir Gefahr, aus mangelndem Selbstbewusstsein heraus zu schnell den situativen und vielleicht nicht zieldienlichen Wünschen des Kunden nachzugeben und uns nicht im Sinne seiner Gesundheit mit ihm kommunikativ »zu reiben«. Dies allerdings ist unsere Aufgabe. Wir müssen dazu bereit sein, »im Erwachsenenmodus« Argumente auszutauschen. Allein auf diese Weise holen wir die Kunden aus ihrer Sicherheits- und Komfortzone heraus, machen ihnen Mut, Neues zu probieren und durchzuhalten, wenn es mal zu einem Tief kommt. Kunden brauchen dazu Vertrauen in unsere Kompetenz. Diese gilt es selbstsicher und partnerschaftlich darzustellen.

■ Tab. 19.1 Konzept der Okay-Grundhaltungen

	Ich	Du	
Okay	+	+	Okay
Okay	+	–	Nicht okay
Nicht okay	–	+	Okay
Nicht okay	–	–	Nicht okay

— Trainer nicht okay, Kunde auch nicht

Der Vollständigkeit halber sei hier noch die –/–-Haltung erwähnt. Sollte sich ein Leser hier wiederfinden, empfehlen wir, in die Selbstreflexion zu gehen, um die Motivation für eine tragende Kundenbeziehung zu hinterfragen.

Zusammenfassend ist festzuhalten:

➤ Wichtig

Die Autonomie, also das freiwillige selbstbestimmte und eigenverantwortliche Handeln des Kunden, muss jederzeit spürbar sein, genau wie das des Trainers. Alle Entscheidungen über Trainingsinhalte und -anpassungen müssen vom Kunden verstanden und akzeptiert sein. Er muss verstehen, dass es sein Trainingsplan und -ziel ist und nicht der des Trainers.

In der Beratung geht es darum, dem Kunden neue Sichtweisen auf seine Situation zu ermöglichen und Unterstützung bei Entscheidungen anzubieten. Nur so erreichen wir ein Maximalmaß an Motivation und Durchhaltevermögen, auch – und das sollte nie vergessen werden – gegen eventuelle bremsende Einflüsse aus dem Umfeld des Kunden.

19.2 Im Spannungsfeld zwischen Heimatsystem und Beratungssystem

➤ Wichtig

Das Umfeld des Kunden wird auch Heimatsystem genannt.

Gemeint sind z.B. Familie, Partner, Freunde, Eltern, Arbeitskollegen, Kollegen aus dem Verein, die naturgemäß alle ihre eigenen Anschauungen haben und zumeist sehr wohlgemeinte Interessen an unserem Kunden verfolgen. Heimatsystem bedeutet aber auch im erweiterten Sinn die persönliche Bedürfnislage des Kunden, seine individuellen Wertvorstellungen und seine über Sozialisation erworbenen und verinnerlichten Regelwerke, auf die wir später noch eingehen werden bis hin zu stressauslösenden Faktoren, denen er sich tagtäglich stellen muss.

Damit ist deutlich, dass der Kunde idealerweise unter einem systemischen Ansatz zu betreuen ist, also auch immer in seinem psychosozialen Beziehungssystem und situativen Kontext (Schmidt 2004). Beide stehen in enger Wechselwirkung zur Trainingssituation. Sie beeinflussen die Offenheit für die Aufnahme des Trainingsangebots und jedweder Information, die im Prozess fließt.

Sollten sich Motivationsdefizite einstellen, ist es daher in vielen Fällen hilfreich, in einem Gespräch nicht nur die biochemischen und physiologischen Ursachen zu beleuch-

ten, sondern gleichermaßen auch den momentanen Einfluss des sozialen Umfelds und die daraus resultierenden Denk- und Verhaltensmuster. Nur im Verständnis für die Wechselwirkung von eigenem physischen und psychischen Leistungsvermögen und der Verarbeitung von hinderlichen, aber auch förderlichen Einflüssen aus dem Heimatsystem entsteht beim Kunden Kompetenz für sich selbst sowie nachhaltige Ressourcenfreisetzung für das Training und das große Ziel dahinter.

Es ist empfehlenswert, das Heimatsystem im Gespräch nicht zu stark in defizitärer Hinsicht zu hinterfragen (z. B. »Wie trägt Ihr Umfeld dazu bei, dass Sie meinen, nicht regelmäßig Ihren Übungen nachgehen zu können?«). Hilfreicher ist es, den Fokus auf kompetenzfördernde Aspekte zu legen (Schmidt 2004). Hier einige Fragenbeispiele:

- »Wo in Ihrem Umfeld lassen sich Kompetenzen aktivieren, die Ihrem großen Ziel dienen könnten?« (z. B. besonderes Wohlwollen einer bestimmten Person dem Kunden gegenüber, Erinnerungen an ein Familienmitglied, das besondere persönliche, auch sportliche Leistungen erbracht hat, Zusammenhalt der Freunde in schwierigen Situationen, ein Arbeitskollege, der als Laufpartner fungieren könnte)
- »Wann hatten Sie schon mal eine ähnliche Situation und wie haben Sie es geschafft, sich daraus zu befreien?« (Betonung der damaligen Lösung durch den Kunden selbst.)
- »Was könnten Sie tun, um in Ihrem Umfeld im Sinne Ihres Ziels mehr Verstehen zu erzeugen?
- »Was denken Sie, welche Bedürfnisse Ihres Umfeldes sich hinter dem zielhinderlich erscheinenden, Sie demotivierenden Verhalten verbergen könnten?«
- »Wer in Ihrem Umfeld braucht demnach was von wem wann wie, um Sie in Ihrer Zielverwirklichung stimmig unterstützen zu können, ohne die eigenen Interessen hintanstellen zu müssen?«

Selbstverständlich hat jeder Trainer selbst ein Heimatsystem, aus dem heraus er die Geschehnisse in seiner Umwelt wahrnimmt und einordnet und unter dessen Einfluss er die Beziehung zum Kunden gestaltet sowie seine eigene Rolle definiert. Im erweiterten Sinn gehören z. B. die Okay-Haltungen dazu.

Aus dieser Art der Prozess- und Beziehungsgestaltung mit dem Kunden speist sich das Beratungssystem (■ Abb. 19.1). Es ist förderlich, dies zwischen Trainer und Kunde von Beginn an bewusst und in gleichwertiger Partnerschaft aufzubauen. Die Selbstkompetenz des Kunden zu erkennen und zu fördern, seine Zielorientierung sowie Motivation zu steigern und aufrechtzuerhalten ist der vornehmliche Aspekt des Beratungssystems.

Noch ist erfahrungsgemäß diese ganzheitliche Vorgehensweise für die meisten Leser dieses Buches eher un-

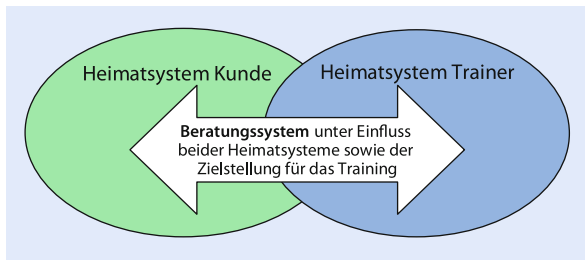


Abb. 19.1 Spannungsfeld zwischen Heimatsystem und Beratungssystem

gewöhnlich. Das ist durchaus verstehbar. Sie scheint zu viel Zeit zu kosten und vom eigentlichen physiologischen Trainingsprogramm abzulenken. Manche Leser mögen Sorge haben, dass sie in die Psychotherapie abgleiten.

Der Ansatz der ganzheitlichen Beratung kostet Zeit und geht über ein reines Trainingsprogramm hinaus. Selbstverständlich ist ein Trainer kein Ersatz für einen ausgebildeten Psychotherapeuten. Allerdings erlebt auch kaum jemand so unmittelbar wie er Erfolgserlebnisse, Tiefpunkte und Motivationspotenzial beim Kunden. Hierauf direkt und einfühlsam reagieren zu können, ist das Privileg des Trainers und weist ihm auch in dieser Hinsicht eine wichtige Rolle in der Kundenbeziehung zu.

➤ Wichtig

Will der Trainer also nachhaltig erfolgreich sein und professionell arbeiten, ist eine Kompetenzerweiterung in psychologischer Hinsicht in Zukunft unverzichtbar.

Dafür sprechen die in diesem Buch erläuterten Statistiken der Krankenkassen, die die Zusammenhänge zwischen zahlreichen physischen und zunehmend psychischen Erkrankungen und Beeinträchtigungen aufzeigen.

19.3 Innere Einstellung des Kunden – Selbstbild, Selbstwert, Selbstwirksamkeit

Zahlreiche internationale Studien belegen, dass Bewegung und Sport einen positiven Einfluss nicht nur auf das allgemeine mentale Wohlbefinden haben, sondern auch einen großen Einflussfaktor auf die Reduktion psychischer Beeinträchtigungen darstellen, wie z. B. der Depression. (Siehe auch Exkurs »Bewegter Geist und kluger Kopf«. Internet-Link für Download: ► <http://extras.springer.com>). In vielen Studien ist Sport bzw. gesunde Bewegung sogar nachgewiesenermaßen nachhaltiger in ihrer Wirkung als Antidepressiva (Lyubomirsky 2008).

Welches ist dafür der ausschlaggebende Faktor? Gespräche zeigen, dass Betroffene auf das stärkende Gefühl

der Selbstbestimmung und damit auf ein Erleben von Selbstwirksamkeit zurückgreifen. Sie verdanken es ihrem eigenen persönlichen Einsatz, dass es ihnen spürbar besser geht. Im anderen Fall, also der Medikamentengabe, ist es lediglich ein zugeführtes Hilfsmittel, das die Besserung beeinflusst hat.

Bewegung und **Selbstwertgefühl** hängen somit eng zusammen. Der Kunde gewinnt ein Gefühl der Kontrolle über seinen Körper und seine Gesundheit. Eine Art »erlernter Hilflosigkeit« wird in ein Bewusstsein für Selbstwirksamkeit überführt. Die Theorie der **erlernten Hilflosigkeit** beschreibt, dass Menschen sich aufgrund negativer Erfahrungen an den Gedanken gewöhnt haben, nichts an ihrem Schicksal (Krankheit, sozialer Status, Geldmangel etc.) ändern zu können. Ihre anfänglichen Versuche, wie mühevoll sie auch immer waren, zeigten keinerlei Erfolg. Eine lethargische Reaktion der hilflosen Passivität wurde so erlernt und die Überzeugung, ohnehin nichts tun zu können, gestärkt (Seligman 2011).

Dadurch wird deutlich, wie kraft- und energieraubend es für viele unserer Kunden ist, abermals einen Veränderungsversuch zu unternehmen. Dies wertzuschätzen, ja letztlich zu bewundern, ist für uns Trainer die Basis einer vertrauensvollen Zusammenarbeit auf Augenhöhe. Mit der richtigen Unterstützung kann der Kunde am vermeintlich Schicksalhaften (»Ich bin nun mal so dick, so steif, so ungelenk, so träge...«) etwas ändern, sogar vor dem potenziellen Hintergrund, dass dessen soziales Umfeld noch nicht daran glaubt und – oft aus Sorge, er könne wieder enttäuscht werden – entsprechend negativ auf ihn einwirkt. (»Lass es doch am besten, das bringt doch nichts. Am Ende bist du wieder frustriert.« »Jaja, das Rauchen aufhören oder Abnehmen kannst du, das hast du ja schon oft gemacht!«)

Hier kommt die Wirkkraft der **Selbstbejahung** (die positive Bewertung der eigenen Person) und des Optimismus ins Spiel. Wir nennen dies auch **Selbstvertrauen** (Vertrauen, eigene Absichten auch realisieren zu können) (Beckmann u. Elbe 2011). Spätestens das Wahlmotto des US-Präsidenten Barrack Obama »Yes, we can!«, das selbst bei uns in Deutschland große Massen begeisterte, hat eindrücklich verdeutlicht, wie diese positive, voller Überzeugung proklamierte Einstellung einen im wahrsten Sinne des Wortes »bewegenden« Optimismus erzeugen kann.

Insgesamt trägt die Optimismusforschung viel zum Verständnis der Selbstbejahung als zielführende Intervention/Maßnahme bei. Wenn Menschen über einen langen Zeitraum hinweg mit negativen Vorurteilen zu kämpfen haben, glauben sie selbst an deren Gültigkeit (»Ich-bin-nicht-okay-Haltung«): »Dicke sind schlecht in Sport und eigentlich auch faul«, »Mädchen sind unbegabt in Mathematik und Physik«, »mit 50+ ist man zu alt für körperliche

Leistungen« etc. Selbst wenn Menschen nur *glauben*, dass andere so über sie denken, fühlen sie sich bei entsprechenden Handlungsaufforderungen automatisch gestresst und werden schon allein aus diesem Grund keine potenziell möglichen Ergebnisse abliefern (Spitzer 2010). Dies bestätigt wiederum ihr negatives Selbstbild: Eine »selbsterfüllende Prophezeiung« wird eingelöst.

Hilfreich ist es in diesem Zusammenhang, als Trainer gemeinsam mit dem Kunden an **selbstwertdienlichen Zuschreibungen (Attributionen)** zu arbeiten. Dabei spielt die bereits 1944 von Kurt Lewin formulierte Leistungsmotivation mit ihren beiden Komponenten »Hoffnung auf Erfolg« und »Furcht vor Misserfolg« eine entscheidende Rolle (Heckhausen 2010).

Die **Erfolgsmotivierten** nutzen ganz selbstverständlich selbstwertdienliche Zuschreibungen, indem sie (bewusst und unbewusst) Erfolge auf ihre eigene Leistung zurückführen und Misserfolge oft auf externe Faktoren wie Pech oder zu hohe Aufgabenschwierigkeit für ihren momentanen Leistungsstand (Beckmann u. Elbe 2011). Dies ist zwar eher eine selbstwertdienliche »Verzerrung«, hilft jedoch dem Kunden, mit seinen Trainingsbemühungen weiter am Ball zu bleiben.

Unsere Unterstützung kann hier sein, wertschätzend und sensibel an der »Fehlerkultur« in der Zusammenarbeit mit dem Kunden zu arbeiten. Das ist machbar, indem wir seine »Fehler« als nutzstiftend begrüßen, weil der Kunde daraus lernen kann. Eine probate Intervention: Ganz bewusst lassen wir den Fehler wiederholen, um gleich danach im Sinne eines spürbaren Unterschiedserlebens das richtige Verhalten, die gesunde Bewegung o. Ä. absolvieren zu lassen. Dabei befragen wir den Kunden, wo und wie er im Körper den Unterschied spürt und erläutern ihm den theoretischen Hintergrund dessen, was da gerade im Körper passiert.

Misserfolgsmotivierte Menschen schreiben ihr Erleben z.B. ihrer mangelnden Begabung zu und Erfolge sind, verkürzt gesprochen, Ergebnis von purem Glück (Heckhausen 2010). Sie sind also kaum in der Lage, ihr Selbstbild positiv zu korrigieren und über ein sich steigernes Selbstvertrauen eine stärkende Selbstwirksamkeit zu spüren.

Für unseren Kontext Körpermanagement und Trainings-/Ernährungsplanung (► Teil III bis ► Teil V) bedeutet dies, den Kunden immer wieder zu ermutigen, ihn auch für kleine Erfolge, die er selbst gar nicht als solche wahrnehmen wird, zu loben. Zudem gehen wir mit großem Respekt und viel Achtsamkeit vor, indem wir Misserfolgsmotivierte nicht den Blicken anderer, teilweise auch des Trainers selbst aussetzen. Die Sorge, sich zu blamieren, könnte die Konzentration auf die Anforderung schwächen und damit die so nötigen Erfolge unterbinden. Darüber hinaus sollten wir uns immer darauf einlassen, dass sie

einen (Lieblings-)Teil ihrer Übungen selbst wählen (Beckmann u. Elbe 2011). Auf diese Weise entwickelt sich über Sport und Bewegung ein die Psyche und damit die körperlichen Leistungen stärkendes **Selbstbild**. Wir müssen deshalb mit viel Geduld und Respekt daran arbeiten.

Zusammenfassung

Übergewichtige oder anderweitig eingeschränkte Kunden sind oft geprägt von Verunsicherung und Selbstabwertung. Bewegung und Sport beeinflussen auch psychische Beeinträchtigungen positiv. Professionelle Trainer nehmen die Beraterrolle mit Mut und Offenheit wahr und erzeugen über den gesamten Betreuungsprozess eine Atmosphäre der wertschätzenden Kooperation auf Augenhöhe hinweg. Dabei ist das Konzept der Okay-Grundhaltungen hilfreich. Der Kunde wird idealerweise mit einem systemischen Ansatz betreut, mit Blick auf sein psychosoziales sog. Heimatsystem und unter Nutzung der Wirkkraft der Selbstbejahung und des Optimismus. Erfolgsmotivierte Kunden verwenden selbstwertdienliche Zuschreibungen (Attributionen) und führen ihre Erfolge auf die eigene Leistung zurück, Misserfolge oft auf externe Faktoren.

Literatur

- Beckmann J, Elbe A-M (2011) Praxis der Sportpsychologie. Spitta, Balingen
 Heckhausen J, Heckhausen H (2010) Motivation und Handeln. Springer, Heidelberg
 Lyubomirsky S (2008) Glücklich sein. Campus, Frankfurt
 Schlicht W, Brand R (2007) Körperliche Aktivität, Sport und Gesundheit. Juventa, Weinheim
 Schmidt G (2004) Liebesaffären zwischen Problem und Lösung. Hypnosystemisches Arbeiten in schwierigen Kontexten. Carl Auer, Heidelberg
 Seligman M (2011) Flourish. Wie Menschen aufblühen. Kösel, München
 Stewart I, Joines V (2000) Transaktionsanalyse. Herder, Freiburg

Das Ziel bestimmt den Weg

Marion Badenhop

**20.1 Vom »Warum?« zum »Wofür?« –
motivierende Zielberatung – 322**

20.2 Motivierende Analyse mäßiger Zielerreichung – 323

20.3 »Stolz« als Motivator – 324

Literatur – 325

➤ **Wichtig**

Ziele sind für uns Menschen die Basis für Orientierung und Erfolg.

Wir brauchen eine Messlatte, um unser Handeln danach auszurichten und um für uns selbst beurteilen zu können, ob das gewünschte Ergebnis **er-folgt** ist. Ansonsten wäre der Erfolg lediglich ein angenehmer Zufall, den wir nicht nachhaltig als Motivation zu weiteren Aktivitäten nutzen könnten.

Wir wüssten nicht, wie Erfolg tatsächlich entsteht und reproduzierbar ist und – vor allem – was unser Anteil daran war. Gut formulierte und durchdachte Ziele sind zudem eine eindeutige Orientierung für unser Umfeld. Es weiß, was wir mit welchen Maßnahmen vorhaben und kann sich darauf einstellen. Im Trainingskontext gibt es folgende **Zielbeteiligte**: unser Kunde als Zielgeber, dessen Umfeld sowie wir Trainer in der Rolle des Begleiters und Beraters hin zum Ziel. In einigen Fällen nehmen wir damit auch die Rolle des kritisch Hinterfragenden ein.

Unwissend, was tatsächlich auf sie zukommt, stecken viele Kunden ihr Ziel zu hoch, den Zeitraum bis zur Erreichung zu kurz und die Schritte dorthin stellen sie sich größer vor, als sie unter Aspekten der physiologischen und psychologischen Gesundheit sein können. Hier ist die ganze Kompetenz des Trainers gefordert, eine ziieldienliche Unterstützung zu bieten.

20.1 Vom »Warum?« zum »Wofür?« – motivierende Zielberatung

Wir haben in der Zielberatung zwei Richtungen, in die wir beraten und hinterfragen können: Nach rückwärts gewendet, um die Ursache für das Vorhaben zu erkunden. Hier fragen wir nach dem »Warum?«: Wie sind die Probleme entstanden, warum blieben bisherige Versuche (die in den meisten Fällen schon unternommen wurden) fruchtlos?

Nach vorn schauend, fragen wir nach dem »Wofür?«. Beide Frageformen haben ihre Berechtigung und bieten bei ausgewogener Befragung des Kunden eine gute Informationsbasis für den Aufbau des Trainingsangebots. Erste Fragemöglichkeiten wurden in ► Abschn. 19.2 bereits behandelt. Da jeder Kunde mit einer anderen Persönlichkeitsstruktur und einem anderen Heimatsystem vor uns steht, sollten wir uns gut überlegen, welchen Fokus wir setzen möchten, denn die Frageworte »warum« und »wofür« haben unterschiedliche Wirkkraft.

Wird über das »Warum?« nachgedacht, wird der Kunde möglicherweise gedanklich im erlebten Defizit, im Problemerkennen verharren (zu dick, zu geringes Selbstwertempfinden, zu unbeweglich, ausgegrenzt von bestimmten

Aktivitäten, permanente Schmerzen etc.). Oben wurde bereits erläutert, dass dies Auswirkungen hat auf das Selbstvertrauen darin, diesen Sachverhalt u. a. durch das Training ändern zu können. Dennoch muss selbstverständlich eine fachmännische und differenzierte Diagnostik vorgenommen werden, sowohl über Tests als auch über Gesprächsführung. Das Dilemma lösen wir auf, indem auch immer parallel nach dem »Wofür?« gefragt wird. In diesem Fall formuliert der Kunde den **Zielzustand**.

Fragen zum Zielzustand

- Was ist dann für Sie möglich, wenn Sie das Ziel erreicht haben?
- Wie wird sich dies für Sie dann anfühlen?
- Woran wird Ihr Umfeld (beruflich und privat) dies merken?
- Wer aus Ihrem Umfeld wird sich am meisten über die Zielerreichung freuen?
- Was wird er/sie dazu sagen?
- Wie werden Sie darauf reagieren?
- Wie werden Sie sich belohnen für die Zielerreichung?

Die Vorstellung vom Zielzustand, also vom gewünschten Ergebnis des Trainings, verbunden mit dem Erfolgserleben danach, ist sozusagen die »Möhre vor Augen«, die dem Kunden hilft, das Training auch in physischen und psychischen Tiefphasen durchzustehen und am Ball zu bleiben. Diese »Möhre« ist eines der wichtigsten Hilfsmittel für die nachhaltige Motivation des Kunden, da dessen Aufmerksamkeit hierauf fokussiert wird (Schmidt 2005). Darum kann der Zielzustand und das damit verbundene Wohlfühlgefühl gar nicht oft genug erfragt werden.

Die **Zielformulierung** selbst ist dann besonders wirkungsvoll, wenn sie bestimmte **Kriterien** erfüllt. Es sollte darin beschrieben werden,

- Was dann sein wird (nicht: was nicht mehr sein wird)
- Was dann beginnt (nicht: was dann aufhört)
- Wie dies dann erlebt wird, internal (in der Person selbst) und interaktional (in der Beziehung zu anderen)

Beispiel Statt »Ich möchte mich nicht mehr so behäbig fortbewegen müssen und die Schmerzen im Rücken sollen auch aufhören«, ist die hilfreichere Formulierung: »Ich werde dann mit Leichtigkeit und optimiertem Gewicht joggen können, wie andere auch, und in meinem Rücken verspüre ich Kraft und Elastizität.«

➤ **Wichtig**

Im Fokus steht also eine positive Formulierung des Zielzustands.

Tab. 20.1 SMART-Formel

S	Spezifisch	Ziel so präzise und konkret wie möglich formulieren
M	Messbar	Wie viele Übungsdurchgänge genau? Mit welcher Geschwindigkeit joggen, in welcher Zeit?
A	Attraktiv, erstrebenswert	Anspruchsvoll für Erfolgsmotivierte, Anerkennung verheißend, mit einer individuellen »Möhre« verbunden, die dann dafür belohnt; insgesamt akzeptiert vom Kunden und in dessen Einflussbereich
R	Realistisch, erreichbar	Abhängig von der physischen und psychischen Verfassung des Kunden, aber auch von den Möglichkeiten, die sein Umfeld zulässt. Passt das Trainingsprogramm in den Terminkalender des Kunden?
T	Terminiert	Bis wann in Gänze erreicht? Welche Teilschritte werden bis wann erreicht? Angaben z. B. in Tag/Monat/Jahr oder in Kalenderwochen

»Nicht mehr...« oder »weniger von...« verstärken nur das Problemerkleben. Unsere Aufgabe ist es, in der Zielerarbeit mit dem Kunden genau hierauf zu achten. Ihm selbst wird es erfahrungsgemäß schwer fallen, den Problemfokus, in welchem er sich seit langem befindet, abzulegen. **Konkretisierungsfragen** durch den Trainer helfen hier weiter: »Was soll stattdessen sein?«

Nachdem nun das große übergeordnete Ziel für das Training auf diese Weise herausgearbeitet ist, bedarf es weiterer konkretisierender Kriterien, die überhaupt erst eine ziieldienliche Trainingsplanung ermöglichen. Hier bietet sich eine bewährte Formel an, die seit langer Zeit im Rahmen eines professionellen Projektmanagements – das Trainingsvorhaben ist nichts anderes als ein persönliches Projekt – eingesetzt wird: die **SMART-Formel**. Die einzelnen Buchstaben sind Kürzel, die auch für den Trainingskontext aufgelöst werden können (■ Tab. 20.1).

Beispiel für eine Zielformulierung nach SMART-Regeln »Bis Tag/Monat/Jahr (hinterlegt ist z. B. der Zeitraum eines Jahres = terminiert) werde ich von jetzt an 15 kg (messbar) abgenommen haben. Zudem werde ich an einem Stück 6 km (messbar) joggen können und dafür unter einer Stunde Zeit (messbar) benötigen.«

Insgesamt ist diese Formulierung spezifisch und darüber hinaus attraktiv, weil unser Kunde dann z. B. mit »den anderen mithalten« kann. Die Realisierbarkeit wird er mit dem Trainer gemeinsam besprechen. Sie wird, wenn entsprechende Gesundheit vorliegt, vom Trainingsplan

abhängen und selbstverständlich vom Durchhaltevermögen des Kunden.

Insgesamt muss im Kunden bezogen auf das Ziel, auch wenn es aus Sicht des Trainers realistisch ist, eine **Erfolgszuversicht** und damit eine Akzeptanz bestehen (Beckmann u. Elbe 2011). Ist diese nicht vorhanden, scheint ihm das Ziel u. U. viel zu hoch gesteckt, kommt es zu Versagensängsten. Die Zielerreichung muss erkennbar im Einflussbereich des Kunden liegen. Dieses Faktum ist Teil der Attraktivität eines Ziels. Zudem sollte das Ziel Bedingungen berücksichtigen, die auch das soziale Umfeld mittragen kann (► Abschn. 19.2).

Der abgestimmte Trainingsplan enthält nach SMART-Regeln formulierte **Zwischenziele**. Sie fungieren als Meilensteine, die vom Trainer und besonders vom Kunden unbedingt als **Teilerfolge** gewürdigt werden und damit als weitere Motivatoren genutzt werden sollten. Das gilt besonders für langfristig angelegte Zielstellungen.

20.2 Motivierende Analyse mäßiger Zielerreichung

Regelmäßige Analysen durch Trainer und Kunden sind generell wichtig, um das Training auf seine Wirksamkeit zu prüfen und den Trainingsprozess zu steuern. Hier sind die eindeutig definierten Zwischenziele im Fokus. Der Istzustand wird abgeglichen mit dem Soll. Bedingungen, die zum Ist geführt haben, werden systematisch betrachtet und beschrieben. Sensibilität ist besonders bei mäßigen bzw. nur schleppenden Trainingsfortschritten gefragt. Solange sich diesbezüglich Analysen im Bereich »widriger« Rahmenbedingungen befinden (z. B. Verletzungen, auftretende Krankheiten, mangelhafte Geräte, ungünstige Wetterverhältnisse, zu viele ablenkende Faktoren während des Trainings oder aber zu starke berufliche Einbindung), empfindet sich der Trainierende weniger persönlich angegriffen oder abgewertet. Liegt der Grund allerdings in der Eigenverantwortung des Kunden (Trainingsplan nicht eingehalten, falsche Ernährung, Konsum von Suchtmitteln wie Alkohol, zu wenig Schlaf, hinderliches Freizeitverhalten) ist eine solche Erkenntnis für viele schwieriger anzunehmen.

In ► Abschn. 19.3 wurden die Analysemechanismen und Erklärungspräferenzen für Erfolg und Misserfolg von erfolgs- und misserfolgsmotivierten Menschen ausführlich beschrieben:

- Die Erfolgsmotivierten führen ihre Erfolge auf ihre eigene Leistung zurück und Misserfolge oftmals auf externe Faktoren wie Pech oder zu hohe Aufgabenschwierigkeit. Bei ihnen müssen wir dafür sorgen, dass sie in Bezug auf Minderleistungen eine Brücke hin zu einer förderlichen Selbstreflexion gebaut be-

kommen. Sie müssen lernen, Fehler als Chance zur Verbesserung zulassen zu können.

- Die Misserfolgsmotivierten schreiben ihr Erleben z. B. ihrer mangelnden Begabung zu und sehen Erfolge als Ergebnisse von Glück oder Zufall. Bei ihnen ist es unbedingt zu vermeiden, dass sich ihr negatives Selbstbild noch verstärkt und sie ihr Training vielleicht über kurz oder lang abbrechen.

Eine sensible Analyse von Trainingsergebnissen hilft oft, das Gefühl von Selbstwirksamkeit (► Abschn.19.3) zu schulen und ein Bewusstsein für Durchhaltefähigkeit zu schaffen.

■ Vorgehen bei einer motivierenden Trainingsanalyse

Erster Impuls nach einer Trainingseinheit ist zumeist, dass der Trainer die Leistung analysiert und seine Meinung äußert. Eine starke **Eigenbeteiligung des Kunden** an der Analyse ist jedoch zumeist der erfolgreichere Weg. Dabei reflektiert zunächst er das Erlebte, unterstützt mit Fragen durch den Trainer, wobei **zuerst positiv fokussiert** wird:

- Was ist aus Ihrer Sicht heute besonders gut gelungen?
- Was noch außerdem? (Auch Kleinigkeiten sind hier wichtig, ausgesprochen zu werden!)
- Wie haben Sie das geschafft?
- Wie hat sich das angefühlt?
- Seit wann gelingt das so gut?
- Was war Ihr Anteil daran?
- Es folgt das ergänzende Positiv-Feedback des Trainers.

Diese Gesprächsform stärkt den Selbstwert des Trainierenden und das Vertrauen in die Selbstwirksamkeit. Sie verdeutlicht Erfolge des Trainings und dass es sich lohnt, überhaupt zu trainieren. Das Darüber-Reden erzeugt in der Person ein Gefühl des **Stolzes** (► Abschn. 20.3).

Nun folgt sehr sachlich die Analyse des Trainingsteils, der **nicht so gut gelaufen** ist:

- Mit welchen Übungsabschnitten sind Sie nicht so zufrieden?
- Wie ist das aus Ihrer Sicht genau abgelaufen?
- Wie kam es dazu?
- Wie hat sich das angefühlt?
- Was würden Sie beim nächsten Mal anders machen (in der Vorbereitung, in der Durchführung)?
- Wie sieht der Prozess dann aus, wenn alles richtig läuft aus Ihrer Sicht (hier wird wieder ein positives Bild vermittelt!)
- Nun ergänzt wieder der Trainer, was ihm aufgefallen ist und was der Kunde aus seiner Sicht noch verändern müsste, um zum Ziel zu kommen.

Gemeinsam wird nun der Trainingsplan angepasst und wieder auf seine Realisierbarkeit überprüft. Zum Ab-

schluss holt sich der Trainer vom Kunden eine **Rückmeldung zum Ablauf dieser Trainingsanalyse** und wie sie auf den Kunden gewirkt hat. Damit bleibt auch bei Kritik die »Augenhöhe« gewahrt und der Kunde hat als Auftraggeber das letzte Wort.

20.3 »Stolz« als Motivator

Stolz ist eine Reaktion auf einen Erfolg, der sich eingestellt hat. Jeder kennt dieses Gefühl. Im Gegensatz zu anderen Gefühlen wie Angst, Liebe oder Aggression ist Stolz neurobiologisch und physiologisch noch nicht eingehend erforscht. Damit kann derzeit diesem Gefühl evolutionsbiologisch noch kein eindeutiger Zweck zugeordnet werden. Klar ist nur aus eigenem Erleben:

➤ **Wichtig**
Stolz beflügelt uns.

Umso interessanter sind Versuche aus jüngster Zeit, die Funktion des Erlebens von Stolz zu erklären. Manfred Spitzer fasst diese Forschungen aus USA sehr anschaulich zusammen. Das Fazit: Stolz bringt uns dazu, Fertigkeiten zu lernen und in der Gruppe zu demonstrieren. Das erleben wir bei Kindern, die gerade Schwimmen oder Radfahren gelernt haben. Sofort erfolgt der Ruf »Guck mal, was ich kann!«, um darüber Anerkennung zu erhalten. Diese Anerkennung ermuntert die Kinder, abermals ein Stück weiter aus bekanntem Terrain auszubrechen und neue Leistungen zu erbringen, um sie erneut anderen vorzuführen. Damit ist Stolz eine »soziale Emotion« und besitzt die **soziale Funktion**, ein anerkanntes Mitglied in einem für uns wichtigen sozialen Gefüge zu sein (Spitzer 2010).

Diese Form der **Anerkennung durch andere** unterscheidet das Gefühl Stolz vom Selbstwertgefühl, das intrapersonal (in der Person selbst) empfunden wird. Eine stolze Person genießt das Gefühl einer erhöhten Attraktivität für ihr soziales Gefüge. Für das »Herdentier Mensch« ist das ein unermesslicher Schatz. Mittlerweile ist u. a. von den Forschern Lisa Williams und David De Stono von der North Eastern University Boston empirisch nachgewiesen, dass Stolz »Menschen befähigt, auch bei widrigen Aufgaben länger durchzuhalten...«, nachdem sie zuvor durch herausragendes Lob für die Erledigung einer anderen schwierigen Aufgabe Stolz »induziert« bekamen (Spitzer 2010).

Für unseren Kontext ist die Kopplung von Stolz und gesteigertem **Durchhaltevermögen** eine überaus wertvolle Erkenntnis.

Als Trainer sollten wir also keine Gelegenheit ungenutzt lassen, die es dem Kunden ermöglicht, auf erbrachte Leistungen stolz zu sein. Dies emotionalisiert und motiviert für weitere Zielerreichungen. Darüber hinaus ist ein

starkes Durchhaltevermögen wohl das beste Mittel, um den »inneren Schweinehund« im Käfig zu halten.

Zusammenfassung

Ziele sind die Basis für Orientierung und Erfolg. Die Vorstellung und gemeinsame Formulierung des Zielzustands durch Kunde und Trainer unter Zuhilfenahme der SMART-Formel ist, verbunden mit dem Erfolgserleben danach, die »Möhre vor Augen«, die dem Kunden hilft, das Training auch in physischen und psychischen Tiefphasen durchzustehen und am Ball zu bleiben. Eine sensible und zugleich motivierende Analyse der Trainingsergebnisse fördert das Gefühl des Kunden von Selbstwirksamkeit und schafft ein Bewusstsein für seine Durchhaltefähigkeit. Stolz ist eine beflügelnde Reaktion auf einen Erfolg und damit ein herausragender Motivator.

Literatur

- Beckmann J, Elbe A-M (2011) Praxis der Sportpsychologie. Spitta, Balingen
- Schmidt G (2005) Einführung in die hypnosystemische Therapie und Beratung. Carl Auer, Heidelberg
- Spitzer M (2010) Aufklärung 2.0. Gehirnforschung als Selbstkenntnis. Schattauer, Stuttgart

Wunsch – Wille – Handlung

Marion Badenhop

**21.1 Vom Wunsch zum tatsächlichen Willen –
eine Frage der Emotionen – 328**

21.2 Rubikon-Modell – von der Entscheidung zur Handlung – 329

Literatur – 330

21.1 Vom Wunsch zum tatsächlichen Willen – eine Frage der Emotionen

Wünschen und Wollen sind nicht einfach nur »Denkblasen«, sondern haben mit bewussten Entscheidungen und besonnenem Handeln bezogen auf ein Ziel zu tun. Seit langer Zeit hat die Hirnforschung Kenntnis darüber, dass an diesen höheren kognitiven Funktionen wie Denken, Planen, Entscheiden und Ausrichtung des Verhaltens an Zielen und sozialen Regeln der präfrontale Kortex des Gehirns beteiligt ist. Neben der Bedeutung dieser Hirnregion bei der Auswahl von Handlungen ist er die Schnittstelle zwischen Emotion (Fühlen) und Kognition (Denken) (Velt 2008).

➤ Wichtig

Bei Entscheidungen sind Emotionen nicht nur hilfreich, sondern sogar notwendig. Gefühle sind der »Motor der kognitiven Entwicklung«.

Bei allen Denkvorgängen hinsichtlich seiner Wünsche ist der Mensch auch immer emotional beteiligt. Ohne Emotionen treffen wir keine persönlichen Entscheidungen. Sie sind es in den allermeisten Fällen, die den entscheidenden Ausschlag geben. Für das Erleben von Gefühlen ist »von Bedeutung, dass die Verbindung zwischen Zentralnervensystem und Hormonsystem durch den Hypothalamus und die Hypophyse erfolgt« (Holler 1996). Hat jemand einen schwachen Willen, so hat er »Schwierigkeiten mit der Leitung von Emotionen, selbst wenn sie eine niedrige bis mittelmäßige Intensität haben«.

Übersetzt auf die Willensbildung von Menschen, die den Wunsch haben, sich und ihre Situation durch Training positiv zu verändern, bedeutet dies, dass sowohl sie selbst als auch der Trainer – gleichsam in der Rolle des Katalysators – immer auch auf den Aspekt der **Emotionalisierung** für den gesamten Trainingsprozess achten sollten. Die Frage nach einer Trainingseinheit »Wie geht es Ihnen jetzt?« ist also keinesfalls nur physisch zu verstehen, sondern ruft auch und ganz besonders die emotionale Bewusstheit ab. Dafür müssen wir uns Zeit nehmen, um den Willen des Kunden, an sich zu arbeiten, wach zu halten und zu stärken. Diesen Willen braucht er, um immer wieder den inneren Schweinehund zu überwinden. Anders gesagt:

➤ Wichtig

Obsiegt der innere Schweinehund, ist die Emotionalisierung für das Ziel nicht hoch genug.

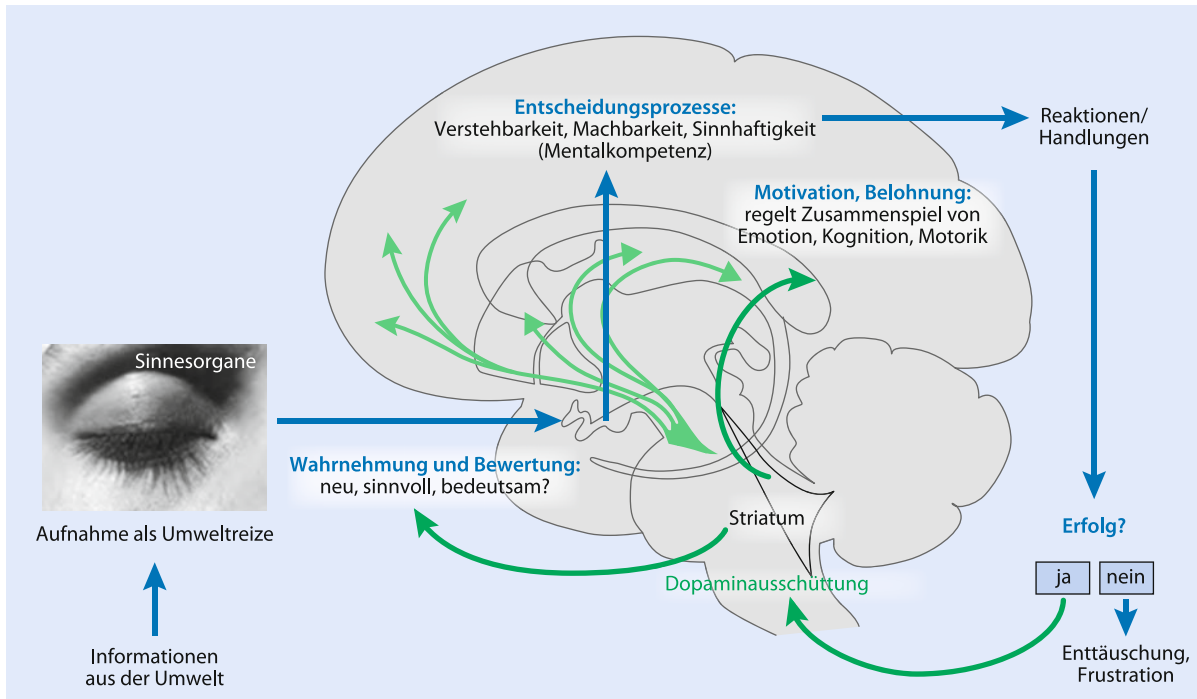
Als Folge werden neue Handlungsmuster wie regelmäßige Gymnastikübungen, ein anderes Ernährungsverhalten oder gesunde Bewegung nicht regelmäßig geübt werden. Dies aber macht erst Erfolgserlebnisse möglich, die die notwendige Emotionalität für die Entwicklung von Willen hervorrufen.

Nach Holler besitzt »das menschliche Gehirn ... die Fähigkeit der Selbstorganisation, es entwirft aus dem Erfolg oder Misserfolg früherer Programme neue, eigene Handlungsstrategien« (Holler 1996). Aus dem ehemals »Das schaffe ich sowieso nicht« kann allmählich ein »Das kriege ich hin, wenn ich dran bleibe!« werden. Das so initiierte Glücksgefühl erhält über das **Belohnungssystem** eine positiv verstärkende Wirkung. Dieses ist mit Gehirnarealen verbunden, die schließlich unsere Motivationsprozesse und allgemeine Verhaltensregulierung steuern (Velt 2008). Auch die Motivation beruht – wie alle psychischen Vorgänge – auf biochemischen Reaktionen. Die Neurobiologie hat Dopamin als Antreiber des Motivationssystems im Mittelhirn erkannt. Dieser Neurotransmitter gehört zu den Katecholaminen und entsteht als Zwischenprodukt bei der Synthese von Adrenalin und Noradrenalin.

»Motivation ist auf lohnende Ziele ausgerichtet und soll den Organismus in die Lage versetzen, durch geeignetes Verhalten möglichst günstige Bedingungen zum Erreichen dieser Ziele zu schaffen.« (Bauer 2008) Wenn unsere Kunden sich Ziele setzen, dann sollten wir als Trainer darauf achten, dass sie realisierbar sind jedoch auch eine Herausforderung darstellen. Wenn die Kunden die Herausforderung annehmen, aber nicht meistern, werden sie frustriert sein. Bei Zielerreichung jedoch springen ihre Motivationssysteme an. Im Striatum (Streifenkörper), einem Teil der Basalganglien, wird Dopamin ausgeschüttet. Über verschiedene Nervenbahnen gelangt es in andere Gehirnzentren, z. B. dem Zentrum für Emotionen, aber auch motorische Zentren (Lehrl 2007; Scheich 2003) (■ Abb. 21.1).

Ähnlich wie beim Sport oder auch beim guten Festtagsmenü – also wenn der Mensch sich etwas Gutes gönnt oder erlebt hat und sogar im Stadium der Vorfreude – wird das Lust- und Belohnungszentrum, der Nucleus accumbens, aktiviert. Die Kunden haben das Hochgefühl, es geschafft zu haben und sind stolz darauf. Über motorische Zentren bekommen sie eine selbstbewusste Körperhaltung, sie strahlen vor Zuversicht und bewerten ihre Umwelteinflüsse positiv (»Alles ist gut.«). Neben Dopamin ist ein ganzer Cocktail von Botenstoffen (endogene Opioide (Endorphine), Noradrenalin, Serotonin, Oxytocin etc.) an dem Prozess beteiligt.

Oxytocin wird verstärkt hergestellt, wenn es zu einer Vertrauen stiftenden Begegnung kommt. Hier kommen wir als Trainer erneut ins Spiel. Wir haben das Vertrauen des Kunden gewonnen, gemeinsam mit ihm die Ziele formuliert und den erfolgreichen Trainingsprozess bis zur Zielerreichung begleitet. Er wird stolz auf sich sein und uns als Trainer vermutlich weiterhin sein Vertrauen schenken – der Lohn unseres Engagements!



■ Abb. 21.1 Belohnungssystem Dopamin. (Vgl. Scheich 2003 und Lehl 2007)

21.2 Rubikon-Modell – von der Entscheidung zur Handlung

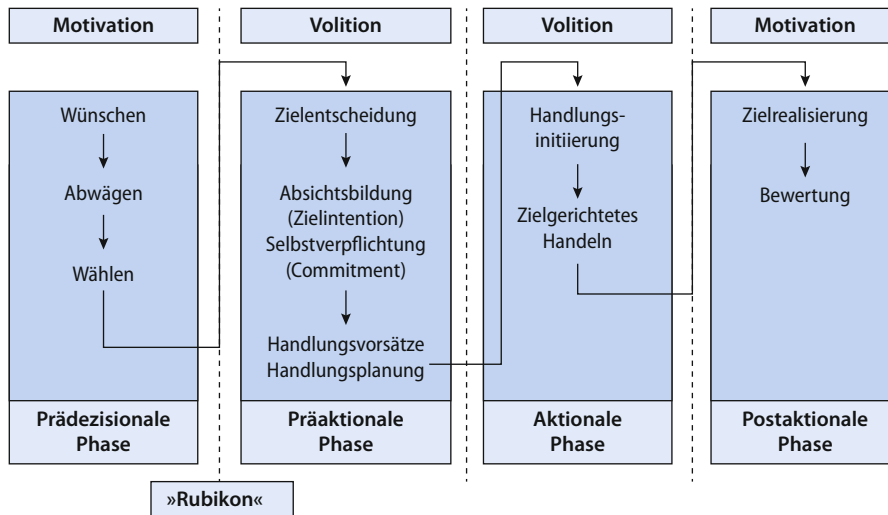
Das Rubikon-Modell beschreibt den gesamten Motivationsprozess eines Menschen von der Wunschregung bis zur Realisierung gesetzter Ziele. Die Psychologen Heinz Heckhausen und Peter M. Gollwitzer haben es 1986 formuliert (Heckhausen u. Heckhausen 2010).

Seinen Namen entlehnt dieses Modell der historischen Überschreitung des italienischen Flusses Rubikon 49 v. Chr. durch Julius Cäsar und seine Legionen, nachdem er die Worte »Alea iacta sunt!« (Die Würfel sind gefallen) gesprochen hatte. Noch heute wird dieses Zitat genutzt, um zu verdeutlichen, dass es von der einmal getroffenen Entscheidung kein Zurück mehr gibt. Voller Willenskraft und zielstrebig war für Cäsar die Phase des Abwägens beendet und er begann die Aktion, Rom zurückzuerobern. Im Modell von Heckhausen und Gollwitzer liegt dieser »point of no return« zwischen der Phase 1 und 2 des 4-phasigen Modells, am Übergang von der prädeziSIONalen (lat. *decisio*, Entscheidung) in die präaktionale Phase, von der **Motivation** zur **Volition** (■ Abb. 21.2):

1. Die **prädeziSIONale Phase** ist geprägt von den **Wünschen und Ambivalenzen** unserer Kunden, z. B. Abnehmen und nach der Arbeit Sport treiben oder doch lieber sofort Abendessen und gemütlich auf dem Sofa sitzen und fernsehen. Die Wünsche sind dabei bestimmt durch die individuellen menschlichen

Motive. Diese reichen von Gesundheit über Anerkennung, Sicherheit, Neugier bis hin zur kreativen Entfaltung, Ehrgeiz und Machtstreben und auch Bequemlichkeit. Zusätzlich erfolgt ein Abgleich mit wahrgenommenen persönlichen Fähigkeiten und Fertigkeiten sowie weiteren situativen Gegebenheiten (familiärer oder gesellschaftlicher Druck, Geldfragen, Terminkalender etc.) inklusive der damit einhergehenden emotionalen Bewertungen.

2. Ist die Entscheidung gefallen, ist der mentale Rubikon zur **präaktionalen Phase** überschritten und eine klare **Absicht (Zielintention)** ist formuliert (z. B. bis zum Zeitpunkt xy 15 kg abnehmen und 6 km an einem Stück bei einer Herzfrequenz von xy joggen können). Die Zielintention ist dabei mental mit einer Selbstverpflichtung (commitment) verknüpft. Der volitionale Prozess, der **Willensprozess**, ist angelaufen und geprägt von der Planung der einzelnen Handlungsschritte hin zur Zielerreichung. Spätestens zu diesem Zeitpunkt steht der Trainer beratend zur Seite und unterstützt bei der Zielformulierung nach den SMART-Regeln (► Abschn. 20.1). Gemeinsam mit dem Kunden wird eine Umfeldanalyse erstellt und alle notwendigen diagnostischen Hilfsmittel werden eingesetzt, um die Realisierbarkeit der Zielintention sicherzustellen.
3. In der **aktionalen Phase** erfolgt das **zielgerichtete Handeln**, in unserem Kontext also z. B. die Umsetzung des vereinbarten Trainings- und/oder Er-



■ Abb. 21.2 Rubikon-Modell der Handlungsphasen. (Aus Schumacher 2001, mit freundl. Genehmigung)

nährungsplanes. Je fester der Wille hinter diesen Aktionen, verknüpft mit stark empfundenen und bewussten Emotionen, desto konsequenter das Handeln. Hier begleiten und unterstützen wir mit unserer Kommunikations- und Motivationskompetenz. Dies wird umso wichtiger, je länger die aktionale Phase bis zur Zielerreichung dauern wird und je mehr Rückschläge und Zweifel am Gelingen möglich werden. Dies ist auch abhängig davon, wie erfolgs- oder misserfolgsmotiviert der Kunde sich zeigt und mit welchem Selbstvertrauen er ausgestattet ist.

4. In der **postaktionalen Phase** wird der Analyse der Zielerreichung und deren **Bewertung** Raum gegeben. Im Bereich Sport, Training und Verhaltensänderung allgemein sollte diese Phase auch regelmäßig nach jeder Trainingseinheit und/oder nach zuvor festgelegten zeitlichen Abständen erfolgen. Sie kann optimal genutzt werden zur Aufrechterhaltung der Emotionalität und Motivation, »am Ball zu bleiben«, sowie dazu, die gesteckten Ziele mit sich aktuell verändernden Rahmenbedingungen abzugleichen. Bleiben hingegen diese sich verändernden Rahmenbedingungen (z. B. in den zeitlichen Möglichkeiten des Kunden oder in seinem Umfeld) unbeachtet, gelingt es bildlich gesprochen dem inneren Schweinehund, »aus seiner Hütte auszubüxen« und sich im Kopf des Kunden wieder breitzumachen. In diesem Fall muss der Kunde mental wieder von vorn anfangen und abermals seinen psychologischen Rubikon überqueren. Das Gefühl der Selbstwirksamkeit (► Abschn. 19.3) und der Durchhaltefähigkeit würde geschwächt. Um dem möglichst vorzubeugen, sind in ► Kap. 22 einige praktische Motivationsfaktoren zusammengefasst.

Zusammenfassung

Wünschen und Wollen hat mit bewussten Entscheidungen und besonnenem Handeln bezogen auf ein Ziel zu tun. Bei Entscheidungen sind Emotionen nicht nur hilfreich, sondern sogar notwendig. Gefühle sind der »Motor der kognitiven Entwicklung«. Trainer sollten – gleichsam in der Rolle des Katalysators – immer auf den Aspekt der Emotionalisierung für den gesamten Trainingsprozess achten. Das Rubikon-Modell beschreibt den Motivationsprozess eines Menschen von der Wunschregung bis zur Realisierung gesetzter Ziele.

Literatur

- Bauer J (2008) Prinzip Menschlichkeit: Warum wir von Natur aus kooperieren. Heyne, München
- Heckhausen J, Heckhausen H (2010) Motivation und Handeln. Springer, Heidelberg
- Holler J (1996) Das neue Gehirn. Junfermann, Paderborn
- Lehr S (2007) Sich geistig fit machen = Dopamin hochfahren? Geistig Fit 2: 14–16
- Scheich H (2003) Lernen unter der Dopamindusche. Was uns Versuche an Mäusen über die Mechanismen des menschlichen Gehirns verraten. Die Zeit Nr. 39 vom 18.09.2003. Online abrufbar unter: http://www.zeit.de/2003/39/Neurodidaktik_2 (Zugriff: 15.11.2013)
- Schumacher J (2001) Das Überschreiten des Rubikon. In: Schröder H, Hackhausen W (Hrsg.) Persönlichkeit und Individualität in der Rehabilitation. Verlag für Akademische Schriften, Frankfurt
- Velt M (2008) Die Bedeutung der Willensentscheidung und willenspsychologischer Strategien in der Behandlung von Suchtkranken aus Sicht eines Praktikers der Integrativen Therapie. In: Petzold HG, Sieper J (Hrsg.) Der Wille, die Neurobiologie und die Psychotherapie, Bd. 2. Aisthesis, Bielefeld

Kleine Motivatoren, die den Willensprozess lebendig halten

Marion Badenhop

In ► Teil VI ging es immer wieder um die Ambivalenz zwischen der Zielintention unserer Kunden und deren Zweifel in Form ihrer mentalen »Kämpfe« mit sich selbst.

► Wichtig

Die Kunden dabei zu unterstützen, diese inneren Kämpfe in eine Kooperation mit sich selbst zu überführen, ist bei ganzheitlicher Trainingsorientierung eine wichtige Aufgabe für den Trainer.

Es geht einerseits darum, diese fortwährende Ambivalenz im Trainierenden als natürlichen Teil seines Seelenlebens anzunehmen und mit ihr zu arbeiten. Andererseits müssen wir Ausbildung und Erfahrung nutzen, um immer wieder und wohl dosiert motivierende Impulse zu setzen. Nachfolgend findet der Leser eine Beispielsammlung praktischer und erprobter Motivatoren/Tipps.

■ Einzelcoachings auf psychologischer Ebene

Ins Trainingsprogramm zum Körpermanagement werden regelmäßig und ohne körperaktiven Trainingsrahmen Gespräche integriert, in denen ausschließlich über das Trainingserleben des Kunden (► Abschn. 20.2) und dessen Beeinflussung gesprochen wird. Diese Gespräche können wie die Trainingsstunden auch durchaus als Coaching-Stunden abgerechnet werden. Sie runden bei entsprechender Qualifikation das zielorientierte Trainingsprogramm ab.

■ Vorbilder

Mit dem Kunden, gerade wenn es sich um Einsteiger handelt, wird über Erfolge und Vorgehensweisen, aber auch Tiefpunkte bekannter Sportler gesprochen und wie sie sich daraus befreit haben. So werden Vorbilder für das eigene, zeitweise als »hart« empfundene Training entwickelt. Reden Sie beiläufig z. B. über Sportereignisse vom Wochenende und helfen Sie darüber Ihrem Kunden, dieses Thema in seine alltägliche Gedankenwelt zu integrieren.

■ Erfolgserfahrungen messbar machen und dokumentieren

Erfolgserfahrungen entstehen dort, wo Leistungen erbracht werden müssen, die mit großem persönlichen Einsatz verbunden sind (Van der Mai et al. 1997). Das bedeutet aber auch, dass Leistungen objektiv z. B. in Wegstrecke, Zeit und/oder Intensität messbar sein müssen. Auf diese Weise können Leistungen direkt festgelegt und mit vorherigen Leistungen verglichen (Fortschritte sichtbar gemacht) werden. Innerhalb des Trainingsprogramms können so Ziele als objektiv erreichbar formuliert bzw. verändert werden.

■ Schriftliche und detaillierte Trainingspläne

Regelmäßig besprochen, sind sie für Erfolgserfahrungen eine große Unterstützung. Besonders und gerade wichtig ist dies auch für Einsteiger, selbst wenn sie in

den ersten Wochen mit immer gleich anmutenden Übungen ihre Grundaushalter und ihr Muskel-/Skelettsystem aufbauen müssen. Es ist z. B. unterstützend, Woche für Woche erneut anzugeben, wie viele Wiederholungen pro Übungen erbracht werden sollen. Dabei ist die Variation der Übungsvorgabe förderlich, allein schon um die Aufmerksamkeit für diese Übungen und auch für den Trainingsplan wachzuhalten. Im Gegenzug tragen die Kunden in den gleichen Trainingsplan ihre tatsächlich erbrachte Leistung ein. Der Ehrgeiz, die schriftlich fixierten Vorgaben auch genauso zu schaffen, wird auf diese Weise eher geweckt.

■ »Elektronisches« Coaching durch den Trainer

Die Trainingspläne haben einen besonderen Effekt, wenn sie abseits von persönlichen Trainingsstunden/Treffen zwischen Kunden und Trainer auch elektronisch (z. B. eine Excel-Tabelle per Mail) gepflegt werden. Ideal ist die Absprache eines fixen Tages, an dem der Kunde seine »Wochenausbeute« an erbrachten Leistungen an den Trainer sendet. Mit der gleichen Regelmäßigkeit gibt der Trainer zeitnah seine Rückmeldung in Form von Lob, Anerkennung, aber auch Tipps für die Trainingsvorgaben, die nicht so präzise eingehalten wurden. In Gänze bildet dieses Vorgehen einen hohen Motivationsfaktor, da der Kunde das Gefühl der Permanentbetreuung hat. Umso weniger ist er auf die Motivation und den Zuspruch aus seinem Heimatsystem angewiesen.

■ Empfehlungen für den Umgang mit einer App

Technikaffine Kunden sind oft sehr gut zu motivieren über eine App-Empfehlung. Apps wie »Runtastic«, »Runmeter« für den Laufsport oder viele andere Sportarten veranlassen den Kunden, sich in anderer Weise mit seinen Trainingsleistungen zu befassen. Er kann seine Trainingsfortschritte mit anderen Trainierenden teilen, parallel mit ihnen »virtuell« auf die Laufstrecke oder »auf die Matte« gehen und auch seine Leistungssteigerung jederzeit und über den gesamten Zeitraum seines Trainingsprogramms im Internet verfolgen. Der Verlauf des Trainings wird auf dem Smartphone gespeichert und dient auch sehr häufig als Gesprächsstoff bei Freizeittreffen mit Freunden und Bekannten. Auf diese Weise wird das Thema Training in den Alltag des Kunden selbstverständlich integriert.

■ Empfehlungen für Equipment

Zahlreiche Einsteiger in ein Trainingsprogramm sind stark verunsichert, welche Kleidung und andere Grundausrüstung sie dringend benötigen; was aus dem unüberschaubaren Angebot der Sporthäuser (und dem Internet) das tatsächlich Erforderliche ist und was eher als »nice to have« gilt. Hier vom Trainer

unaufgefordert Empfehlungen zu erhalten, erleichtert dem Kunden, sein Einstiegsbudget in sein Körpermanagement zu kalkulieren, ohne dass er dieses An-sinnen aktiv zur Sprache bringen muss.

■ **Kleine Komplimente**

Letztlich ist es für viele Menschen eine besondere Form der Anerkennung, wenn sie nicht nur für ihre erbrachten Leistungen gelobt werden. Besonders motivierend sind auch Komplimente, die mit dem eigenen Äußeren, mit der eigenen Leiblichkeit zu tun haben, erst recht wenn Kunden Körpermanagement betreiben, um abzunehmen und sich »in Ihrer Haut« wohler zu fühlen. Das Selbstwertgefühl speist sich in großem Maße von – ehrlich gemeinten – Komplimenten z. B. zur veränderten Figur oder zum tollen neuen Outfit. Diese Art der Motivation sollten wir nie unterschätzen. Sie dokumentieren dem Kunden den Erfolg aus seiner Kooperation mit sich selbst!

Zusammenfassung

Den Kunden dabei zu unterstützen, seine inneren Kämpfe in eine Kooperation mit sich selbst zu überführen, ist bei ganzheitlicher Trainingsorientierung eine wesentliche Aufgabe des Trainers. Dieser hat die Aufgabe, die fortwährende mentale Ambivalenz des Trainierenden als natürlichen Teil von dessen Seelenleben anzunehmen und mit ihr zu arbeiten. Andererseits muss der Trainer immer wieder wohl dosiert und gezielt motivierende Impulse setzen. Beispiele erprobter Motivatoren und Tipps sind psychologische Einzelcoachings, Vorbilder, messbar gemachte, dokumentierte Erfolgserfahrungen, detaillierte schriftliche Trainingspläne, elektronische Coaching-Werkzeuge wie Apps, Equipmentempfehlungen und regelmäßige kleine Komplimente.

Literatur

Van der Mei SH et al. (1997) Runningtherapie, Stress, Depression – ein übungszentrierter Ansatz in der integrativen leib- und bewegungsorientierten Psychotherapie. Integr Ther 3: 374–429

Fünf Säulen der Identität als Ressourcenmodell

Marion Badenhop

23.1 Erläuterungen der fünf Säulen – 336

**23.2 Fünf Säulen als Energielieferanten gegen Stressempfinden –
eine Coaching-Methode mit Fragenkatalog – 337**

**23.3 Fragen zur Selbstreflexion
des Trainers – 339**

Literatur – 339

Durch die Aktivitäten eines gezielten Körpermanagements werden gleich mehrere Bedürfnisse von Menschen bedient: Gesundheit (health), Wohlbefinden (wellness) und Leistungsfähigkeit (fitness), und zwar physisch wie psychisch. Werden diese Faktoren vom Kunden in Ausgewogenheit empfunden, bilden sie stabile Säulen seiner Identität.

Die fünf Säulen der Identität wurden 1984 vom deutschen Psychologen Hilarion Petzold definiert. Er leitete dieses Konzept aus der Analyse zahlreicher Patientenberichte ab. Die in fünf Säulen gefassten Dimensionen (■ Abb. 23.1) seien einer persönlichen Mitteilung Petzolds zufolge so häufig vorgekommen, dass sie »geradezu ins Auge sprangen« (Kames 2011).

Identitätserleben beschreibt Petzold dabei als situationsbezogen. Er unterscheidet **Identifikation** und **Identifizierung** (Petzold 1984). Für unseren ganzheitlich angelegten Beratungskontext ist dies hilfreich zu wissen: »Identität wird gewonnen, indem sich ein Mensch in leibhaftigem (Anm. der Autorin: physischem) Wahrnehmen und Handeln vor dem Hintergrund seiner Geschichte als der erkennt, der er ist (Identifikation), und indem er von den Menschen seines relevanten Kontextes (Anm. der Autorin: Umfelds/Heimatsystems) auf dem Hintergrund gemeinsamer Geschichte als der erkannt wird, als den sie ihn sehen (Identifizierung).«

Identität speist sich zum einen aus der ganz persönlichen Sichtweise über sich selbst (Selbstbild) bezogen auf verschiedene Lebenskontexte und ein daraus resultierendes Rollenverhalten, zum anderen aus der Rollenzuschreibung von außen. Besteht in großen Teilen Übereinstimmung beider Sichtweisen, kann sich eine stabile Identität ausbilden, klaffen die Perspektiven auseinander, entstehen Störungen der Identität. So entstehen beispielsweise die oben beschriebenen selbstwertdienlichen oder aber -schwächenden Zuschreibungen unserer Kunden.

Wenn deren Umfeld für ihr verändertes Verhalten keine Identifizierung ausdrückt (»Ach was, das bist doch nicht du, für Bewegung und Sport hast du doch nichts übrig...«), kommt es u. U. zum inneren Konflikt: »Soll ich weitermachen oder doch besser wieder aufhören?« Auch der bereits beschriebene »innere Schweinehund« meldet sich da möglicherweise wieder.

23.1 Erläuterungen der fünf Säulen

■ Säule 1: Körper/Gesundheit/Leiblichkeit

Diese Säule umfasst neben der körperlichen Gesundheit Themen wie generelle Anfälligkeit für Krankheiten, ob sich die Person als schön oder eher hässlich empfindet, wie wohl sie sich in ihrem Körper fühlt, wie eins sie mit/in ihm ist, wie sicher sie sich in ihrer Geschlechtlichkeit als Mann

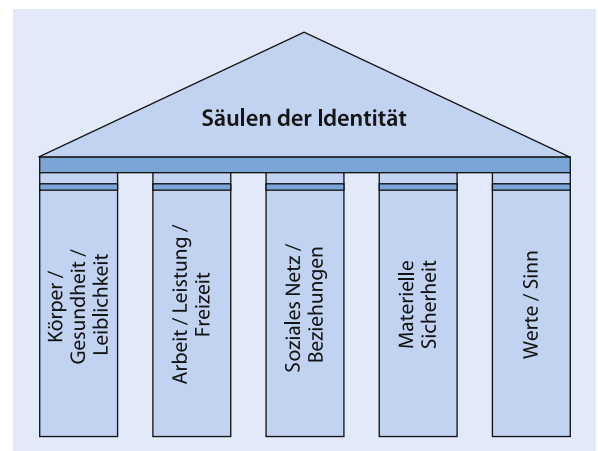
oder Frau empfindet. Wie ist die Körperwahrnehmung ausgeprägt? Missbraucht die Person ihren Körper durch Arbeitssucht, Drogen oder Bewegungs- und/oder Diätwahn?

■ Säule 2: Arbeit/Leistung/Freizeit

Arbeit schafft die materiellen Sicherheiten in unserem Leben. Sie ermöglicht Wohnen, Essen, Kleidung und andere Kulturgüter. Sie bewahrt damit nicht nur Identität, sie hilft auch, sie zu verwirklichen. Arbeit ist lebensgestaltend. Fragen nach Erfüllung und Freude im Arbeitsprozess sind wesentlich dafür, wie leistungsfähig wir uns fühlen: über- oder unterfordert. Wie ist es um die Zufriedenheit am Arbeitsplatz bestellt? Ist eine Identifikation mit der geschaffenen Dienstleistung oder den Produkten möglich? Entsteht Stolz in uns, wenn wir daran denken? Wird dafür auch öffentlich spürbar Anerkennung gezollt? Desgleichen verhält es sich mit der Schaffenskraft in der Freizeit. Für Trainer ist die Befragung dieser Säule interessant, um den Alltag des Kunden zu kennen, um z. B. eine Idee zu haben, wie physisch und mental gestresst er zum Training kommt. Des Weiteren haben wir die Möglichkeit, etwas über Erfolgsfaktoren aus dem Arbeitsumfeld zu erfahren (Disziplin, Teamarbeit, exakte Vorbereitung etc.), die wir – auch zur Überwindung des inneren Schweinehundes – für das Training aktivieren können.

■ Säule 3: Soziales Netz/Beziehungen

Ein menschliches Individuum braucht einen anderen Menschen, auf den es sich beziehen kann. Besonders in den ersten Lebensjahren ist dies augenscheinlich. Fühlt sich die Person aufgehoben in ihrem sozialen Netzwerk, im Freundeskreis, in der Partnerschaft, in der Familie? Ohne andere ist eine Identitätsbildung nicht möglich. Erinnern wir uns an die beiden Komponenten von Identität: Identi-



■ Abb. 23.1 Fünf Säulen der Identität nach Hilarion Petzold. (Vgl. Petzold 1984)

fikation (aus der Person heraus) und Identifizierung (wie sie von anderen gesehen wird). Wird im Heimatsystem dieser Person über die gleichen Dinge gelacht und geweint? Welche gemeinsame Kultur wird gelebt? Wie erreichbar sind diese Menschen zeitlich und räumlich, wenn man sie braucht? Gibt es jemanden, der z. B. registrieren wird, dass diese Person an ihrem Körpermanagement arbeitet, und der sie dafür wertschätzt und darin motiviert?

■ Säule 4: Materielle Sicherheit

Wie ist die finanzielle Situation? Die bereits unter »Säule 2 Arbeit« beschriebenen Güter des Komforts, Nahrung, Kleidung und auch die Wohnverhältnisse tragen maßgeblich zum Identitätserleben bei. Wie ist eine Person eingebettet in ihr Wohnviertel? Fühlt sie sich beheimatet, behütet? Welchen Status empfindet sie als angemessen und angenehm? Was gehört alles dazu? Von materieller Sicherheit ist selbstverständlich auch abhängig, ob sie sich unser Training für den erforderlichen Zeitraum leisten kann oder nicht. Dieses Training wird seinen nachhaltigen Zweck nicht erfüllen, wenn damit der finanzielle Ruin verbunden ist.

■ Säule 5: Werte und Sinn

Wie will eine Person sein? Wofür steht sie ein, woran glaubt sie? Ethische Fragestellungen sind wesentlicher Bestandteil für diese Säule. Die Erfahrung zeigt jedoch, dass sich die wenigsten Menschen hierzu im Kontext ihres Alltagslebens bewusst Gedanken machen. Sie können daher auch in den meisten Fällen nur sehr schleppend ein Gespräch über diesen Identitätsbereich führen. Reflektierte Werte und Sinn im Leben geben Entscheidungsgrundlagen dafür, was situationsangepasst und bedürfnisorientiert erstrebenswert erscheint und was nicht (Kames 2011).

Im Trainingskontext kann das Wissen um die individuellen Werte des Kunden überaus hilfreich sein. Ist z. B. Familie ein hoher Wert, so ist es möglich, dass dies den zeitlichen Aufwand für das Trainingsprogramm eingrenzt, weil das Training Familie und Partnerschaft Zeit nimmt. Schuldgefühle könnten sich dadurch einstellen. Dem einen neuen gedanklichen Rahmen zu geben und mit dem Kunden darüber zu sprechen, dass das Training bewirkt, dass man der Familie noch viele Jahre gesund und unternehmungsfreudig zur Verfügung steht, wirkt auf viele beruhigend und gibt ihnen bei Bedarf zusätzliche Argumente für das Heimatsystem.

23.2 Fünf Säulen als Energielieferanten gegen Stressempfinden – eine Coaching-Methode mit Fragenkatalog

■ Ausgangssituation für die Arbeit mit den fünf Säulen

Hilarion Petzold hatte ursprünglich seine Säulen auch »Säulen des Supports« genannt, der Unterstützung darin, als Mensch in stimmiger Ausgewogenheit zu leben. Vor diesem Hintergrund wird umso deutlicher, dass gerade im Kontext des Stressempfindens die Befragung aller Säulen hilfreich ist. Viele Kunden kommen ins Training, um etwas für ihre Gesundheit und Ausgeglichenheit zu tun. Entweder sprechen sie dies bereits im Anamnesegespräch an (»Ich möchte Stress abbauen durch Bewegung, bewusst einen anderen Fokus setzen für wenigstens ein bis zwei Stunden, mal einen freien Kopf kriegen, das Gefühl haben, auch mal etwas nur für mich zu tun.«) oder das Stressempfinden wird während des Trainings zum Thema, wenn z. B. mehr Vertrauen aufgebaut ist und offener darüber gesprochen werden kann.

Empfehlenswert ist es dann, dem Kunden am Ende einer Trainingseinheit in einem zurückgezogenen Gesprächsrahmen anzubieten, mal in ganz anderer Weise mit ihm zu arbeiten. Im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes kann dann eine wirkungsvolle Reflexionsmethode erläutert werden, um potenzielle Störfaktoren für Trainingserfolge oder mentale Ausgeglichenheit zu identifizieren. Dafür muss der Kunde ca. zwei Stunden Zeit mitbringen. Dies komplett im Trainingszentrum durchzuführen, anstatt beispielsweise die Einzelreflexion zu Hause zu absolvieren, ist angeraten. Im Trainingszentrum hat der Kunde der Erfahrung nach mehr Muße und Ruhe. Lässt er sich darauf ein, sind die folgenden vier Schritte im Vorgehen hilfreich:

■ Schritt 1

Der Trainer zieht sich zu diesem Termin mit dem Kunden in einen störungsfreien Raum mit angenehmer Atmosphäre zurück. Zunächst holt er sich abermals das Einverständnis des Kunden für das Coaching ein. Nun wird das **Konzept der fünf Säulen** erläutert. Nebenher wird auf einem Blatt Papier das Bild dazu gezeichnet (■ Abb. 23.1), damit sich dies besser im Kopf des Kunden verankert. Damit wir als Trainer z. B. bei Fragen nach dem Support durch Partner oder bei der Frage nach den Werten oder der materiellen Sicherheit dem Kunden nicht zu nahe treten, genügt in solchen Fällen die Erläuterung des Zusammenhangs und das Angebot, diese Fragestellung als Anregung zu sehen und bei Interesse in Ruhe darüber nachzudenken. So wird sich kein Kunde bedrängt fühlen, vielmehr wird er ehrliches Interesse an seiner Person vermuten.

■ Schritt 2

Material: Zeichenblock, möglichst A3 oder größer, ideal farbige Stifte.

Dauer: ca. 45 min

Da der Anlass des Gesprächs das Stressempfinden des Kunden ist, fällt der Vergleich einer jeden **Säule als Energiebehälter oder Batterie** leicht. Nun bekommt er für eine Einzelarbeit (die beste Möglichkeit zur Diskretion, denn der Trainer kann sich entfernen) das Angebot, sich über den »Füllstand« einer jeden Säule Gedanken zu machen. Die nachfolgenden Fragen aus dem Kasten »Fünf Säulen der Identität/des Supports« können auch vorab auf ein Flipchart oder ein Blatt notiert werden.

Fünf Säulen der Identität/des Supports

Fragen zur Reflexion Ihrer Säulen als Energiebehälter für mehr Zufriedenheit und Wohlbefinden. Nehmen Sie sich ca. 45 min Zeit, um in aller Ruhe Ihren Gedanken nachzugehen. Nutzen Sie das bereitgelegte Papier und die farbigen Stifte. Sie werden Ihren Gedankenfluss unterstützen.

1. Wenn Sie sich jede Säule als Energiespender (Support) für Ihre physische und mentale Ausgeglichenheit und Zufriedenheit vorstellen, welchen Füllstand hat sie dann derzeit?
→ Zeichnen Sie Ihre Säulen auf das Papier und markieren Sie jeweils den intuitiv angenommenen, gefühlten Füllstand der letzten Wochen. Eine valide »Wahrheit« hierzu kann es nicht geben!
2. Nun gehen Sie systematisch jede Säule gedanklich durch und überlegen,
 - was und wer Ihnen zum Befüllen dieser Säulen **Energie zuführt** (persönliche Aktivitäten, Personen aus Ihrem Umfeld mit bestimmten Handlungsweisen, Rahmenbedingungen, einfach alles, was Ihnen einfällt) und
 - was und wer Ihnen wie **Energie entzieht**.
3. Empfehlung: Das Blatt ist groß genug, um alle Antworten an jeder Säule schriftlich festhalten zu können, energiezuführendes mit grüner, energieentziehendes mit roter Farbe.
4. Letzter Reflexionsschritt: Sie werden unter Ihren Energiefressern einige finden, die wohl belastend, jedoch nicht veränderbar sind. Dann ist das zunächst so. Schauen Sie auf diejenigen, die Sie vielleicht noch nicht auf eine **Veränderbarkeit** hin überprüft haben:
 - Welche **Maßnahmen** zur Veränderung gibt es?
 - Wen oder was benötigen Sie dazu?
 - Wie realisieren Sie dies und bis wann?
 - Schreiben Sie diese potenziellen Maßnahmen ggf. in den noch leeren Teil Ihrer Säule.

5. Vielleicht decken Sie aber auch **Zusammenhänge zwischen den Säulen** auf. Dann gehen Sie diesen gedanklich nach und formulieren hierzu geeignete Maßnahmen. Überlegen Sie, wie Sie Ihr Trainingsprogramm und/oder Ihren Trainer hierzu nutzen können. Besprechen Sie dies gern im Anschluss mit ihm!

Viel Erfolg und Freude!

© Marion Badenhop, MBConsulting Weinheim.

Das **Prinzip der Schriftlichkeit** ist bei dieser Methode ein überaus nützliches Instrument zur Konkretisierung und Differenzierung von Dingen, die wir eigentlich wissen, aber immer nur flüchtig bedenken und damit vielfach unbewusst verdrängen. Diese Art der Konkretisierung ist ein unbestechlicher Spiegel der momentanen Situation. Mit diesem Reflexionsangebot erzeugen wir oft persönliche Betroffenheit. Der Erfahrung nach ist das erstellte Arbeitsblatt ein ganz persönliches Dokument, das viele Kunden gern aufbewahren, um damit auch allein weiterzuarbeiten.

■ Schritt 3

Dauer: ca. 1 Stunde

Nach der Einzelarbeit folgt das Gespräch mit dem Kunden über seine Gedanken zu den Fragestellungen – selbstverständlich nur über die, die er mitteilen möchte. Dies sollte immer wieder betont werden. Gute Einstiegsfragen sind z. B. »Welche Erfahrungen haben Sie während der Einzelreflexion gemacht? Was ist Ihnen aufgefallen an sich selbst oder bezüglich der Inhalte, die Sie niedergeschrieben haben?« Hier hilft dem Befragten eine Denkpause, damit er zunächst in Ruhe überlegen und dann antworten kann. Er braucht das Gefühl, nun in Ruhe angehört zu werden. Dabei gehen wir auf das Gesagte ein, stellen unter Umständen **Konkretisierungsfragen**:

- Wie genau war das für Sie?
- Was bedeutet der Begriff xy für Sie genau?
- Welche Erfahrungen haben Sie mit Ihrem Umfeld gemacht, als Sie damals dem Hobby xy nachgegangen sind?
- Ach, Sie sind damals von Ihren Arbeitskollegen gelobt worden für Ihre Aktivität (welche auch immer). Was genau haben die Kollegen denn gesagt? (Als Trainer lassen wir keine Gelegenheit aus, den Kunden Lob über sich selbst aussprechen zu lassen. Positive Gedanken stärken sein Selbstwertgefühl, was sich unmittelbar auf sein körperliches Wohlempfinden auswirkt.)
- Welche Maßnahmen haben Sie sich überlegt? Wie genau kann die Umsetzung aussehen? Etc. Nun werden

die Fragen aus Schritt 2 auch mündlich gestellt und erörtert.

Zum Abschluss der gemeinsamen Arbeit erfolgt schließlich zum einen die Frage nach konkreten **Maßnahmen, zu denen wir als Trainer beitragen** können und wie aus Sicht des Kunden das Training danach gestaltet werden könnte, damit es noch effektiver zum formulierten Ziel führt. Zum anderen regt folgende Frage zum privaten Weiterdenken der gewonnen Erkenntnisse an: »Die übrigen Gedanken, die Sie sich gemacht haben, wie gehen Sie damit weiter vor? Wem erzählen Sie davon?«

■ Schritt 4

Vor dem Auseinandergehen ist die Bitte um eine **Rückmeldung des Kunden** zum Prozess und zur angebotenen Methode nochmals ein deutliches Signal der Wertschätzung. Zudem hilft es dem Trainer, sich bezüglich dieser ganzheitlichen Arbeitsweise weiterzuentwickeln. Die Frage danach könnte lauten: »Sehen Sie, Herr/Frau xy, wenn ich eine solche Reflexion anbiete, bin ich immer ganz gespannt, wie dies wohl auf meine Kunden wirkt. Wie war das für Sie? Mögen Sie mir dazu eine Rückmeldung geben?«

- Werden meine Kunden dies akzeptieren und annehmen?
- Wie viel Zeiteinsatz und Fortbildung werde ich brauchen, um verantwortungsvoll und mit einer guten Sicherheit ausgestattet ein solches Coaching anzubieten

Zusammenfassung

Durch die Aktivitäten eines gezielten Körpermanagements werden gleich mehrere Bedürfnisse von Menschen bedient: Gesundheit (Health), Wohlbefinden (Wellness) und Leistungsfähigkeit (Fitness), und zwar physisch wie psychisch. Empfinden Kunden diese Faktoren als ausgewogen, bilden sie stabile Säulen ihrer Identität. Die 1984 vom deutschen Psychologen Hilarion Petzold definierten fünf Säulen der Identität symbolisieren in einem Ressourcenmodell Energielieferanten gegen Stressempfinden. Ihre Erforschung durch den Kunden im Rahmen einer Selbstreflexion anhand eines Fragenkatalogs ist Teil der hier vorgestellten Coaching-Methode, die den Körpermanagement-Prozess wirksam unterstützen und Zufriedenheit sowie Wohlbefinden des Kunden fördern kann.

23.3 Fragen zur Selbstreflexion des Trainers

In den Kapiteln von ► Teil VI haben wir dem Leser einen tieferen Einblick in sein Spektrum an Möglichkeiten geben, seine Kunden in angemessener Weise auch psychologisch (nicht psychotherapeutisch) und mental zu begleiten. Entwickelt und vorgestellt wurde ein ergänzender Coaching-Ansatz, der durchaus tiefer geht, als es in vielen Büchern zum mentalen Training der Fall ist. Die nachfolgenden abschließenden Reflexionsfragen sollen dem Leser helfen, sich darüber klar zu werden, wie weit er in den psychologischen/mental Coaching-Bereich vordringen möchte, um sein Dienstleistungsspektrum im Interesse des Kunden, aber auch im Sinne seiner eigenen Positionierung am hart umkämpften Trainingsmarkt zu erweitern.

- Möchte ich mich als Trainer überhaupt in gesteigertem Maße an emotionale und psychologische Fragestellungen meiner Kunden herantasten?
- Bin ich in meiner Persönlichkeit bereit für einen solchen Schritt?
- Welche Fortbildung im psychologischen Coaching passt zu mir und würde mich ansprechen?
- Wie wird sich eine solche Abrundung meines Dienstleistungsangebots in meinen Arbeitsalltag einfügen?

Literatur

- Kames H (2011) Ein Fragebogen zur Erfassung der »Fünf Säulen der Identität« (FESI). Polyloge: Materialien aus der Europäischen Akademie für psychosoziale Gesundheit. Heft 18. Online abrufbar unter: <http://www.FPI-Publikationen.de/materialien.htm> (Zugriff: 15.11.2013)
- Petzold HG (1984) Vorüberlegungen und Konzepte zu einer integrativen Persönlichkeitstheorie. Integr Ther 10: 73–115

Service teil

Stichwortverzeichnis – 342

A

B

C

Stichwortverzeichnis

A

Abbruchkriterium der Belastung 170, 174, 186
 Acceptable Daily Intake (ADI) 223
 ACE-Hemmer 47
 Acetylcholin 39
 Acetyl-CoA 158
 Achillessehne 101
 Active Straight Leg Raise 113
 Adenosintriphosphat (ATP) 155
 ADH 37
 Adipokin 46
 Adipositas 45
 Adrenalin 35, 39, 42
 – Hormonwirkung 40
 adrenokortikotropes Hormon (ACTH) 35, 43
 aerobe Schwelle (AS) 166
 Afferenz 130
 Agatston-Score 59
 Agonist 89
 Aktin 85, 155
 Aktivierungsenergie 161, 236
 Aktivität, körperliche 217
 Akute-Phase-Protein 67
 Aldosteron 245
 Alkohol 247
 Alpha-Linolensäure (ALA) 228
 Alpha-Motoneuron 91, 130
 Alter, chronologisches vs. biologisches 53
 Alterszucker 277
 Alzheimer-Erkrankung 60
 Amaranth 276
 Aminosäuren
 – essenzielle 230
 anaerobe Schwelle 167
 Anamnese 52
 Anamnesebogen 17, 52
 Anerkennung 324
 Angiotensin 37
 Angiotensin-II-Rezeptor-Antagonist 47
 Anpassungsprozess 44, 76, 117, 165, 198
 Anpassungsreaktion, Gelenk 117
 ANP (atriales natriuretisches Peptid) 69, 245
 Ansatz für Verhaltensänderungen 17
 Ansatz, systemischer 317
 Anspannung-Entspannungs-Dehnen (AED) 128
 Antagonist 89, 91, 93, 130

antidiuretisches Hormon (ADH) 37, 165, 245
 Antioxidanzien 44, 243, 284
 – Supplementierung 235
 Antreiberhormon 199
 Anulus fibrosus 95
 App-Empfehlung 332
 Arachidonsäure 227, 228
 Arbeitsschutz 23
 Arbeitssicherheit 23
 Arbeitssicherheitsgesetz 23
 Arbeitssucht 7, 336
 Arbeitsumfeld 336
 Arbeitsunfähigkeitstag (AU) 6
 Arm 99
 Arterie 150, 151, 229
 arterielle Hypertonie, Ursache 46
 Arterienwand 46, 64
 Arteriosklerose-Risiko-Index 65
 arteriovenöse Sauerstoffdifferenz (avDO₂) 154
 Ascorbinsäure 238
 Atemgas 148, 150
 Atemgasmessung 172
 – Ausdauerleistungsfähigkeit 172
 Atemgaswert 172
 Atemminutenvolumen 148, 198
 Atemökonomie 198
 Atherosklerose 5, 67
 Atherothrombose 4
 Atkins-Diät 220, 272, 279
 Atlas 98
 Atmung 123, 148
 – Parameter 148
 Atmungskette 159
 ATP 155
 ATP-Homöostase 165
 ATP-Molekül 160
 Attribution, selbstwertdienliche 319
 Atwater-Faktor 216
 Aufbauprogramm
 – A10 vs. A24 125
 Aufbauprogramm A10 105
 Aufbauprogramm A24 105
 Ausatmung 148
 Ausdauer, Langzeit 158
 Ausdauerfähigkeit, Brutto-kriterium 154
 Ausdauerform 194
 Ausdauerleistungsfähigkeit
 – Diagnostik 169
 – Fahrradergometertests 174
 – Feldtests 187
 – Laufbandtests 186

Ausdauertraining
 – Anpassungsprozess 198
 – Kundenbeispiele 202
 – Methoden 195
 – Planung und Steuerung 193
 – richtige Intensität 76
 Ausfallschritt-Kniebeuge 112
 Auslassdiät 261
 AU-Tage 7, 84, 105
 Automatisierung 132
 AV-Knoten 151
 Axis 98

B

Ballaststoffe 223, 275
 Ballaststoffgehalt 287
 BAL-Test 174
 Bandscheibe 95
 Bandscheibenvorfall 96
 Basisparameter, Stoffwechselphysiologie 148
 Basistraining 118
 Bauchmuskulatur 97, 123
 Bauchspeicheldrüse 35
 Bauchumfangmessung 53
 Baunataler Rückenkonzept 104
 Beckengürtel 94
 Bein 100
 – Anheben des gestreckten 113
 Belastungs-EKG 58
 Belastungsherzfrequenz 154
 Belastungsparameter
 – Hypertrophietraining 119
 – intramuskuläres Krafttraining 119
 – Kraftausdauertraining 119
 Belohnungssystem 328
 Beratungssystem 317
 Betacarotin 236
 Betaoxidation 161
 Betaoxidation der Fettsäuren 161
 Betriebsärztlicher Dienst 23
 Betriebsrat 23
 Beurteilungsparameter 71
 Beweglichkeit 126
 Beweglichkeitseinschränkung
 – Messung 108
 Beweglichkeitstraining
 – Planung und Steuerung 116
 Bewegungsachse 93
 Bewegungsapparat
 – aktiver vs. passiver 83
 – einseitige Belastung 84

Bewegungsebene 93
 Bewegungsenergie 161
 Bewegungskoordination 110
 – Erlernen 131
 Bewegungsmangel 4
 Bewegungsmuster, komplexe 111
 Bewertungskriterium 177
 Bewertungsparameter 178
 BGM-Zyklus 21
 Bibel der Veganer 276
 bioelektrische Impedanzanalyse (BIA) 70
 Bioimpedanzanalyse 294
 Bio-Produkt 288
 Biotin 237
 Blaubeere 285
 Blausäure 245
 Blutbild
 – großes 62
 – kleines 62
 Blutbildung 238, 277
 Blutdruck 36, 294
 – Ausdauerleistungsfähigkeit 171
 – Entstehung 37
 – Messung und Normwerte 46
 – Regulation 37
 – systolischer vs. diastolischer 37
 Blutdruckmessung 56
 Blutdruckregulation 37, 38
 Blutfett 46, 62
 Blutgerinnung 66
 Bluthochdruck 45, 46
 Blutkreislauf 150
 Blut-Laktatmessung 166
 Blutparameter 235
 – Referenzwert 69
 – Referenzwerte 62
 Blutplasma, Gesamteiweiß 255
 Blut, sauerstoffarmes (venöses) 150
 Blut, sauerstoffreiches 150
 Blutuntersuchung 62
 Blutzuckerregulation 34
 Blutzuckerspiegel
 – Regulation 35
 BMFA der Wirbelsäule 107
 BNP (brain natriuretic peptide) 69
 Body-Food 283
 Body-Mass-Index (BMI) 56
 Brain-Food 284
 Brain-Food-Lebensmittel 286
 Brennwert, physiologischer 217
 Broca-Index 56
 Brustwirbelsäule 94

C

Calcitriol 239
 Check-up, Herz-Kreislauf-System 60
 Chlorid 240
 Cholesterin 229
 Cholesterin-Guidelines 65
 Cholesterinstoffwechsel 63
 Cholesterinsynthese, Hemmung 49
 Chrom 242
 CHRS-Methode 128
 Chylomikron 62
 Circuit-Training 122
 Cobalamin 238
 Conconi-Test 174, 176
 Cooper-Test 189
 Core-Training 123
 Crash-Diät 279
 C-reaktives Protein (CRP) 67
 Creeping-Effekt 128

D

DACH-Liga Homocystein 66
 D-A-CH-Referenzwert 232, 234
 – Alkohol 247
 Darmkrebsfrüherkennung 60
 Dauerleistungsgrenze 296
 Dauermethode, extensive, intensive und variable 195
 Dauermethode, intensive 195
 Dauermethode, variable 195
 Deep Squat 112
 Dehnbarkeit, Muskel 90
 Dehnen, dynamisches vs. statisches 127
 Dehnübung 126
 Dehnungsreflex 91, 127
 Dehnungsreiz 38
 Dehnungsrezeptor 91
 Dehydroepiandrosteron (DHEA) 43
 Demenz 60
 Densitometrie, Körpergewebeanalyse 70
 Depression 5, 318
 DHEA 43
 Diabetesmanagement, Goldstandard 68
 Diabetes mellitus 45, 48
 – Früherkennung 59
 – kardiovaskuläre Risikofaktoren 48
 Diabetes Typ 2 45
 – im Kindesalter 277
 Diabetikerzucker 222
 Diagnostik, Istwert-Bestimmung 17
 Diastole 37, 151

Diät, fettarme 279
 Diät, fettreduzierte 278
 Diätkonzept 221
 Diätverordnung 222
 Differenzierungsfähigkeit 133
 DIN SPEC 91020 20
 Disaccharid 219
 Discus intervertebralis 95
 Diskus 93
 Distress 41
 Docosahexaensäure (DHA) 228
 Dopamin 42, 328
 Druck, diastolischer 37
 Druck, systolischer 37
 Durchhaltevermögen 324
 Durst 246
 Durstgefühl 37
 Dynavit-Wert 170, 178
 Dysbalance, Bewegungsapparat 84
 Dysbalance, energetische 45
 Dysbalance, muskuläre 93, 104
 Dystonie, vegetative 60

E

Ebene, psychologische 332
 Effektor 130
 Efferenz 130
 Eikosanoide 227
 Eikosapentaensäure (EPA) 228
 Einatmung 148
 Einbeinstand 110
 Einfachzucker 34, 219
 Eingangstest 170
 Einheit, motorische 88
 Einsatztraining 118, 120
 Einschränkung, funktionelle – der Flexibilität 126
 Einzelcoaching 332
 Einzelreflexion 337
 Eisen 234, 242, 245
 – Referenzwerte 255
 Eiweiß 148
 Eiweißangebot 220
 Eiweißangebot, hochwertiges 283
 Eiweißaufnahme 275
 Eiweißbedarf 232, 283
 – erhöhter 233
 – täglicher 232
 Eiweißdiagnostik 255
 Eiweißlieferant 279
 Eiweißquelle 234, 284
 Eiweißsättigungswirkung 279
 Eiweißstoffwechsel 231
 Eiweißsupplementierung 233
 Eiweißversorgung 233, 272

EKG 58
 EKG des Rückens 104, 105
 EKG-Diagramm 151
 Elastizität 37, 90
 – Muskel 90
 Elektrokardiogramm (EKG) 58, 151
 Elektromyostimulation (EMS) 121
 Elektronentransportkette 243
 Eliminationsdiät 261
 Ellenbogengelenk 99
 Emotion 199, 328
 Emotionalisierung 328
 Emotion, soziale 324
 EMS-Training 121
 Energie 148
 Energiebedarf 119, 267
 Energiebehälter 338
 Energiebereitstellung 39, 155, 156, 161
 Energiebereitstellung, anaerob-laktazide 167
 Energiebereitstellung, glykolytische 156
 Energiebereitstellung, oxidative 156, 167
 Energiebereitstellung, oxidative vs. glykolytische 157, 162
 Energiebereitstellungsmechanismus 166
 Energiedichte 271, 280
 Energiegehalt, physiologischer vs. physikalischer 216
 Energiegesamtbilanz
 – Zellatmung 161
 Energiegewinn 157
 Energiegewinnung 36
 Energielieferant gegen Stressempfinden 337
 Energiereserve 224
 Energiespender 338
 Energiestoffwechsel 148
 Energieträger 34
 Energieversorgung 34, 198
 Entzündungsmarker (CRP) 67, 222, 306
 Enzymwirkung 40, 236
 EPIC-Studie 248, 266, 288
 Equipment
 – Empfehlungen 332
 Erfolgserfahrung
 – Dokumentation 332
 Erfolgsmotivation 319
 Erfolgszuversicht 323
 Ergebnisse zur Trainingsgestaltung 17
 Ergometrie 17
 – Labortest 182
 Ermüdungswiderstandsfähigkeit
 – Verbesserung 194

Ernährung, gesunde 218, 266
 Ernährungsdiagnostik 253
 Ernährungsmanagement
 – praktische Beispiele 293
 Ernährungsoptimierung 17
 Ernährungsplanung 319
 Ernährungsprotokoll 254
 Ernährungssoftware 254
 Ernährungssoftware DGE-PC professional 297
 Ernährungstraining 265
 Erythrozyt 68, 150, 165
 essenzielle Hypertonie 46
 Essteller, gesunder 270
 European Prospective Investigation Into Cancer and Nutrition-Potsdam Study 288
 Eustress 41
 evidenzbasierte Medizin (EBM) 78
 Evidenzklassen Ia–IV 78

F

Facettengelenk 94
 Facettensyndrom 104
 FADH₂ 160, 162
 Fähigkeit, koordinative 132
 Fahrradergometer
 – Umrechnung von Leistungen 182
 Fahrradergometertest 174
 Fahrradergometrie 170, 174, 178
 Faktor, leistungsbestimmender 194
 Fall-Stab-Test 110
 Fascial Refinement 129
 Fascial Release 129
 Fascial Stretch 129
 Faser, extrafusale 91
 Faser, intrafusale 91
 Faserknorpelscheibe 100
 Fast-Twitch-Faser 87
 Faszie 89
 – Elastizität 90
 Faszientraining 128, 129
 – Prinzipien 129
 Feinmotorik 132
 Feldtest 170
 – Ausdauerleistungsfähigkeit 187
 Ferritin 67, 242, 255, 259
 Ferritinspiegel 255
 Fett 220
 Fettsäureanreicherung
 – hüftbetonte 46
 – stammbetonte 46

Fette 223
 – chemische Struktur 224
 – tierische Herkunft 227
 Fetteinsparung 278
 Fettgewebe 36
 – Botenstoffe 46
 Fettleber 222
 Fettqualität 225
 Fettsäure
 – Aufschlüsselung 299
 – freie 63
 – Verteilung 306
 Fettsäure, einfach ungesättigte 227
 Fettsäure, gesättigte 227
 Fettsäure, gesättigte vs. ungesättigte 224
 Fettsäure, mehrfach ungesättigte 227
 Fettsäureoxidation 155, 158, 161
 Fettsäure, ungesättigte 227
 Fettstoffwechsel 224, 242
 Fettstoffwechselstörung 4, 275
 Fettstoffwechseltraining 158
 Fetuin-A 46
 Fibrinogen 66, 67
 Finanzierung 21
 Five a Day 274
 Fleischersatzprodukt 276
 Fleisch, mageres 232
 Fleisch, rotes vs. weißes 270
 Fleischzufuhr
 – Verringerung 306
 Flexibilität 7, 126
 Fluor 234
 Folgeuntersuchung 19, 187
 Folsäure 66, 234, 238
 Folsäuremangel 238
 Folsäuresubstitution 235
 Fortbildung 339
 Fortgeschrittene 119
 FPZ-Konzept 104, 105, 124
 – 3 Säulen 105
 Frageform 322
 Framingham-Studie 10
 free radical diseases 44
 Freiburger Intervallmethode 197
 Frequenzierung 119
 Fruchtzucker 35
 Fruktose 35, 219, 222
 Fruktose-1,6-diphosphat 156
 Fruktose-Glukose-Sirup 219
 Fruktoseintoleranz 223
 FT-Faser 87
 FT-Fasern, Rekrutierung 198
 Functional Movement Screening (FMS) 111
 Fünf am Tag 235, 274

Funktionsanalyse, biomechanische 114
 – der Wirbelsäule (BMFA) 105
 – Wirbelsäule (BMFA) 138
 Fuß 101
 Fußmuskel 101

G

Gamma-Schleife 91
 Gasaustausch 150, 198
 Gefäßneubildung 165
 Gelenk 89, 93
 – Anpassungsreaktionen 117
 – Arbeitssektor 94
 – Neutral-Null-Position 94
 Gelenkbeweglichkeit, physiologische 116
 Gelenkentzündung 306
 Gelenkhöhle 93
 Gelenkigkeit 126
 Gelenkkapsel 93
 Gelenkscheibe 93
 Gelenkschmiere 93
 Gelenkspalt 93
 Gelenkspiel 93
 Gelenkstellung 127
 Gelenkstruktur 91
 Gelenktyp 93
 Gelenkverbindung 98
 Gesamtcholesterin 57, 64
 – Referenzwert 64
 Gesamteiweißkonzentration 255
 Gesamtenergiebedarf 218
 Gesamtenergieumsatz 217
 Gesamtenergiezufuhr 268
 Geschäftsleitung 10, 21, 22
 Gesetz, biologisches 33
 Gesicht 98
 Gesprächsführung 322
 Gesundheitsförderung 76
 Gesundheitsförderung, betriebliche 20, 108
 Gesundheitsförderungsleistung 9
 Gesundheits-Krankheits-Kontinuum 11
 Gesundheitsmanagement, betriebliches 20
 Getränk, kalorienreiches 247
 Gewebeghormon 227
 Gewebeghormon Renin 37
 Gewichtsmanagement 280
 – Tipps 282
 Gewichtsreduktion 47, 233, 306
 – Methoden 278
 Gewichtsreduktionsplan 281
 Ghrelin 279
 Gicht 233

Gleichgewichtsfähigkeit 110, 132
 Globulin 231
 Glücksgefühl 328
 Glückshormon 199
 Glukagon 35, 220
 Glukose 156, 219
 Glukosebedarf 284
 Glukosebedarf, täglicher 220
 Glukosekonzentration 35
 Glukosemangel 284
 Glukoseoxidation 155
 Glukoserezeptor 35
 Glukosetoleranztest, oraler (oGTT) 48, 59
 Glukosetransport 197
 Glukosetransporter (GLUT4) 36
 Glukoseversorgung 284
 Glukosezufuhr 284
 glykämische Last (GL) 221
 glykämischer Index (GI) 220
 Glykogen 35
 Glykogenolyse 35, 47
 Glykogenreserve 283
 Glykogenspeicher 198, 283
 Glykolyse 156
 Glyx-Diät 221, 279
 Glycerin 161, 220
 Glycerinaldehyd-3-phosphat 157
 Glycerinmolekül 224
 Golgi-Rezeptor 91
 Golgi-Sehnenorgan 91
 Grobkoordination 131
 Grundformel, methodische 134
 Grundstimmung, emotionale 199
 Grundumsatz 217
 GTP 160
 Guanosintriphosphat 40
 Guideline Daily Amount (GDA) 220
 Guidelines der ESC 64
 Gütekriterium, wissenschaftliches 52, 170
 Gute-Laune-Hormon 255

H

Halsmuskulatur 98, 106
 Halswirbelsäule (HWS) 94, 98
 Hämoglobin 150
 – Sauerstoffbindungseigenschaft 165
 Hämoglobingehalt 198
 Hämoglobin HbA1c 68
 Handlungsstrategie 328
 Harnsäure 233, 306
 Harnsäureanstieg 306
 Hauptbewegung 93
 HDL-Cholesterin 229

HDL (high density lipoprotein) 63
 Heimatsystem 317
 Hemmer der Cholesterinsynthesenzyme 49
 Hemmung, autogene 93
 Hemmung, reziproke antagonistische 91
 Herz 150
 – Gewicht und Größe 153
 Herzerkrankung, ischämische
 – Prävention 78
 Herzfrequenz 186
 – Einfluss des Sympathikus 152
 Herzfrequenz (HF) 152, 153
 – Ausdauerleistungsfähigkeit 171
 – maximale 77
 Herzfrequenz in Ruhe 153
 Herzfrequenz-Leistungskurve 163
 Herzfrequenzmesser, elektronische 56
 Herzfrequenzrichtwert 182
 Herzfrequenzwert
 – Messung 171
 Herzgröße 153
 Herzinfarkt 85, 207
 – Risikofaktoren 5
 Herzinfarkthäufigkeit 5
 Herzinfarktrisiko nach ESC-Richtlinie 57
 Herzinsuffizienz 69
 Herzkatheteruntersuchung 58
 Herzkrankheit, koronare
 – Rückgang 266
 Herzkranzgefäß 151
 Herz-Kreislauf-Diagnostik 58
 Herz-Kreislauf-Erkrankung 4, 12, 228, 248, 266
 – Früherkennung 61
 – individuelles Risiko 57
 – Rehabilitation 78
 Herz-Kreislauf-Funktion 210
 Herz-Kreislauf-Schutzfaktor 64
 Herz-Kreislauf-System, Parameter 154
 Herzminutenvolumen 153
 Herzmuskelfaser 198
 Herzmuskelhypertrophie 198
 Herzratenvariabilität (HRV) 152
 Herzrhythmus 151
 Herzrhythmusstörung 240, 241
 Herzzeitvolumen 37
 Herzzeitvolumen, maximales 198
 Heterostase 33
 High-Intensity-Intervall-Training 196
 High-Intensity-Training 196
 Hilfflosigkeit, erlernte 318

His-Purkinje-System 151
 HIT-Methode 196
 Hollmann-Test 170
 Hollmann-Venrath-Test 174
 Homocystein 66, 237
 – atherogene Wirkung 66
 – Referenzwert 66
 Homöostase 33
 Hormon 199
 Hormon, adrenokortikotropes (ACTH) 35
 Hormon, antidiuretisches (ADH) 165, 245
 Hormon, glandotropes 35
 Hormon-Rezeptor-Komplex 40
 Hormonstatus 62
 Hormonwirkungsmechanismen 40
 HRV (Herzratenvariabilität) 152
 Hüftgelenk 100
 Hüftumfang 53
 Hungerhormon 279
 Hungersignal 279
 Hurdle Step 112
 hydrostatisches Wiegen 70
 Hyperhomozysteinämie 66
 Hyperinsulinämie 5, 45
 Hyperkaliämie 240
 Hyperlipoproteinämie 5, 45, 49
 – Mechanismen 49
 Hyperproteinämie 260
 Hypertonie 45, 46
 – Behandlung nach ESC-Richtlinie 47
 – Endorganschäden 46
 Hypertonie, arterielle 5
 Hypertonie, renale 37
 Hypertrophie
 – Herzmuskel 198
 Hypertrophietraining 123
 – Belastungsparameter 119
 Hypokaliämie 240
 Hypoproteinämie 255
 Hypotonie 56

I
 Identifikation 336
 Identifizierung 336
 Identität 336
 Identitätsbereich 337
 Identitätserleben 337
 IFTB-Test 174
 IgG-Diagnostik 260
 IIA-Faser 87
 IID-Faser 87
 IK-Training 119
 Iliosakralgelenk (ISG) 100
 Immunglobulin 231, 260
 Immunglobulin-G-Test 260

Immunsystem 67, 231
 – positive Veränderungen 199
 Impedanzanalyse, bioelektrische (BIA) 70
 Index, glykämischer 220
 – hoher 271
 – niedriger 283
 Infrarotmessung 70
 In Line Lunge 112
 Insulin 35, 36, 220
 Insuline-like Growth Factor 1 (IGF-1) 276
 Insulinempfindlichkeit 277
 Insulinkofaktor 242
 Insulinreflex 223
 Insulinresistenz 45, 274
 Insulinresistenz, ausgeprägte 277
 Insulinresistenz, gestörte 49
 Insulinrezeptor 35
 Intervallmethode, extensive 196
 Intervallmethode, intensive 196

J
 Jod 234, 242
 Jodsalz 277
 Jojoeffekt 233, 279

K
 Kalipermethode 70
 Kalium 240
 Kalorienbedarf 268
 Kalorienbedarf, täglicher 279
 kalorienfrei 217
 Kaloriengehalt, Bestimmung 216
 Kalorien, leere 219
 Kalorienverbrauch, pro Minute 218
 Kalorienzufuhr, tägliche 248
 Kalzium 234, 241
 Kalziumantagonist 47
 Kalziumion 39
 Kalziumkanalblocker 47
 Kalziumquelle 241
 Kalziumresorption 241
 Kalziumscore 59
 Kalziumzufuhr, empfohlene 277
 Karotispuls 56
 Katecholamin 39, 42, 285
 KHK
 – Risikofaktor 66
 Kieser-Training 104
 KiGGS-Studie 4
 Kilojoule (kJ) 216

Kilokalorie (kcal) 216
 Kinder, übergewichtige 4
 Kniebeuge 112
 Kniegelenk 100
 Kniesehnenreflex 92
 Knochenschwund 104
 Kochsalz 240
 Koenzym 236
 Koenzym A 237
 Koenzym Q10 239
 Koenzym, wasserstoffübertragendes 237
 Kofaktor 66
 – Insulin 242
 Kognition 328
 Kohärenzsinn 11
 Kohlenhydrat 34, 219
 Kohlenhydrateinschränkung 278
 Koloskopie 61
 – virtuelle 61
 Kommunikation 21
 Kommunikationskompetenz 330
 Kommunikation von Maßnahmen 27
 Kompensation, metabolische 164
 Kompensation, respiratorische 164
 Kompensationsmechanismus 164
 Kompensationspunkt, respiratorischer (RCP) 172
 Kompliment 333
 Kontraktion, Muskelfasern 155
 Kontraktion, isometrische 88
 Kontraktion, isotonische 89
 Kontraktionsform 88
 Konzentrationsfähigkeit 43
 Kooperationspartner 312
 Koordination, diagnostische Verfahren 109
 Koordination, intermuskuläre 119
 Koordination, inter- und intramuskuläre 127
 Koordinationsfähigkeit
 – Komponenten 132
 – methodische Grundformel 134
 Koordinationsfähigkeit, neuromuskuläre 198
 Koordinationsparameter 114
 Koordinationsprüfung, motorische 110
 Koordinationstraining
 – Planung und Steuerung 129, 132
 Kopf 98
 Kopfgelenk, oberes 98
 Kopfgelenk, unteres 98

Koppelungsfähigkeit 133
 koronare Herzerkrankung, Prävention 76
 koronare Herzerkrankung (KHK) 64
 Körperachse 93, 105
 Körperebene 93
 Körperfett, physiologische Bedeutung 224
 Körperfettbestimmung, Infrarotmessung 70
 Körperfettmasse 126
 Körpergewebeanalyse 70, 72, 294
 Körpergröße 53
 Körperhaltung 97
 Körperhaltung, selbstbewusste 328
 Körperkreislauf 151
 Körpermanagement 137, 280
 – Definition 16
 Körpermanagement-Prozess 17
 Körpermanagement-Strategie 52
 Körpervene 150
 Körperwahrnehmung 336
 Kortex, präfrontaler 328
 Kortisol 36, 43, 63
 Kortisolproduktion 43
 Kost, kohlenhydratarme 279
 Kost, kohlenhydratreiche 283
 Kost, mediterrane 267, 271
 Kost, purinarmer 306
 Kraft(ausdauer), Messung 108
 Kraftausdauer 117
 – ausgewählter Muskelgruppen 108
 Kraftausdauerfähigkeit 118
 Kraftausdauertraining
 – Belastungsparameter 119
 Kraftausprägung 117
 Kraftmaschinenstraining 124
 Krafttraining
 – Erholungszeiten 118
 – erste Phase 119
 – Häufigkeit und Intensität 118
 – Planung und Steuerung 116, 123
 – Prinzipien 118
 – richtige Intensität 77
 Krafttraining, differenziertes 119
 Krafttraining, hartes 119
 Krafttraining, intramuskuläres (IKT) 119
 Krafttraining, konventionelles 121
 Krafttraining, sanftes 119
 Krafttrainingsmaschine 108
 Krafttrainingsprozess 117
 Kreatinphosphat 155

Krebserkrankung 248
 Krebsfrüherkennung 60
 Kreistraining 122
 Kreuzbein 94
 Kugelgelenk 98
 Kunde, Selbstbild 318
 Kupfer 242, 243
 Kurzzeitausdauer 194

L

Labortest 170, 190
 Lactormon 165
 Laktat 155, 162, 165
 – Austausch 163
 – physiologische Nebenwirkungen 165
 Laktatanstieg 237
 Laktatazidose 162
 – Kompensationsmechanismen 164
 Laktatdiagnostik 48, 174
 Laktatkonzentration 162
 Laktatmessung 164, 174
 – Ausdauerleistungsfähigkeit 171
 Laktatmolekül 162
 Laktatproduktion 158, 163
 Laktat-Release 164
 Laktat-Shuttle-Mechanismus 164
 Laktat-Steady-State, maximaler 167
 Laktat-Stufentest 163
 Laktattoleranz 196
 Laktat-Uptake 164
 Laktatverteilung 163
 Laktatwert 163
 Langzeitausdauer 194
 Last, glykämische 221
 Laufband-Stufentest 207
 Laufbandtest 186
 Lauftest 187
 LDL-Cholesterin 229
 LDL (low density lipoprotein) 63
 Lebensmittel, kaliumreiche 240
 Lebensmittelpyramide 267
 Lebenssinn 337
 Leistungsfähigkeit
 – Parameter 148
 Leistungsmotivation 319
 Lendenwirbelsäule 94
 Leptin 46, 279
 Liegestütz 113
 Lipolyse 35, 39, 47, 161
 Lipoprotein 49, 62
 Lipoprotein (a) 65
 LOGI-Diät 221
 Low-Calorie-Food 277
 Low Carb 271, 278

Low Fat 271
 Low-Fat-Diät 278
 Lumbago 96
 Lungenkreislauf 151
 Lungenvene 150
 Lymphozyt 199

M

Magnesium 241, 242
 Magnesiumpräparat 241
 Makronährstoff 217, 218, 219
 Mangan 242, 243
 Maßnahmenumsetzer, BGM-Zyklus 21
 Maximalkraft 117, 119
 Maximalkraft, isometrische 105
 Maximalkrafttraining 87, 119
 MCT1 165
 MCT4 165
 MCT-Protein 164
 MCT-Transportprotein 165
 Medizin, evidenzbasierte (EBM) 78
 Membran
 – Elastizität 227
 Membranfluidität 227
 Meniskus 93, 100
 Merkfähigkeit 43
 Mesozyklus 209
 Messung der Kraftausdauerleistung 108
 metabolisches Syndrom 45
 Methionin 66
 Mikronährstoff 218, 234
 – Diagnostik 255
 – Serumkonzentration 254
 – Überschuss 234
 Milchsäure 164, 165
 Milchsäureazidose 164
 Mineralstoff 240
 Misserfolg 323
 Misserfolgsmotivation 319
 Mitochondrienmembran 160
 Mitochondrium 157, 158, 198
 Mittelzeitausdauer 194
 Monocarboxylat-Transporter (MCT) 164
 Monosaccharid 219
 Montignac-Diät 221
 Morbus Bechterew 104
 Motivation 301, 328
 – Testperson 189
 Motivation, nachhaltige 316
 Motivationsdefizit 317
 Motivationsfaktor 178
 Motivationskompetenz 330
 Motivationspotenzial 318
 Motivationsprozess 328
 Motivationsprozess, Rubikon-Modell 329

Motivationssystem 328
 Motivator 331
 Muskel
 – Längen- und Spannungsmessung 91
 – mechanische Eigenschaften 90
 Muskelansatz 89
 Muskelantagonismus 89
 – Prinzip 93
 Muskularbeit 147
 Muskularbeit, dynamische 89
 Muskularbeit, exzentrische 119
 Muskularbeit, konzentrische 119
 Muskeleiweiß 87
 Muskelfaser
 – Eigenschaften 87
 – Kontraktion 155
 Muskelfasertyp 87, 121
 Muskelfaszie 85
 Muskelfleisch, rotes 270
 Muskelhypertrophie 117
 Muskelkater 120, 162
 Muskelkontraktion, Formen 88
 Muskellänge 126
 Muskelmasse 126
 Muskelspindel 91
 Muskelstimulation, elektrische (EMS) 121
 Muskeltonus 88
 Muskel- und Skelettsystem 8
 Muskelursprung 89
 Muskelverkürzung 126
 Muskelwachstum 119
 Muskulatur 85
 – Hypertrophie 119
 Muskulatur, intervertebrale 98
 Muskulatur, quergestreifte 85
 Muskulatur, wirbelsäulenstabilisierende 105, 114
 Myosin 87

N

NADH 157, 237
 Nährstoff
 – Kaloriengehalt 217
 – physiologischer Brennwert 216
 Nährstoffaufnahme
 – Analyse 254
 Nährstoffbalance 266
 Nährstoffe
 – Laboruntersuchungen 254
 Nährstoff, essenzieller 219
 Nährstoff, nichtessenzieller 219
 Nährstoffverlust, verdauungsbedingter 216

Nährstoffzufuhr
 – D-A-CH-Referenzwerte 255
 Nahrung, hochkalorische 280
 Nahrungsergänzungsmittel 234
 Nahrungsfett 161, 224
 Nahrungsmittelallergie 260
 Nahrungsmittel, diätetisches 227
 Nahrungsmittel, naturbelassene 273
 Nahrungsmittelenverträglichkeitstest 260
 Natrium 240
 Natriumchlorid 240
 natriuretische Peptide 69
 Nebengütekriterium 52
 Nervensystem, sympathisches und parasympathisches 39
 Netzwerksignal, transkriptionales 165
 Neuron
 – Plastizität 285
 Neuron, präganglionäres vs. postganglionäres 38
 Neurotransmitter 39, 285
 Neutralfett 62
 Neutral-Null-Methode 108
 Neutral-Null-Position
 – Gelenk 94
 Niacin 237
 Nitrosamine 270
 Noradrenalin 39, 42, 199
 Nucleus pulposus 95
 Nulldiät 148
 Nützlichkeit 52

O

Objektivität 52
 Ohm-Widerstand 70
 Okay-Grundhaltung 316
 Ökonomie 52
 Öle 223
 Omega-3-Fettsäure 65, 228, 289
 Omega-3-Index 65
 Omega-6-Fettsäure 65, 227, 289
 Omega-Fettsäure 62, 227
 ONQI-Wert 287
 Orientierungsfähigkeit 133
 Orthomolekularmedizin 254
 Osteoporose 60, 104, 241
 Ovoktavegetarier 276
 Oxalacetat 159
 Oxidation von Ketonkörpern 34

P

Paläodiät 273
 Pantothenäure 237
 Parameter
 – Leistungsfähigkeit 148
 – Vitalkapazität 149
 Parameter, objektiver 170
 Parameter, subjektiver 170
 Parasympathikus 39, 153
 – Herzfrequenz 152
 PCA3 61
 Periodisierung 19
 Personalbereich 22
 Persönlichkeitsarbeit 312
 Pflanzenfarbstoff 244
 Pflanzenkost
 – Eiweißgehalt 276
 Pflanzenstoff, sekundärer 44, 244
 Pfortadersystem 151
 Phosphat 241
 – energiereiches 155
 Phosphatverbindung, energiereiche 155
 Phosphorylierung 155
 Phosphorylierung, oxidative 160
 Phyllochinon 239
 Physical Activity Level (PAL) 217
 Phytamin 244
 Phytinsäure 245
 Pilates 123
 Plantarsehne 101
 Plastizität 90
 Polypeptidkette 87
 Praktikabilität 52
 Präsentismus 8
 Präventionsleistung 9
 Prävention, weiterführende 125
 Pressorezeptorenreflex 37
 Prinzip der ansteigenden Belastung 18
 Prinzip der individualisierten Belastung 18
 Prinzip der Periodisierung 19
 Prinzip der richtigen Belastungsfolge 18
 Prinzip der Überkompensation 33
 Prinzip der variierenden Belastung 18
 Prinzip des optimalen Verhältnisses von Belastung und Erholung 19
 Prinzip des trainingswirksamen Reizes 18
 Prophezeiung, selbsterfüllende 319
 Prostaglandine 224

prostataspezifisches Antigen (PSA) 61
 Proteine 230
 – biologische Wertigkeit 232
 Proteinversorgung 275
 Puddingvegetarier 277
 Pulsmessung 56
 Push Up 113
 PWC-Wert 177
 Pyridoxin 237
 Pyruvat 157, 162

Q

Quinoa 276
 Quorn 269, 276
 Quotient, respiratorischer (RQ) 155

R

RAAS-Kaskade 37
 Radialispuls 56
 Radikalfänger 44, 238
 Radikal, freies 43
 Raucher-Check-Up 61
 reactive oxygen species 43
 Reafferenz, bewegungssteuernde 130
 Reaktanz 70
 Reaktionsfähigkeit 133
 – Fall-Stab-Test 110
 reaktive Sauerstoffspezies 43
 Reaktivkraft 117
 Rebound Elasticity 129
 Re-Check 19, 202
 Rechtecklauf 182
 Redoxsystem 160
 Reduktionsäquivalent 157, 160
 Reduktionsprogramm 289
 Referenzwert 62, 108
 Referenzwert, starrer 65
 Reflexbogen 131
 Reflexionsfragen 339
 Reflexionsmethode 337
 Regelkreis, äußerer und innerer 130
 Regelkreis, biologischer 32
 Regelkreis der Trainingssteuerung 18, 116
 Regenerationsfähigkeit 296
 – Herzfrequenz 171
 Regenerationszeit, Abhängigkeit von Belastungsintensität 120
 Reiz, biochemischer 11
 Reizdarm 261
 Reizschwelle 4
 Reiz, überschwelliger 18, 32
 Rekrutierung 119

Reliabilität 52
 Renin 37
 Renin-Angiotensin-Aldosteron-System 37
 Renininhibitor 47
 Renshaw-Zelle 91
 Ressourcenmodell, fünf Säulen der Identität 335
 Ressourcen-Stressoren-Test 24
 Restvolumen 148
 Restvolumen, ex- vs. inspiratorisches 148
 Retinol 236
 Rhythmisierungsfähigkeit 133
 Riboflavin 237
 Rippe 94
 Rippenpaar 94
 Rippen-Wirbel-Gelenk 94
 Risikofaktor 10, 62, 65
 – KHK 66
 – Triglyzeride 65
 Risikofaktorenmodell 10
 Risikofaktor, psychosozialer 104
 Risikogruppe 64
 Rollenverständnis, ganzheitliches 316
 ROS 43
 Rotary Stability 113
 Rotationsstabilität 113
 Rotatorenmanschette 99
 RQ (respiratorische Quotient) 155
 Rubikon-Modell 329
 Rückenmuskulatur 97, 123, 124
 Rückenmuskulatur, obere 84
 Rückenschmerz 5
 – Behandlungskosten 5
 Rückenschmerz, akuter 104
 Rückenschmerz, chronischer 123
 Rückenschmerzpatient 105, 137
 Rückmeldung, zum Ablauf dieser Trainingsanalyse 324
 Ruhe-Herzfrequenz 77
 Ruhepuls 171
 – Anstieg 56
 Ruhepulsmessung 153
 Rumpfmuskulatur 97

S

S3-Check 109
 Saccharose 219
 Salutogenesemodell 10, 11
 Salz der Milchsäure 155
 Sarkomer 85
 Sättigung 279
 Sättigungsantwort 221
 Sättigungsbeilage 278

Sättigungsgefühl 46, 223, 247
 Sättigungshormon 222
 Sättigungszentrum 280
 Sauerstoff 147, 148
 Sauerstoffaufnahme-fähigkeit, maximale 178, 189
 Sauerstoffaufnahme-kapazität, maximale (VO₂ max) 154
 Sauerstoffausnutzung 154
 Sauerstoffbedarf
 – Herzmuskel 47
 Sauerstoffbindungseigenschaft
 – Hämoglobin 165
 Sauerstoffdefizit 155
 Sauerstoffdifferenz, arterio-venöse (avDO₂) 154
 Sauerstoff, erhöhter 119
 Sauerstoffmangel im Gewebe 165
 Sauerstoffspeicherung 231
 Sauerstoffspezies, reaktive 43
 Sauerstofftransport 150, 194, 231
 Sauerstofftransportkapazität, verminderte 77
 Sauerstoffversorgung, Herz 151
 Säulen der Identität 336
 Schädel 98
 Scharniergelenk 99
 Scheindiät 261
 Scheinwiderstand, kapazitärer 70
 Schilddrüse 242
 Schilddrüsenhormon 230, 240
 Schilddrüsenstoffwechsel 243
 Schilddrüsenuntersuchung 60
 Schlagvolumen, maximales 198
 Schlagvolumen (SV) 154
 Schlingentraining 124
 Schmerzchronifizierung 104, 105
 Schnelligkeitsausdauer 194
 Schnellkraft 117
 Schriftlichkeit 338
 Schritt über Hürde 112
 Schulterbeweglichkeit 112
 Schultergelenk 99
 Schultergürtel 97, 99
 Schutzfaktor 65
 Schwammmodell 117
 Schweinehund, innerer 120, 312
 Schwelle, aerobe (AS) vs. individuelle anaerobe (IAS) 166
 Schwelle, anaerobe 176
 Schwelle, ventilatorische 172
 Sedentary Death Syndrome 4
 Sehne 90, 231
 Sehnenfaser 91
 Sehnenorgan 91
 Sehnnenscheide 90
 Sehnen-spindel 91

Seitan 269, 276
 Selbstabwertung 316
 Selbstbejahung 318
 Selbstbewusstsein 316
 Selbstbild 318
 Selbstbild, negatives 319
 Selbstbild, positives 319
 Selbstreflexion 317
 – Kunde 338
 – Trainer 339
 Selbstvertrauen 316, 318
 Selbstwertempfinden, geringes 322
 Selbstwertgefühl 318, 324
 Selbstwirksamkeit 318
 Selen 243, 284
 Serotonin 199, 255
 Serumkonzentration, Mikro-nährstoffe 254
 Shoulder Mobility 112
 Signalmolekül 165
 Silizium 244
 Sinn im Leben 337
 Sinusknoten 151
 – Hemmung 47
 Sitzposition 98
 Skelettsystem 84
 Slow-Twitch-Faser 87
 SMART-Formel 323
 SMART-Regel, Zielformulierung 323
 Solanin 245
 Spalt, synaptischer 39
 Speicherfett 161
 Spinalstenose 104
 Spiroergometrie 48, 155, 172, 174, 178
 – Parameter 173
 – Vorteile 173
 Splitttraining 122
 – Prinzipien 122
 Sporternährung 283
 Sprunggelenk, oberes 101
 Sprunggelenk, unteres 101
 Spurenelement 240, 242
 Statin 49, 240
 Stationstraining 122
 Steinzeiternährung 273
 Stellreflex 131
 Steuerhormon des Hypophysenvorderlappens 35
 Steuerkreis Gesundheit 22
 – Akteure 22
 Stevia 223
 ST-Faser 87
 ST-Fasern, Rekrutierung 198
 Stimulation, neuromotorische – Muskelfasertypen 164
 Stoff, antinutriver 245
 Stoff, bioaktiver 218
 Stoffwechseldiagnostik 58
 Stoffwechselphysiologie 148

Stoffwechselrate, basale 217
 Stolz als Motivator 324
 Stressachse 43
 Stressempfinden 337
 Stresshormon 199
 Stressor 11, 41
 Stress, oxidativer 44
 Stressreaktion 41, 198
 Stretching 126, 127
 Stufentest 207
 Support 338
 Süßstoff 222
 Süßstoff, synthetischer 223
 Sympathikus 39
 – Herzfrequenz 152
 – Stressreaktion 42
 Synapse 39
 – Plastizität 285
 synaptischer Spalt 39
 Synchronisation, innere und äußere 312
 Syndrom, metabolisches 5, 45, 294
 Synergist 89
 System, extrapyramidales 131
 System, pyramidales 131
 Systole 37, 151

T

Tailenumfang 53, 248
 Testparameter
 – Aussagekraft 170
 Thermogenese, postprandiale 217
 Thiamin 237
 Thyroxin 240
 Titin 85, 90
 – Eigenschaften 94
 Tocopherol 239
 Tod auf dem Bürostuhl 4
 Todesursache Nr. 1 12
 Tofu 232, 269, 276
 Training an Kraftmaschinen 124
 – Vorteile 124
 Trainingsanalyse, systemisch geprägte 324
 Trainingsdosis, richtige 76
 Trainingsgestaltung, Prinzipien 18
 Trainingsherzfrequenz (THF) 77
 Trainingsinhalt 19, 138
 Trainingsintensität 165
 Trainingsintensität, richtige 76
 Trainingsmittel 19
 Trainingsorganisation 122
 Trainingsplanung 138
 – Evidenzbasierung 78
 Trainingsplanung, zieldienliche 323

Trainingsprinzip 18
 Trainingsprogramm A24 139
 Trainingssteuerung 17, 116, 138, 170, 186
 – Regelkreis 18
 Trainingssteuerung bei Blut-hochdruckpatienten 48
 Transfettsäure 225, 229
 Transfettsäure, gefäß-schädigende 270
 Transkription 40, 230
 Translation 40, 230
 Transportprotein 165
 Transport von Zucker 46
 Triglyzerid 62
 – chemische Struktur 224
 Triglyzeride 45
 Troponin 85

U

Übergewicht 5, 46, 222, 274, 278
 – bei Jugendlichen 221
 – Low-Calorie-Food 277
 – Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen 55
 Übergewicht, bauchbetontes 55
 Übergewichtsprävention 225
 Überkompensation 33
 Übermüdung, erkennbare Zeichen 118
 Übersäuerung, muskuläre 162
 Übertrainingszustand 7
 Ubichinon 239
 Übungsvariation 134
 Umfeld, soziales 318
 Umrechnung
 – Leistungen 182
 Umstellungsfähigkeit 134
 Umweltreiz 41
 Unterhautfettgewebe 70

V

Validität 52
 Variation, von Übungen 134
 Veganer 234, 276
 Vegetarier 234, 276
 vegetative Dystonie 60
 vegetatives Nervensystem, Blutdruckregulation 38
 Vene 151
 Veränderungsprozess, persönlicher 312
 Verfahren, diagnostische 109
 Verhaltensänderung 5, 10, 312
 Verhaltensprävention 25
 Verhältnisprävention 25

Versagen, exzentrisches 125
 Versagen, isometrisches 125
 Versagen, konzentrisch-assistiertes 125
 Versagen, konzentrisches 125
 Versagen, muskuläres 125
 Vertrauen 318
 Vibrationstraining 120
 Viskosität 90
 – Muskel 90
 Vitalkapazität 148
 – nomografische Bestimmung 149
 Vitamin 235
 Vitamin A 236
 Vitamin B1 237
 Vitamin B2 237
 Vitamin B3 237
 Vitamin B5 237
 Vitamin B6 237
 Vitamin B7 237
 Vitamin B9 238
 Vitamin B12 66, 238
 – Veganer und Vegetarier 277
 Vitamin C 235, 238
 Vitamin D 234, 239
 Vitamin D3 239
 Vitamin-D-Mangel 239
 Vitamin-D-Überdosierung 239
 Vitamin E 239
 Vitamin H 237
 Vitamin K 239
 Vitamintablette 235
 VLDL-Fraktion 49
 VLDL (very low density lipoprotein) 63
 VO₂ max 154
 Volition 329
 Volkskrankheit Rückenschmerz 5
 Vollkornmehl
 – Ballaststoffgehalt 275
 Vollkornschrot 275
 Vorbelastungsparameter 174
 Vorbelastungspuls 153, 171
 Vorbild 332

W

Waist-to-Height-Ratio (WtHR) 53
 Waist-to-Hip-Ratio (WHR) 53
 Walking-Index (WI) 188
 Walking-Test 186, 187
 Wasserhaushalt 165, 245
 – Regelung 69
 – Stabilisierung 166

- Weidetierfleisch 289
- Wettkampfmethode 197
- WHO-Test 170, 174
- WHtR = Taillenumfang 55
- Wiederholungsmethode 197
- Wiegen 55
- Wiegen, hydrostatisches 70
- Wille 327
- Willensbildung 328
- Willensprozess 329
 - Motivatoren 331
- Willkürmotorik 130
- Windkesselfunktion 37
- winlactat 172
- Winlactat-Software 172
- Wirbel 94
- Wirbelblockade 104
- Wirbelfehlstellung 104
- Wirbelgelenk 96
- Wirbelkanalenge 104
- Wirbelsäule 84, 85, 94, 98, 126
 - biomechanische Funktionsanalyse (BMFA) 105
- Wirbelsäulenentzündung 104
- Wirbelsäulengelenk 104
- Wirbelsäulensegment 131
- Wirkungsmechanismus, hormoneller 40
- Wirkungsverstärkung, synergistische 47
- Wunsch 327
- Wunschregung 329
- Wurf-Fang-Test 111
- Wurstwaren 270
- Zuckergehalt
 - ausgesuchter Lebensmittel 220
- Zuschreibung, selbstwertdienliche 319
- Zweifachzucker 219
- Zwischenrippenmuskulatur 148

Z

- Zeitbudget 27
- Zeitbudget des Kunden 19
- Zeitbudget, geringes 120
- Zeitbudget, großes 119
- Zellatmung 160
 - Energiegesamtbilanz 161
 - Gesamtbilanz 160
- Zielberatung, motivierende 322
- Zielbeteiligte 322
- Zielformulierung
 - Kriterien 322
 - Sollwert-Definition 17
- Zielgruppencluster 25
- Zielpulswert 182
- Zielzustand 322
- Zink 244
- Zirkeltraining 122
- Zitratzyklus 158, 159
- Zöliakie 261
- Zucker 36, 219, 271
- Zuckeraustauschstoff 222