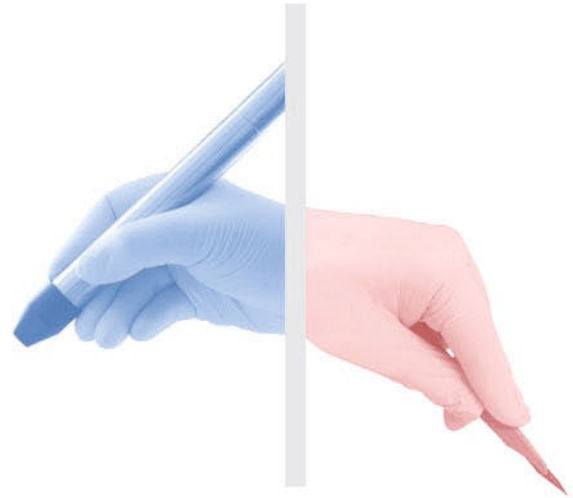


Metelmann
Hammes



Lasermedizin in der Ästhetischen Chirurgie

Lasermedizin in der Ästhetischen Chirurgie

Hans-Robert Metelmann
Stefan Hammes
(Hrsg.)

Lasermedizin in der Ästhetischen Chirurgie

Mit 186 Abbildungen

Herausgeber

**Prof. Dr. med. Dr. med. dent. Hans-Robert Metelmann,
D.A.L.M., F.E.B.O.M.F.S.**
Universitätsmedizin Greifswald
Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie/Plastische
Operationen
Greifswald

Prof. Dr. med. Stefan Hammes, D.A.L.M.
Universitätsmedizin Greifswald
Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie/Plastische
Operationen
Greifswald und Laserklinik Karlsruhe

ISBN 978-3-642-34935-5

DOI 10.1007/978-3-642-34936-2

ISBN 978-3-642-34936-2 (eBook)

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

SpringerMedizin

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

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: Dr. Klaus Richter, Heidelberg
Projektmanagement: Christiane Beisel, Heidelberg
Lektorat: Sabine Thürk, Berlin
Projektkoordination: Barbara Karg, Heidelberg
Umschlaggestaltung: deblik Berlin
Fotonachweis Cover: © Kerstin Böttger, Greifswald
Herstellung: Crest Premedia Solutions (P) Ltd., Pune, India

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

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

Danksagung

Ein Buch kann nur im Team entstehen. Wir möchten allen Teammitgliedern unseren herzlichen Dank aussprechen für ihre wertvolle Mitarbeit. Vor allem sind da die Autoren zu nennen. Ohne ihren Einsatz kann ein solches Werk nicht wachsen. Viel Arbeit haben sie investiert, Regularien beachtet, das Korrekturlesen aufmerksam durchgeführt – und dies in aller Regel parallel zu ihrem Hauptberuf.

Einige Kapitel wurden aus anderen Werken übernommen, mehr oder weniger bearbeitet oder erweitert. Dies war insbesondere dann sinnvoll, wenn die Inhalte aus dem Überschneidungsgebiet von Ästhetischer Chirurgie und Dermatologie stammen, wie bspw. bei den benignen Tumoren oder bei der laserassistierten Liposuktion. An dieser Stelle danken wir herzlich den Herausgebern Prof. Dr. Christian Raulin und Dr. Bärbel Greve und den jeweiligen Kapitelautoren des Buches »Laser- und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin«, aus dem mit freundlicher Genehmigung des Schattauer-Verlags Inhalte und Bilder übernommen werden durften. Weiterhin möchten wir den Herausgebern Prof. Dr. Christian Raulin und Dr. Syrus Karsai sowie den jeweiligen Kapitelautoren des Springer-Werkes »Lasertherapie der Haut« danken für die Möglichkeit, Texte und Abbildungen in das vorliegende Buch aufnehmen zu dürfen. Die Übernahmen sind in den Kapiteln und bei den betreffenden Bildern gekennzeichnet.

Die besten Autoren und Herausgeber genügen nicht, um ein gutes Buch zu produzieren. Die Unterstützung aus dem eigenen Haus, in Greifswald von Frau Kerstin Böttger, der umsichtigen und kreativen Leiterin des Chefsekretariats, und von Verlag sowie Lektorat ist von enormer Bedeutung. Hier freuen wir uns, beim Springer-Verlag ein gleichermaßen kompetentes wie kooperatives Team an unserer Seite gehabt zu haben, das zu jeder Zeit ein offenes Ohr für uns hatte. Vor allem ist hier Herr Dr. Klaus Richter von der Buchplanung Operative Medizin zu nennen zusammen mit seiner Kollegin Frau Christiane Beisel vom Projektmanagement Fachbuch Medizin. Die letzte Ordnung in die vielen Kapitel brachte unsere strenge, akribische, engagierte, nette, nachsichtige, kreative, immer freundliche Lektorin Frau Sabine Thürk, M.A., alesco.concepts, Berlin. Ihnen allen und dem Springer-Verlag sei für die allumfassenden Bemühungen ganz herzlich gedankt.

Und last, but really not least ist für die erfolgreiche Durchführung eines solchen Projekts die vielfältige Unterstützung durch unsere Familien von wesentlicher Bedeutung. Ihnen gilt hierfür unser besonderer Dank.

Greifswald/Karlsruhe im Sommer 2014

Hans-Robert Metelmann

Stefan Hammes

Vorwort

Das Vorwort in einem Fachbuch liest eigentlich niemand. Die Eine und der Andere tut es offenbar doch. Das mag seinen Grund in einer besonders gründlich intendierten Lektüre haben. Diese Herangehensweise an die Lasermedizin ist sehr angemessen, denn aus der Perspektive chirurgischer Disziplinen in der Ästhetischen Medizin ist schon allein die Vielfalt des Instrumentariums mit seinen biologischen, physikalischen, klinischen, gerätetechnischen und auch ökonomischen Besonderheiten zunächst unüberschaubar.

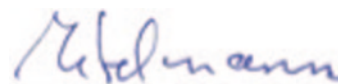
Ein weiterer Grund für die Lektüre des Vorworts kann darin bestehen, einen etwas längeren Anlauf zum Sprung in die hochinterdisziplinäre Ästhetische Chirurgie zu nehmen. Hier kommen viele Facharztgebiete mit ihrem Spezialwissen zusammen und auf dermatologisch-sozialisierte Leserinnen und Leser wirkt das operative Vorgehen plastisch-chirurgischer Fächer gelegentlich so anspruchsvoll wie gefährlich.

Ein dritter Grund für die ausgiebige Beschäftigung mit dem Vorwort kann mit Geduld zu tun haben. Geduld ist eine wichtige Voraussetzung für erfolgreiche Ästhetische Chirurgie und für die Entwicklung lasermedizinischer Ergebnisse ohnehin. Ärztinnen und Ärzte aus chirurgischen Fächern müssen sich oft in hautärztlicher Geduld üben, wenn sie ein ästhetisch makelloses Ergebnis erzielen wollen.

Geduld ist auch ein besonders schöner Ausdruck von Freundlichkeit. Wir danken Ihnen für dieses freundliche Interesse, das Sie der Thematik der Lasermedizin in der Ästhetischen Chirurgie entgegen bringen. Und sogar dem Vorwort des vorliegenden Fachbuches!



Stefan Hammes



Hans-Robert Metelmann

Inhaltsverzeichnis

I Chirurgischer Kontext

1	Indikationen und Behandlungstechniken	3
	<i>H.-R. Metelmann, W. Funk, F. Podmelle</i>	
1.1	Ästhetische Chirurgie in 4 Sätzen	4
1.2	Ästhetisch-chirurgische Indikationen	4
1.3	Ästhetisch-chirurgische Techniken	7
1.4	Ästhetisch-chirurgische Risiken	10
1.5	Warum Laser?	11
1.5.1	Gewebeschonung durch Selektivität	12
1.5.2	Nichtinvasive Therapieoptionen	12
1.5.3	Imperativer diagnostischer Nanoblick	13
1.6	Wofür Laser?	13
1.7	Laser oder Skalpell?	14
1.8	Oder Physikalisches Plasma?	15
1.9	»Take Home Messages«	16
	Literatur	16
2	Patientenauswahl	19
	<i>H. J. Grabe</i>	
2.1	Das Problem des unangemessenen Behandlungswunsches	20
2.2	Symptomatik und Epidemiologie	20
2.2.1	Symptomatik	20
2.2.2	Epidemiologie	21
2.3	Ursachen	21
2.4	Psychiatrische Komorbidität und Differenzialdiagnose	21
2.4.1	Zwangsstörung	22
2.4.2	Essstörungen	22
2.4.3	Trichotillomanie	22
2.4.4	Hypochondrie	22
2.4.5	Wahnhafte Erkrankungen	22
2.5	Therapie der Dysmorphophobie	22
2.5.1	Diagnostisch-therapeutisches Gespräch	22
2.5.2	Psychodynamische Therapie	23
2.5.3	Verhaltenstherapie	23
2.5.4	Pharmakotherapie	23
2.6	»Take Home Messages«	24
	Literatur	24
3	Infektionsschutz in der Lasermedizin	25
	<i>A. Kramer</i>	
3.1	Infektionsrisiken durch chirurgische Laseranwendung	26
3.2	Prävention von Wundinfektionen	26
3.2.1	Bauliche Voraussetzungen	26
3.2.2	Aufbereitung von Medizinprodukten	27
3.2.3	Patientenbezogene Maßnahmen	28
3.2.4	Teambezogene Schutzmaßnahmen	29
3.3	Personalschutz	30
3.4	Qualitätssicherung	30
3.5	»Take Home Messages«	31
	Literatur	31

4	Qualitätsmanagement durch postgraduale Weiterbildung	35
	<i>S. Hammes, U. Westermann, A. Rana, H.-R. Metelmann</i>	
4.1	Qualitätsstandards	36
4.2	Diploma in Aesthetic Laser Medicine	37
4.2.1	Dies academicus	37
4.2.2	Hospitation	38
4.2.3	Studium generale	39
4.2.4	Examen	39
4.2.5	Individualisierung des Curriculums	39
4.2.6	Studienorganisation	39
4.3	Diploma in Aesthetics and Laser Medicine	39
4.4	»Take Home Messages«	40
	Literatur	40

II Technische und naturwissenschaftliche Grundlagen

5	Laserphysik und -biologie	43
	<i>R. Steiner</i>	
5.1	Historie	44
5.2	Charakteristik des Lichts	44
5.2.1	Stimulierte Emission von Strahlung	46
5.2.2	Definitionen für Strahlung	47
5.3	Das Prinzip des Lasers	47
5.4	Optische Resonatoren	49
5.5	Laserstrahlung	52
5.6	Medizinische Lasersysteme	54
5.6.1	Nd:YAG-Laser	54
5.6.2	KTP-Laser	55
5.6.3	Er:YAG-Laser	55
5.6.4	Alexandritlaser	55
5.6.5	Rubinlaser	56
5.6.6	CO ₂ -Laser	57
5.6.7	Diodenlaser (Halbleiterlaser)	57
5.6.8	Fraktionierter Laser (Fraxel-Technologie)	59
5.6.9	Holmium- und Thuliumlaser	59
5.7	Optische Eigenschaften des Gewebes	59
5.7.1	Absorption	59
5.7.2	Streuung	61
5.8	Reaktionsmechanismen	64
5.8.1	Nichtthermische, chemische Reaktionen	64
5.8.2	Thermische Reaktionen	66
5.8.3	Gewebeablation	69
5.8.4	Photodisruption	71
	Literatur	74

III Laserklinik

6	Expertenkonsens in der Ästhetischen Lasermedizin	79
	<i>S. Hammes, H.-R. Metelmann</i>	
6.1	Einführung	80
6.2	Expertenkonsens dermatologisch-ästhetischer Laserindikationen	80
6.2.1	Benigne pigmentierte Hautveränderungen	80
6.2.2	Dyschromien	80

6.2.3	Entzündliche Dermatosen und Erkrankungen des Bindegewebes	81
6.2.4	Photoepilation	81
6.2.5	Vaskuläre Hautveränderungen	81
6.2.6	Virale Hautveränderungen	81
6.3	Expertenkonsens in der ästhetisch-chirurgischen Laseranwendung	81
6.3.1	Nasenmuschelreduktion	81
6.3.2	Lokaltherapie chronischer Wunden	82
6.4	Expertenkonsens gemeinsamer Laserindikationen	82
6.4.1	Therapie von Falten und Aknenarben sowie Facial Rejuvenation	82
6.4.2	Entfernung benigner Tumoren und organoide Naevi	82
6.4.3	Laserassistierte Liposuktion (Laserlipolyse)	83
	Literatur	83
7	Falten, Narben und Keloide	87
	<i>U. Paasch</i>	
7.1	Diagnose Falten	88
7.1.1	Indikationen	88
7.1.2	Praktisches Vorgehen	88
7.1.3	Nachbehandlung	89
7.1.4	Epikrise	90
7.1.5	Fallbeispiel	90
7.2	Diagnose Narben	90
7.2.1	Indikationen Aknenarben	90
7.2.2	Praktisches Vorgehen	91
7.2.3	Nachbehandlung	92
7.2.4	Epikrise	92
7.2.5	Fallbeispiel	92
7.2.6	Indikationen Hypertrophe Narben	92
7.2.7	Praktisches Vorgehen	92
7.2.8	Nachbehandlung	93
7.2.9	Epikrise	94
7.2.10	Fallbeispiel	94
7.3	Diagnose Keloide	94
7.3.1	Indikationen Keloide	94
7.3.2	Praktisches Vorgehen	95
7.3.3	Nachbehandlung	97
7.3.4	Epikrise	97
7.3.5	Fallbeispiele	98
	Literaturverzeichnis	100
8	Behandlung benigner Tumoren und organoide Naevi	103
	<i>S. Hammes</i>	
8.1	Adenoma sebaceum	105
8.2	Hornstein-Knickenberg-Syndrom (Birt-Hogg-Dubé-Syndrom)	105
8.3	Epidermaler/organoider Naevus	106
8.4	Epithelioma adenoides cysticum	107
8.5	Fibröse Nasenpapel	107
8.6	Koenen-Tumoren	108
8.7	Naevus sebaceus	108
8.8	Neurofibrome	109
8.9	Papillomatöser dermaler Naevus	110
8.10	Rhinophym	110
8.11	Schleimhautfibrom	112

8.12	Seborrhoische Keratose	112
8.13	Syringome	112
8.14	Talgdrüsenhyperplasien.....	113
8.15	Xanthelasma.....	113
8.16	Zungenpapillom	115
8.17	Zysten (ekkrines Hidrozystom)	116
8.18	Zysten (mukoide Dorsalzyste)	117
8.19	Zysten (Steatocystoma multiplex, Eruptive Vellushaarzysten)	117
8.20	Zysten (Traumatische Schleimzyste, Mukozele).....	118
8.21	»Take Home Messages«.....	118
	Literatur.....	119
9	Facial Rejuvenation	123
	<i>U. Westermann</i>	
9.1	Diagnose.....	124
9.2	Indikation.....	124
9.3	Praktisches Vorgehen	125
9.4	Nachbehandlung.....	126
9.5	Epikrise	127
9.6	Fallbeispiel	129
	Literatur.....	133
10	Facelift	135
	<i>W. Funk, F. Podmelle</i>	
10.1	Einleitung	136
10.2	Diagnosen des oberen Gesichtsdrittels	136
10.2.1	Therapiekonzepte	137
10.2.2	Alterserscheinungen in der Augenregion	138
10.3	Diagnosen des mittleren Gesichtsdrittels	139
10.3.1	Therapiekonzepte	139
10.4	Diagnosen des unteren Gesichtsdrittels	140
10.4.1	Therapiekonzepte	141
10.5	Diagnosen der Halsregion.....	141
10.5.1	Therapiekonzepte	142
10.5.2	Planung eines Hals-Wangen-Lifts.....	143
10.6	Leitsätze	144
10.7	Fallbeispiele.....	145
	Literatur.....	145
11	Blepharoplastik	147
	<i>F. Podmelle, U. Westermann</i>	
11.1	Einführung	148
11.2	Oberlidblepharoplastik	148
11.3	Unterlidblepharoplastik.....	149
11.4	»Take Home Messages«.....	151
	Literatur.....	151
12	Tätowierungen	153
	<i>S. Hammes</i>	
12.1	Indikation	154
12.2	Praktisches Vorgehen	154
12.3	Nachbehandlung.....	154
12.4	Epikrise	154

12.5	Fallbeispiel	154
12.6	»Take Home Messages«	155
	Literatur	155
13	Bodycontouring, Laserlipolyse und Liposuktion	157
	<i>B. Sommer</i>	
13.1	Indikation	158
13.1.1	Einführung	158
13.1.2	Indikationen der laserassistierten Liposuktion/Laserlipolyse	158
13.2	Praktisches Vorgehen	158
13.3	Nachbehandlung	159
13.4	Epikrise	159
13.4.1	Wichtige Meilensteine der Entwicklung	159
13.4.2	Tumeszenzlokananästhesie	159
13.4.3	Neue Entwicklungen der Liposuktionschirurgie	160
13.4.4	Historische Entwicklung von Laserverfahren in der Liposuktionschirurgie	160
13.4.5	Aktuelle Lasersysteme für die Laserlipolyse/laserassistierte Liposuktion	161
13.4.6	Effekte der Laserenergie im Gewebe	161
13.4.7	Vorteile der Methode	163
13.4.8	Nachteile der Methode	163
13.4.9	Schlussfolgerungen	163
13.5	Fallbeispiele	164
13.6	»Take Home Messages«	165
	Literatur	166
14	Wundbehandlung	167
	<i>G. Daeschlein, C. F. Müller-Debus</i>	
14.1	Diagnose	168
14.1.1	Wunden, die für eine Low-Level-Lasertherapie (LLLT) infrage kommen	168
14.1.2	Wirkung	168
14.1.3	Antimikrobielle Effekte	169
14.1.4	Immunologie	169
14.1.5	Photobiologie »Low laser is not low power«	169
14.2	Indikationen	170
14.3	Praktisches Vorgehen	170
14.3.1	Lasersysteme	171
14.3.2	Sicherheit	171
14.4	Nachbehandlung	171
14.5	Epikrise	172
14.6	Fallbeispiele	173
14.6.1	LLLT bei Ulcus cruris venosum	174
14.6.2	LLLT bei diabetischem Fußulcus	176
	Literatur	177
15	Zahnmedizinische Ästhetik	179
	<i>G. Bach, W. Sümnick</i>	
15.1	Einführung	180
15.2	CO ₂ -Laser als »Skalpellersatz« in der zahnärztlichen Chirurgie	180
15.3	Schnittführung in der ästhetischen Zahnmedizin	180
15.4	Einfluss von Nahtmaterial und -technik	181
15.5	Effekte des Laserlichts auf Mikroorganismen	181
15.6	Konditionierung der Wurzeloberfläche	181
15.7	Erbium:YAG-Laser für die Zahnhartsubstanz	182

15.8	Diodenlaser	182
15.9	Mehrwellenlängenlaser	182
15.10	Nachbehandlung	183
15.11	Spezielle Laser in der ästhetischen Zahnmedizin?	183
15.12	Fallbeispiele	183
15.12.1	Fallbeispiel 1: Laserunterstützte Lippenbandplastik	183
15.12.2	Fallbeispiel 2: Laserablation bei Papillomatose	184
15.12.3	Fallbeispiel 3: Minimalinvasive laserunterstützte chirurgische Alternative zur chirurgischen Therapie einer Malformation der Lippe	185
	Literatur	188
16	Kühltechniken	189
	<i>S. Hammes</i>	
16.1	Einführung	190
16.2	Übersicht	190
16.3	Kontaktkühlung	190
16.4	Kontaktlose Kühlung	190
16.4.1	Flüssiger Stickstoff	191
16.4.2	Halogenierte Kohlenwasserstoffe	191
16.4.3	Kaltluft	191
16.5	Problemstellungen, Entwicklungen, Aussichten	191
16.6	»Take Home Messages«	192
	Literatur	193

IV Organisatorisches für die Laserpraxis

17	Praxismanagement und -marketing	197
	<i>M. Landsberg, H.-R. Metelmann, S. Hammes</i>	
17.1	Einleitung	198
17.2	Praxismanagement	198
17.2.1	Einführung	198
17.2.2	Welche Bereiche gehören zum Praxismanagement?	198
17.3	Marketing	199
17.3.1	Was ist Marketing?	199
17.3.2	Aufgaben des Marketing	199
17.3.3	Corporate Identity	200
17.3.4	Analyse	200
17.3.5	Umsetzung	200
17.3.6	Werbe- & Marketingmaßnahmen	201
17.3.7	Erfolgsanalyse	202
17.3.8	»Ich-Marketing« in der Ästhetik	202
17.4	»Take Home Messages«	203
18	Risikomanagement und Behandlungsfehler	205
	<i>S. Hammes, W. Kimmig</i>	
18.1	Einführung	206
18.2	Therapiebestimmende Parameter	206
18.3	Praktische Aspekte	207
18.4	Fehler und Komplikationen	208
18.4.1	Iatrogene Schäden	208
18.4.2	Schäden durch nichtärztliche Behandler	209
18.5	Fallbeispiele	210

18.6	Tipps für die Praxis	212
18.7	»Take Home Messages«	213
	Literatur	214
19	Ausgewählte Laser- und Plasmageräte	215
	<i>S. Hammes, H.-R. Metelmann, Firmenbeiträge</i>	
19.1	Einführung	216
19.2	Chirurgisch-ablative Laser	216
19.3	Laser für die Laserlipolyse	218
19.4	Plasmageräte	218
	Literatur	220
20	Ausgewählte Medikamente	223
	<i>S. Hammes, H.-R. Metelmann, Firmenbeiträge</i>	
20.1	Einleitung	224
20.2	Anästhesierende Präparate	224
20.3	Wundheilungsfördernde Präparate	224
	Literatur	226
21	Abrechnungsaspekte	227
	<i>S. Hammes, H.-R. Metelmann</i>	
21.1	Einführung	228
21.2	EBM	228
21.3	GOÄ	229
21.4	»Take Home Messages«	230
	Literatur	230
	Stichwortverzeichnis	231

Autorenverzeichnis

Dr. med. Georg Bach

Fachzahnarzt für Oralchirurgie
Rathausgasse 36
79098 Freiburg im Breisgau
doc.bach@t-online.de

PD Dr. med. habil. Georg Daeschlein

Universitätsmedizin Greifswald
Klinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten
17475 Greifswald
georg.daeschlein@uni-greifswald.de

CA Dr. Dr. med. Wolfgang Funk, D.A.L.M.

Klinik Dr. Funk
Klinik für Plastische, Ästhetische, Kosmetische und
Wiederherstellungschirurgie
Frau-Holle-Straße 32
81739 München
info@schoenheitsklinik.com

Prof. Dr.med. Hans Jörgen Grabe

Universitätsmedizin Greifswald
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Ellernholzstraße 1-2
17475 Greifswald
und
HELIOS Klinikum
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie
Rostocker Chaussee 70
18437 Stralsund
grabeh@uni-greifswald.de

Prof. Dr. med. Stefan Hammes, D.A.L.M.

Universitätsmedizin Greifswald
Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie/
Plastische Operationen
Ferdinand-Sauerbruch-Straße
17475 Greifswald
und
Laserklinik Karlsruhe
Kaiserstraße 104
76133 Karlsruhe
stefan.hammes@web.de

Dr. med. Wolfgang Kimmig, D.A.L.M.

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik für Dermatologie und Venerologie
Martinistr. 52
20246 Hamburg

Prof. Dr.med. Axel Kramer

Universitätsmedizin Greifswald
Institut für Hygiene und Umweltmedizin
Walther-Rathenau-Str. 49a
17475 Greifswald
kramer@uni-greifswald.de

Michael Landsberg

Laserwelt-Berlin
Uhlandstr. 175
Ecke Kurfürstendamm
10719 Berlin-Charlottenburg
management@laserwelt.com

Prof. Dr.med. Dr. med. dent. Hans-Robert Metelmann, D.A.L.M., F.E.B.O.M.F.S.

Universitätsmedizin Greifswald
Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie/
Plastische Operationen
Ferdinand-Sauerbruch-Straße
17475 Greifswald
metelman@uni-greifswald.de

Dr. med. Charlotte Friederike Müller-Debus

Danckelmannstraße 40
14059 Berlin
c.mueller-debus@gmx.de

Prof. Dr. med. habil. Uwe Paasch

Universitätsklinikum Leipzig AÖR
Klinik für Dermatologie, Venerologie und Allergologie
Ph.-Rosenthal-Str. 23
04103 Leipzig
uwe.paasch@medizin.uni-leipzig.de

Dr. med. Dr. med. dent. Fred Podmelle, D.A.L.M.

Universitätsmedizin Greifswald
Klinik für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie/
Plastische Operationen
Ferdinand-Sauerbruch-Straße
17475 Greifswald
podmelle@uni-greifswald.de

Dr. Ajay Rana, M.D., D.A.L.M.

Institute of Laser & Aesthetic Medicine (ILAMED)
B-2/105, Safdarjung Enclave
New Delhi-110029
Indien
drajayrana@ilamed.org

Dr. med. Boris Sommer

Sommerclinics Frankfurt
Goethestraße 26-28
60313 Frankfurt am Main
info@sommerclinics.de

Prof. Dr. Rudolf Steiner

Universität Ulm
Institut für Lasertechnologien in der Medizin und Meß-
technik an der Universität Ulm
Helmholtzstraße 12
89081 Ulm
rudolf.steiner@ilm.uni-ulm.de

Prof. Dr. med. Wolfgang Sümnig

Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald
Poliklinik für MKG-Chirurgie
Walther-Rathenaustr. 42a
17475 Greifswald
sueumnig@uni-greifswald.de

Prof. Dr. Dr. med. Ulrich Westermann, D.A.L.M.

Zum Himmelreich 20
49082 Osnabrück
uw@prof-westermann.de

Abkürzungsverzeichnis

ADL	Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Lasertherapie	SMAS	Superficial Muscular Aponeurotic System
AFXL	Ablativ wirkendes fraktionales System	SOOF	Sub-Orbicularis Oculi Fat
ALLS	Anwendung von LLS	SP	Selektive Photothermolyse
AWMF	Arbeitsgemeinschaft Wissenschaftlicher Medizinischer Fachgesellschaften	SSI	Surgical Site Infection
BDD	Body Dysmorphic Disorder	SSRI	Selective Serotonin-Reuptake-Inhibitor
BPH	Benigne Prostatahyperplasie	TEA	Transversely Excited Atmospheric Pressure
BPP	Beam Parameter Product	TEMnm-Moden	Transversale elektromagnetische Moden
BTX	Botulinumtoxin-A-Therapie	TRT	Thermale Relaxationszeit
CAP-Plasma	Cold Atmospheric Pressure-Plasma	VAS	Visuelle Analogskala
CB	Corporate Behaviour		
CC	Corporate Communication		
CD	Corporate Design		
CI	Corporate Identity		
CR	Cross Relaxation		
CVI	Chronisch-venöse Insuffizienz		
cw	continuous wave		
D.A.L.M.	Diploma in Aesthetic Laser Medicine		
DBD	Dielektrisch Behinderte Entladung		
DCD	Dynamic Cooling Device		
DDA	Deutsche Dermatologische Akademie		
DDG	Deutsche Dermatologische Gesellschaft		
DDL	Deutsche Dermatologische Lasergesellschaft		
ETU	Energy Transfer Upconversion		
ILVEN	Inflammatory Linear Verrucous Epidermal Nevus		
KTP	Kaliumtitanylphosphat		
KVT	Verhaltenstherapie		
LASIK	Laser-in-situ-Keratomeileusis		
LBO	Lithiumtriborat		
LLLT	Low-level-Lasertherapie		
LLS	Laser- und Nichtlaserlichtquellen		
LS	Nichtlaserlichtquellen		
LSR	Laser-Skin-Resurfacing		
MCS	Monte-Carlo-Simulation		
MEND	Microscopic Epidermal Necrotic Debris		
MIR-Laser	Mittelinfrarot-Laser		
MNS	Mund-Nasen-Schutz		
MP	Medizinprodukte		
MRE	Multiresistente Erreger		
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus		
NADH	Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid		
NAFXL	Nichtablativ wirkendes fraktionales System		
NIR	Nahes Infrarot		
OCT	Optische Kohärenztomographie		
PAP	Perioperative Antibiotikaphrophylaxe		
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit		
PCD	Process Challenge Device		
PDT	Photodynamische Therapie		
PFF-Lappen	Perforator-Fett-Faszienlappen		
PTS	Postthrombotisches Syndrom		
RCT	Randomisierte kontrollierte Studien		
RF	Radiofrequenz		
ROS	Reactive Oxygen Species		

Chirurgischer Kontext

- | | |
|------------------|---|
| Kapitel 1 | Indikationen und Behandlungstechniken – 3
<i>H.-R. Metelmann, W. Funk, F. Podmelle</i> |
| Kapitel 2 | Patientenauswahl – 19
<i>H. J. Grabe</i> |
| Kapitel 3 | Infektionsschutz in der Lasermedizin – 25
<i>A. Kramer</i> |
| Kapitel 4 | Qualitätsmanagement durch postgraduale
Weiterbildung – 35
<i>S. Hammes, U. Westermann, A. Rana, H.-R. Metelmann</i> |

Indikationen und Behandlungstechniken

H.-R. Metelmann, W. Funk, F. Podmelle

- 1.1 Ästhetische Chirurgie in 4 Sätzen – 4**
- 1.2 Ästhetisch-chirurgische Indikationen – 4**
- 1.3 Ästhetisch-chirurgische Techniken – 7**
- 1.4 Ästhetisch-chirurgische Risiken – 10**
- 1.5 Warum Laser? – 11**
 - 1.5.1 Gewebeschonung durch Selektivität – 12
 - 1.5.2 Nichtinvasive Therapieoptionen – 12
 - 1.5.3 Imperativer diagnostischer Nanoblick – 13
- 1.6 Wofür Laser? – 13**
- 1.7 Laser oder Skalpell? – 14**
- 1.8 Oder Physikalisches Plasma? – 15**
- 1.9 »Take Home Messages« – 16**
- Literatur – 16**

Mit dem Begriff »Lasermedizin« verbinden viele Patienten sehr positive Erwartungen, weil eine Laserbehandlung im Vergleich zur invasiven Chirurgie mit ihren bekannten Risiken operativer Art als nichtinvasive Ästhetische Medizin gilt. Laser können auch viele Erwartungen von Chirurgen bedienen, in mancher Hinsicht feiner, subtiler und mehr an einer Selektivität für zelluläre Zielstrukturen orientiert als Skalpell und Präparierschere. Das moderne chirurgische Behandlungskonzept in der Ästhetik kombiniert deshalb Skalpell und Laser. Der Erkenntnisstand erneuert sich stetig, und die Ergänzung von Skalpell und Laser mit dem Plasmajet und weiteren Instrumenten der Ästhetischen Plasmamedizin ist bereits absehbar. Zum chirurgischen Kontext in der Ästhetischen Medizin, die ihre Behandlungen nicht auf eine dringliche medizinische Indikation stützen kann, gehören deshalb auch eine entsprechend sorgfältige Auswahl der geeigneten Patientinnen und Patienten, ein Hygienekonzept ohne Risikotoleranz und ein prozessorientiertes Qualitätsmanagement durch strukturierte ärztliche Weiterbildung.

1.1 Ästhetische Chirurgie in 4 Sätzen

Warum entschließt sich ein Mensch, der so gesund ist, dass man ihn gar nicht Patient nennen mag, zu einem großen Eingriff der Ästhetischen Chirurgie und begibt sich in ärztliche Hände? Die französische Schriftstellerin Benoîte Groult hat diese Entscheidung in ihrer Autobiographie »Meine Befreiung« so formuliert: »Es hieß also etwas tun, um diesem hinterlistigen Alterwerden entgegenzutreten, ihm ganz energisch den Befehl zu erteilen, erst in 10 Jahren wieder vorbeizukommen. Ich wollte mir einen neuen Kopf leisten. Ich habe entdeckt, dass ich mir selbst mein kostbarstes Gut bin und dass ich dieses unanständig teure Geschenk verdient habe: ein Lifting.«

Das Zitat (Groult 2011) ist die wohl prägnanteste literarische Kurzbeschreibung der Ästhetischen Chirurgie aus der Sicht eines Patienten:

1. Die Indikation zur Operation, die, wie die Schriftstellerin schreibt, »ich mir selbst [...] verdient habe«, wird vom Patienten gestellt, sie lautet zumeist »hinterlistiges Alterwerden«.
2. Der Behandlungswunsch richtet sich oft auf einen »neuen Kopf« und ein »Lifting«, also an einen Gesichtschirurgen, weil das Gesicht besonders auffällig und öffentlich den unausweichlichen Alterungsprozess sichtbar macht.
3. Die Operation ist keine Bedrohung, keine Belastung, sondern ein »Geschenk«.
4. Die Kosten der Behandlung, »unanständig teuer«, trägt der Patient selbst.

Aus der Sicht des Arztes möchte man die Kurzbeschreibung so ergänzen:

Zu 1.: Ein Patient, der gar nicht krank ist, aber der sich nicht wohl fühlt und die Ursache dafür in einer störenden Auffälligkeit seines Erscheinungsbilds sieht, kommt mit einem mehr oder weniger klaren Behandlungswunsch zum Arzt.

Zu 2.: Mit welcher Behandlungstechnik jetzt diese Erwartungen erfüllt werden sollen, ist dem Patienten zunächst gleich und liegt im Ermessen und in den Fähigkeiten des Arztes.

Zu 3.: Patient und Arzt müssen sich allerdings bewusst sein, dass sie dabei medizinisch ohne Not Risiken und mögliche Komplikationen in Kauf nehmen.

Zu 4.: Patient und Arzt müssen zuvor klären, welche Behandlungswünsche überhaupt erfüllbar sind und welche nicht.

Bei der Patientin im ersten Bildpaar sind der persönliche Wunsch und die ärztlichen Möglichkeiten, dem »hinterlistigen Alterwerden« entgegenzutreten«, nach ihrem eigenen Urteil gut in Übereinstimmung gebracht worden, glücklicherweise ohne dass sich das Komplikationsrisiko in unbeherrschbarer Weise realisiert hat. Die Patientin musste sich keinen »neuen Kopf leisten«, aber sie hat ihrem alten Aussehen »ganz energisch den Befehl« erteilt, »erst in 10 Jahren wieder vorbeizukommen« (■ Abb. 1.1a,b)

1.2 Ästhetisch-chirurgische Indikationen

Die Ästhetische Chirurgie kennt zwei Arten von Behandlungsaufträgen: die medizinische Indikation und die emotionale Indikation. Bei der medizinischen Indikation steht eine ärztlich begründete Behandlungsnotwendigkeit im Vordergrund. Bei der emotionalen Indikation gibt der ausdrückliche Patientenwunsch den Ausschlag für eine Behandlung.

Das Meinungsforschungsinstitut YouGov Psychonomics hat im November 2010 an über 1 000 Männer und Frauen die Frage gestellt: »Was erhoffen Sie sich von einer kosmetischen Operation?« Bei Männern geht es bei der emotionalen Indikation um besseres Aussehen, um Korrektur eines körperlichen Makels, um bessere Chancen bei der Partnersuche, und für Frauen steht eine allgemein größere Lebenszufriedenheit im Vordergrund, wie Borkenhagen die Studie zusammenfasst und die Antworten deutet (Borkenhagen 2011).

»Würden Sie sich selbst aus kosmetischen Gründen einer Operation unterziehen?« lautete die Frage, um etwas über die Ernsthaftigkeit der emotionalen Indikation zu erfahren, wie Borkenhagen den Gedanken weiterführt. »Ja, das habe ich vor«, antworteten 5 % der Frauen und 4 % der Männer, und »ja, das habe ich schon hinter mir«, be-



■ **Abb. 1.1** 50jährige Patientin vor (a) und 4 Wochen nach (b) einer komplexen ästhetischen Operation. Ihre Behandlung mit Skalpell und Laser wird als Lehrfall im Folgenden diagnostisch und therapeutisch analysiert. (Aus Metelmann et al. 2011)

kannten 4 % der Frauen und 3 % der Männer. Fast 1/3 der befragten Frauen und 1/4 der Männer gab zu, dass ihnen eine ästhetische Operation zu kostspielig sei, was keiner Absage an die Ästhetische Chirurgie gleichkommt und ihre emotionale Indikation nur zurückstellt.

»Größere Lebenszufriedenheit« und »besseres Aussehen« sind hoch gespannte Erwartungen und ein extrem anspruchsvoller Behandlungsauftrag für die Ästhetische Chirurgie. Weil keine medizinische Notwendigkeit besteht für die Operationen,

- müssen die Risiken dabei so gering wie möglich gehalten werden,
- der Gesundheitszustand der Patienten darf in keiner Weise tangiert werden,
- von der Narkose darf keinerlei Gefährdung ausgehen,
- die Aufklärung ist bis in äußerst seltene, dennoch mögliche Schwierigkeiten für den Patienten auszu-dehnen, und
- alle Dokumentationen müssen tadellos sein.

Folgendes müssen die Patienten vor ihrer Einwilligung zur ästhetisch-chirurgischen Behandlung auch wissen: Die Operationen können in jedem Sinn traumatisch sein, wie jeder chirurgische Eingriff invasiv und mit Wunden verbunden, was einigen Patienten bei ihrer emotionalen Indikationsstellung vermutlich kaum bewusst ist (■ Abb. 1.2).

Vor diesem Hintergrund ist es sofort nachvollziehbar, dass die Ästhetische Chirurgie

- ein hoch entwickeltes Qualitätsmanagement erfordert,
- standardisierte Operationstechniken auf diesem Gebiet besonders wichtig sind,
- die Vorbereitung und die Nachsorge sehr strukturiert sein müssen und



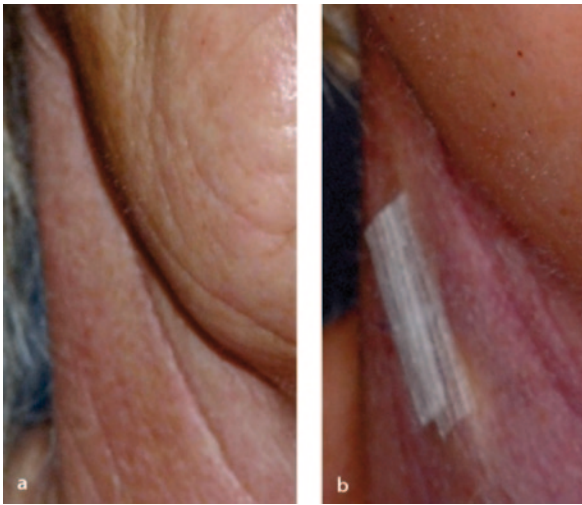
■ **Abb. 1.2** Analyse des Lehrfalls: Ästhetische Chirurgie ist wie jede Operation mit Inzisionen und Wundsetzungen verbunden. (Aus Metelmann et al. 2011)

- dass ein kompromissloses Vorgehen notwendig ist bis hin zu den kleinsten Korrekturingriffen, diese dann oft mit medizinischer Indikation (■ Abb. 1.3a,b).

Es ist auch nachvollziehbar, dass die Entwicklungen in der Ästhetischen Chirurgie darauf abzielen, wenig traumatisierende und minimalinvasive Techniken zu etablieren, wobei schnell die Ästhetische Lasermedizin in den Blick kommt, eine Kultur des minimalinvasiven Vorgehens schlechthin, die allerdings ihre eigenen, für manche Patienten ganz unerwarteten Traumatisierungen mit sich bringen kann (■ Abb. 1.2).

Kaum zu verstehen bleibt dagegen, dass die Ästhetische Chirurgie dennoch bislang nur wenige Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften kennt (► www.awmf.org/leitlinien.html) – systematisch entwickelte Hilfen für Ärzte zur Entscheidungsfindung in spezifischen Situationen. Solche Leitlinien liegen (im Mai 2013) nur vor für

- die Behandlung der Formstörungen der inneren und äußeren Nase mit funktionellen und/oder ästhetischen Beeinträchtigungen,

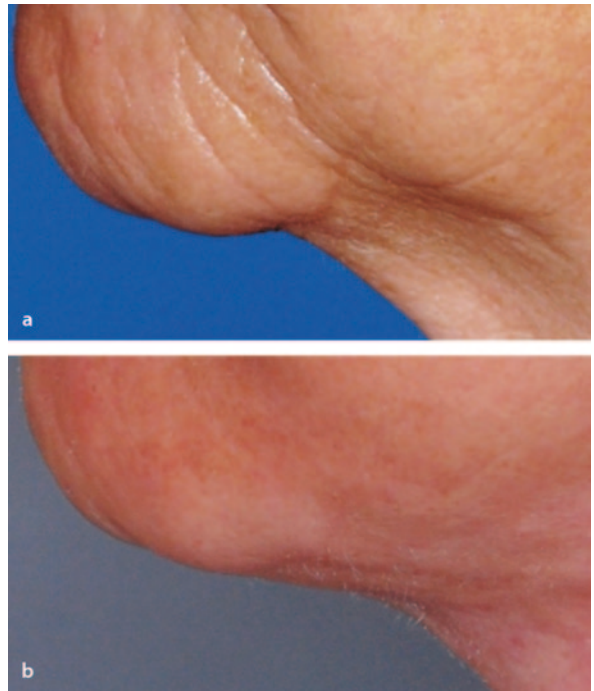


■ **Abb. 1.3** Analyse des Lehrfalls: Ästhetische Operationen erfordern im Management ihrer Komplikationen oft weitere Operationen und kleine Korrektureingriffe, was den Patienten vorher oftmals nicht bewusst ist. Hier war ein tief liegendes Serom (a) mit einer Eröffnung zu entlasten (b)

- die Ästhetische Botulinumtoxin-Therapie und
- die Therapie pathologischer Narben, hier der Keloide und der hypertrophen Narben.

Was für die ästhetisch-chirurgische Indikationsstellung von großer Bedeutung ist: Patienten, die den Chirurgen zur »Gesichtsverjüngung« aufsuchen, wünschen in der Regel keine Operationen, die den Charakter ihres Gesichts verändern, sie möchten nur, »dass die Uhr zurückgedreht wird« und dass die individuelle Ästhetik ihres Gesichts aus jüngeren Tagen wieder aufsteht. »Individualästhetik in der Gesichtschirurgie« heißt das Behandlungsziel bei Podmelle (Podmelle et al. 2009), und Funk hat einen Score entwickelt, die Ästhetische Numerische Analog-Skala (ANA-Scale), um die Zufriedenheit der Patientinnen und Patienten mit der chirurgischen Wiederherstellung ihrer Individualästhetik auch weniger subjektiven Bewertungen, als bei der emotionalen Indikation sonst üblich, zugänglich zu machen (Funk et al. 2012).

Das Gesicht wandelt sich im Lebensablauf von der wenig gegliederten runden Physiognomie des Säuglings über die Strukturierung der Proportionen des Jugendlichen dann zur Ausbildung des individuellen Ausdrucks im Erwachsenenalter und bis hin zum ausdrucksstarken lebensbeschreibenden letzten Gesicht des Hundertjährigen. Knochengerüst, Weichteile und Hautoberfläche folgen ihrer physiologischen Entwicklung, und sie addieren sich nach Form, Lageabhängigkeit und Mimik zum Gesamteindruck des Gesichts. Entscheidend wird dieser Eindruck geprägt von der Erschlaffung vieler Gesichtswichteile



■ **Abb. 1.4** Analyse des Lehrfalls: Die verschwommene Kontur des Unterkiefergelenks (a) ist ein Zeichen der Ptosis der Gesichtswichteile, einer altersbedingten Erschlaffung mit ihrem Herabsinken und Auf- wie Überlagern der Außenfläche des Unterkieferknochens vor dem Massetermuskelanatz. Diese Ptosis verstärkt die faltige Aufwerfung der Kinnhaut. Das Gesamtbild lässt das Gesicht naturgemäß im eigentlichen Sinn alt erscheinen. Eine chirurgische Anhebung der Gesichtswichteile (Lifting) beseitigt die verschwommene Konturlinie und strafft die Kinnhaut (b)

teile und ihres Halteapparats, die dabei der Schwerkraft folgend bis zum Aufstau am Unterkiefergelenk herabsinken (Ptosis des Gesichts) (■ Abb. 1.4a,b), und der subkutanen Degeneration des Fettgewebes (Skelettierung der Gesichtszüge) mit ihrem Volumenverlust z. B. der Oberlippe, die im Alter immer länger und dünner wird (■ Abb. 1.5).

Volle, runde und harmonische Gesichtszüge, die einen fließenden Übergang zueinander haben, werden beim Alterungsprozess in schmale, abgesetzte, tiefer liegenden anatomischen Strukturen zeigende Formen verändert. Man erkennt bei fortgeschrittenem Alterungsprozess die einzelnen Fettkörper und das Knochengerüst. Die Übergänge sind nicht mehr harmonisch, sondern unterbrochen und eigenständig.

Diese natürliche Alterung ist ein unaufhaltsamer Prozess, der die gesamte Lebenszeit anhält. Der Prozess wird von intrinsischen Faktoren beeinflusst, also der Vererbung, pathologischen Vorgängen, hormonellen Dysfunktionen, Adipositas, Geschlecht. Dazu kommen extrinsische Faktoren wie Ernährung, Lichteinwirkung, Rauchen und das modellierende Spiel der Mimik.



■ **Abb. 1.5** Analyse des Lehrfalls: Der Verlust der Oberlippenfülle (a) gehört zu den Zeichen des gealterten Gesichtes, und ihre Wiederherstellung (b) ist ein wichtiger Behandlungsschritt, wenn das Erscheinungsbild verjüngt werden soll. Viele Maßnahmen der Ästhetischen Chirurgie widmen sich deshalb der Augmentation der Lippe (Filler aller Art, Fettzelltransfer, Verschiebeplastiken) und übertreiben dabei immer wieder in karikaturenhafter Weise den Effekt, wenn übersehen wird, dass bei den meisten weißhäutigen Menschen die Oberlippe in natura weniger füllig ist als die Unterlippe, dass die voluminöse Oberlippe eher zum Gesicht der Menschen in Asien und Afrika gehört

Eine Reihe von Patienten hat bei ihrer emotionalen Indikationsstellung allerdings gar nicht ein Aufhalten der sichtbaren Alterung und eine weitgehende Kaschierung ihrer Zeichen im Sinn, sondern den ganz ausdrücklichen Wunsch nach einer Veränderung. Über die Art dieser Veränderung gibt es oft ganz konkrete Vorstellungen. Typische Wünsche zielen ab auf eine ästhetische Nasenplastik, auf die Anlegung auffällig abstehender Ohren, auf die Modellierung allzu markanter Knochenkonturen des Gesichtsschädels und seines Profils oder auf das Absaugen von zu viel Körperfett an Bauch, Kinn, Oberschenkeln oder Oberarmen. Hier geht es nicht um den Erhalt der Individualästhetik, sondern um ihre Harmonisierung. Die Wünsche der Patienten sind nachvollziehbar. Die emotionale Indikation geht hier in eine medizinische Indikation über.

Unter den Patienten, die deutliche Veränderungen vornehmen lassen wollen, finden sich allerdings nicht

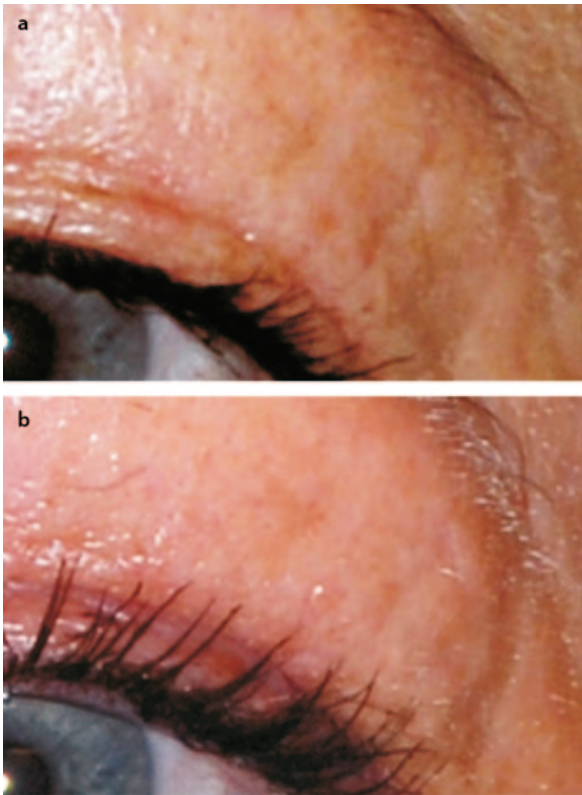
selten auch Menschen, deren Behandlungswunsch nicht nachvollziehbar ist. Die Individualästhetik erscheint hier weder von vorneherein noch in ihrem Erhaltungszustand gefährdet. Das Behandlungsziel bleibt unklar, die gewünschte ärztliche Maßnahme auch. Hier muss der Verdacht auf eine psychopathologisch deformierte Selbstwahrnehmung des eigenen Körpers und seines Erscheinungsbilds entstehen, die als Dysmorphophobie (Body Dysmorphic Disorder, BDD) bezeichnet wird (Jakubietz et al. 2007). Besonders häufig sind diese Menschen, die 10 % des Klientels in der ästhetischen Sprechstunde und noch mehr in der Botulinumtoxin-Sprechstunde ausmachen, unglücklich über ihre Haut, ihre Haare, die Nase und das Gesicht (Borkenhagen 2011), ohne dass sich dies objektiv nachvollziehen ließe und leider auch ohne dass ihnen mit sicherem Erfolg chirurgisch geholfen werden könnte. Der operative Behandlungswunsch erfordert bei diesen Besuchern der Sprechstunde ein klares ärztliches Nein und in schweren Fällen als psychiatrische Störung eine kognitive Verhaltenstherapie (Fornaro et al. 2009). Der Maßstab der modernen ästhetischen Chirurgie sollte nur der zufriedene Patient sein – hierfür haben Preiß und Mitarbeiter eine Behandlungsmaxime aufgestellt (Preiß et al. 2011) –, und weil Menschen mit Dysmorphophobie in den meisten Fällen nicht durch chirurgische Maßnahmen zufrieden gestellt werden können, gehören sie auch nicht auf den Operationstisch. Hier gibt es weder eine medizinische noch eine emotionale ästhetisch-chirurgische Indikation.

1.3 Ästhetisch-chirurgische Techniken

Auf welche Behandlungstechniken kann die Ästhetische Chirurgie zurückgreifen, wenn eine zuverlässige Indikation vorhanden ist?

Die meisten Techniken haben etwas zu tun mit der Straffung von erschlafftem Gewebe, dem Anheben von absinkendem Weichgewebe, der Reduktion von Überschüssen, dem Auffüllen von Defekten, der Modellierung von Knochenkonturen, der Glättung der Hautoberfläche, und sie werden oft in der Chirurgie des Gesichts und des Halses angewendet. Bei den plastischen Korrekturoperationen der Oberlider z. B. lässt sich fast das gesamte Spektrum dieser Maßnahmen wahrnehmen, wie die Betrachtung des Lehrfalls zeigt (■ Abb. 1.6a,b).

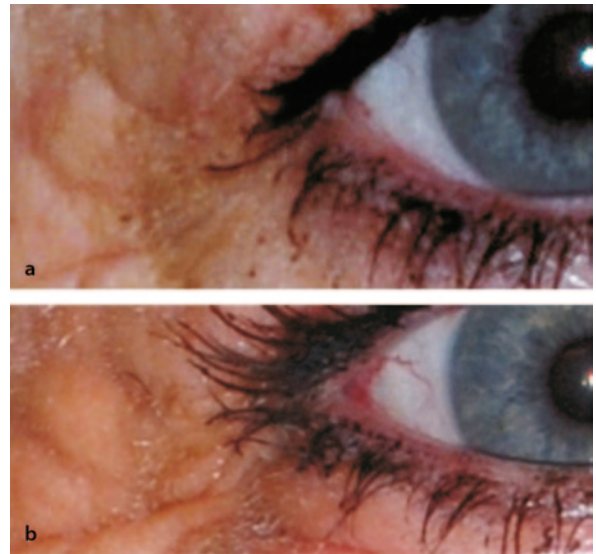
Überhaupt spielt das Erscheinungsbild der Lider für den Gesamterfolg einer Ästhetischen Operation, diesen bei Frauen und Männern so erwünschten Ausdruck einer größeren Lebenszufriedenheit und von besserem Aussehen (Borkenhagen 2011), eine beachtenswerte Rolle: Die eingehende Gesichtsanalyse zeigt gelegentlich eine ungewöhnliche Lidachse. Sie ergibt sich beim Zeichnen einer



■ **Abb. 1.6** Analyse des Lehrfalls: Das Absinken von erschlaffter Oberlidhaut auf die Markise der Wimpern (Blepharochalasis) gibt dem Auge einen ermatteten Aspekt (a). Das Aufheben von der Wimpernfläche (b), die Entfernung des Hautüberschusses und Resektion des darunterliegenden Muskelgewebes, bei Fettüberschuss auch verbunden mit einer sparsamen Verminderung des orbitalen Fettgewebes (Blepharoplastik), gehört zu den am häufigsten gewünschten und bekanntesten Operationen der ästhetischen Chirurgie (Schlupflideroperation). Der chirurgische Aufwand ist vergleichsweise gering, das Risiko überschaubar, der Effekt auf das Erscheinungsbild wirkungsvoll und deutlich günstig. Wenn die Lidhaut allerdings gar nicht durch ihren eigenen Gewebeüberschuss, sondern von abgesunkenen und tief hängenden Augenbrauen auf die Wimpern hinunter gedrückt worden ist (Brauenptosis), wird eher ein Augenbrauenlift erfolgreich sein, auch verbunden mit einem Stirnlift, falls die abgesunkenen Augenbrauen ihrerseits Folgeerscheinung erschlaffter Stirnhaut sind

Verbindungsline durch den medialen und lateralen Augenwinkel. Diese Lidachse hat einen starken Einfluss auf den Gesichtsausdruck, fällt sie von medial nach lateral ab, sprechen wir von einer negativen, steigt sie an, von einer positiven Lidachse. Eine positive Lidachse wirkt in einem Gesicht in der Regel verjüngend und freundlich. Einen ähnlichen Effekt, ein Lächeln mit den Augen, erreicht die Straffung und diskrete Begrädigung der lateralen Unterlidkante (■ Abb. 1.7).

In der Ästhetischen Chirurgie des Rumpf- und Extremitätenbereichs spielen neben den Aufbau- und Reduk-



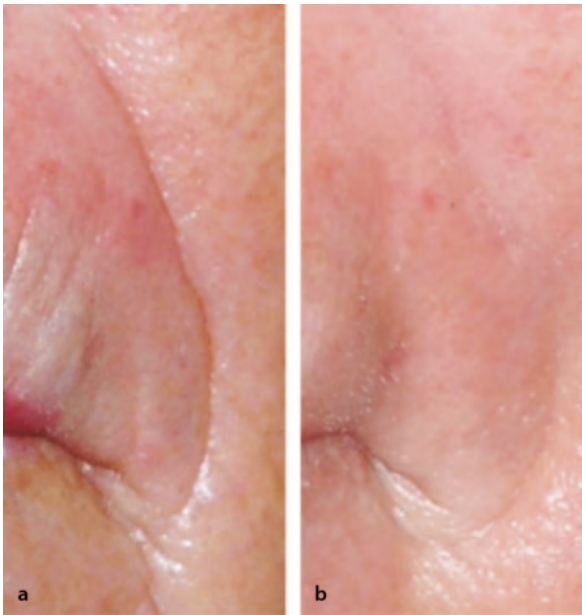
■ **Abb. 1.7** Analyse des Lehrfalls: Der bogenförmige Verlauf der lateralen Unterlidkante lässt viel Sklera unbedeckt und sichtbar, was hier einer unnatürlichen Skleralschau nahekommt und fast an den unschönen Aspekt des Ektropiums erinnert (a). Die operative Straffung des Unterlids macht seine Lidkante geradliniger, wie es für das lächelnde Auge typisch ist (b)

tionsplastiken der Brust und den Bauchdeckenplastiken besonders die Techniken der Fettabsaugung (Liposuktion) eine große Rolle. Solange eine ausreichende Retraktionsfähigkeit der Haut vorhanden ist, lassen sich viele anatomische Regionen durch Liposuktion bei Patienten aller Altersstufen gut und sicher behandeln. Bei zu großem Gewebeüberschuss, fehlender Retraktionsfähigkeit oder überdehnten Hautfettsschichten werden Straffungsoperationen eingesetzt.

Die am häufigsten durchgeführten Straffungsoperationen sind Bauchdeckenreduktionsplastiken, Oberarm- und Innenschenkelstraffungen. Kombinationsoperationen kommen i. Allg. nach massivem Gewichtsverlust zum Einsatz und setzen für ein gutes Langzeitergebnis ein präoperativ stabiles Körpergewicht über mindestens 1 Jahr voraus.

Neben den Fettabsaugungen, bei denen das entfernte Fett verworfen wird, spielen Liposhifting- und Lipofilling-Behandlungen der Körperoberfläche eine zunehmende Rolle, ein Umverteilen und ein Verpflanzen des entnommenen Fettgewebes, wovon insbesondere die ästhetische Gesichtschirurgie profitiert, wenn sie diese Fettexplantate nach Lipotransfer als körpereigene Fetttransplantate in der eigenen Region verwenden kann.

In günstigen Fällen lassen sich dabei gleich mehrere Indikationen und Operationen miteinander kombinieren mit vielfach positivem Effekt für den Patienten. Als ein Beispiel hierfür sei die Kombination von Liposuktion der

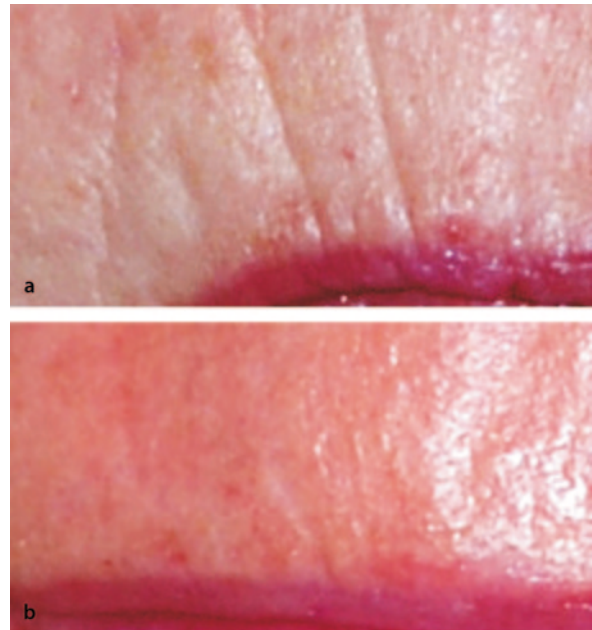


■ **Abb. 1.8** Analyse des Lehrfalls: Die deutlich sichtbare, tiefe Nasolabialfalte entsteht oft durch ein Aufstauen der absinkenden lateralen Gesichtsteile an der Kante der perioralen Ringmuskulatur (a). Die lateralen Gesichtsteile folgen der Schwerkraft und sinken herab (Ptosis), weil ihre aufhängenden Bänder (retaining ligaments) mit zunehmendem Alter erschlaffen. Die Nasolabialfalte wird damit zum Marker der Gesichtsalterung, und ihre Glättung (b) lässt das Gesicht jünger erscheinen. Die Glättung lässt sich erreichen durch ein Auffüllen der tiefen Spalte mit Füllmaterial (z. B. Lipofilling als Fettzelltransfer aus dem Bauchbereich, aber auch artifizielle sog. Filler aller Art), was allerdings im Zusammenhang mit der Entstehung der Nasolabialfalte als symptomatische Behandlung zu bewerten ist und nur einen Teilaspekt der Gesichtsalterung berücksichtigt, oder die abgesackten Weichteile werden wieder in ihre alte anatomische Lage gehoben (Liftingoperation), wodurch sich auch die Nasolabialfalte wieder glatt zieht

Bauchdecke und Lipotransfer mit Lipofilling zum Auffüllen tiefer Nasolabialfalten (■ Abb. 1.8a,b) sowie zur begleitenden Korrektur von flachen, radiären Oberlippenfalten genannt (■ Abb. 1.9a,b).

Das Lipofilling stellt eine etablierte Methode zum Ausgleichen von kleinen, flächigen oder schmalen Weichgewebedefekten mit freien Fettzellen dar, die in der gleichen Operation gerade durch Liposuktion gewonnen worden sind. Bei großvolumigen Defekten und bei großflächigen, tiefen Vernarbungen stößt diese Fetteinspritzung an Grenzen, wenn die Gefäßversorgung im Transplantatlager keine ausreichend schnelle Blutversorgung der freien Fettzellen möglich macht. Der großvolumige Fetttransfer ist deshalb die Domäne mikrochirurgischer Lappenplastiken in der ästhetisch-rekonstruktiven Chirurgie.

Den aktuellen Entwicklungsstand in der Transplantationschirurgie autogener freier Fettlappen demonstriert exemplarisch der Perforator-Fett-Faszienlappen (PFF-



■ **Abb. 1.9** Analyse des Lehrfalls: Die radiäre Fältelung besonders der Oberlippe (a) macht die verlorene Fülle der Lippe, ihr Dünner- und Längerwerden besonders sichtbar und das Erscheinungsbild des Gesichtes alt. Die Glättung dieser Fältelung (b) ist mit den chirurgischen Möglichkeiten des Liftings kaum zu erreichen, weil zum einen die typischen operativen Zugänge zu weit entfernt liegen für einen indirekten Straffungseffekt und zum anderen die direkte Präparation ein großes Verletzungsrisiko des oberflächlichen regionalen Nervenplexus mit sich bringt. Bewährt haben sich nichtchirurgische Verfahren, z. B. Dermabrasio, Peeling oder ablativ Laser

Lappen) von Podmelle (Podmelle 2011). Mit der Weiterentwicklung der intraoperativen radiologischen und sonografischen Bildgebung ist die operative Sicherheit im Umgang mit Gewebelappen, die als Haut-, Fett- oder Bindegewebetransplantat von den Gefäßen der sog. Perforatorsysteme von Haut und Unterhaut im Bauchdeckenbereich versorgt werden, gewachsen. Der große Vorteil solcher Gewebetransplantate aus der Sicht der ästhetisch-rekonstruktiven Chirurgie ist gegenüber Transplantaten von Rücken und Beinen der unauffällige Entnahmedefekt. Bei der Lappenauswahl aus der Bauchdecke wird dieser unvermeidbare Defekt in der Spendergegend oft sogar gewünscht, und die Narbe an der Entnahmestelle kann in gut zu kaschierende Bereiche der Körperoberfläche verlegt werden, z. B. in die Bikinizone. Der reine Fettgewebelappen von Podmelle, der auf diese Weise kaum Entnahmemorbidität mit sich bringt, bezieht sein Gefäßsystem, das mikrochirurgisch mit den Gefäßen im Empfängergebiet anastomosiert werden muss, aus der A. epigastrica inferior. Die Hebung erfolgt unter Erhalt der subkutanen Fettschicht mit ihrer horizontalen Blut-



■ **Abb. 1.10** Ästhetische Chirurgie geht nicht ohne Narbenbildung. Inzisionslinien sind deshalb sorgfältig zu planen. Beim direkten Brauenlift, z. B. dem Anheben der abgesunkenen Augenbraue ohne endoskopischen Zugang vom behaarten Kopf aus, kann man die Inzisionslinien in eine bestehende Stirnfalte (a) oder an die Stirn-Haar-Grenze (b) legen, wobei hier allerdings an ein Zurückweichen dieser Grenze im Lauf der Jahre zu denken ist

versorgung. Der Entnahmedefekt kann v. a. bei normaler weiblicher Fettverteilung kaum wahrnehmbar gehalten werden und später durch Liposhifting, also Verschiebung von Fett im Rahmen eines lokalen Lipofilling, sogar noch weiter kaschiert werden. Es ist möglich, den PFF-Lappen in Form und Größe variabel zur Erhöhung der Blutversorgungs- und damit Einheilungschancen auch mit mehreren Perforatorgefäßen an der A. epigastrica gestielt zu entnehmen. Wenn indiziert, kann die Lappenhebung im Zuge einer Bauchdeckenreduktionsplastik erfolgen und idealerweise doppelten Nutzen für Patientinnen und Patienten haben.

1.4 Ästhetisch-chirurgische Risiken

Bei allen chirurgischen Verfahren drohen Komplikationen typischer operativer Art, z. B. Sensibilitätsverlust oder motorische Lähmung bei Irritation oder Trennung von Nerven, ungünstige Narbenpositionierungen, Dellenbildungen bei zu viel oder zu wenig Reduktion von Weichgewebe, trophische Störungen der Hautoberfläche, und ohnehin sind die chirurgischen Risiken allgemeiner Art zu berücksichtigen wie Blutungen, Wundheilungsstörungen und nicht zuletzt das Narkoserisiko.

Neben den größeren chirurgischen Maßnahmen, für die exemplarisch die Liftingoperationen stehen, kommen minimalinvasive Techniken zum Einsatz, z. B. die Injektion freier Fettzellen. Auch hier ist an Komplikationen zu denken, z. B. die Überkorrektur von Falten, die Infektion



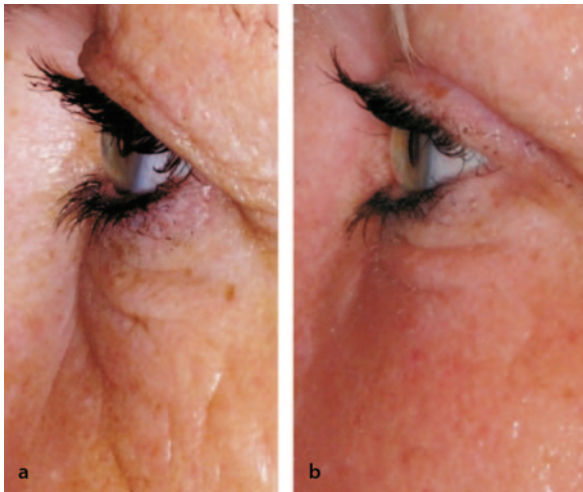
■ **Abb. 1.11** Analyse des Lehrfalls: Gewebeverziehungen können den Erfolg einer ästhetischen Operation in Frage stellen. Wenn z. B. die Ohrmuschel beim Facelift in die Schnittführung einbezogen werden muss (a), spielt die geschickte Platzierung der Inzision an der Innenseite des Tragus eine große Rolle, die zwar in dieser versteckten Lage eine unauffällige Narbe hinterlassen wird, aber die hier auch keiner narbigen Verziehung (b) mit einem Einklappen des Tragus Vorschub leisten sollte oder, noch unschöner, einem Ausklappen (»Rückspiegel«)

der Injektionsstelle oder des Implantats, Störungen der natürlichen Pigmentation, Implantatverlust mit anschließenden unschönen Vernarbungen.

Sowohl chirurgische als auch minimalinvasive Verfahren der Ästhetischen Chirurgie können auch von iatrogenen Komplikationen belastet sein, z. B.

- einem schlecht platzierten Narbenverlauf (■ Abb. 1.10a,b),
- einer falschen Hautvektorkomponente,
- unerwünschten Gewebeverziehungen (■ Abb. 1.11a,b) bei Dehnungsplastiken oder Austauschclappen,
- unerwünschten und permanenten Über- oder Unterkorrekturen.

Die Risiken der Operationen beginnen bei ihrer Planung. Für die gesamte Ästhetische Chirurgie gilt, dem multidynamischen Alterungsprozess multistrukturiert und individualisiert zu begegnen. Das Therapiekonzept muss immer die harmonische Einheit des ganzen Menschen im Blick haben. Alle technischen Maßnahmen sollen strukturgerecht sein. So werden Knochen mit Knochen ersetzt und Weichteile mit Weichteilen. Es geht nicht um Straffung, wenn ein jugendliches Aussehen erreicht werden soll, sondern um Formung (■ Abb. 1.12).



■ **Abb. 1.12** Analyse des Lehrfalls: Wenn Hautüberschuss die Oberlider alt aussehen lässt, dann wird die gealterte Erscheinung der Unterlider besonders durch die Erschlaffung ihrer Augenringmuskelpalte bestimmt, die die tiefer gelegenen Weichgewebe nicht mehr zurückhalten kann und sie nach vorn fallen lässt (a). Die Exzision der überschüssigen Haut im Oberlid und die Straffung der Muskelplatte im Unterlid sind chirurgische Aufgaben. Gemeinsam führen sie zu einer deutlichen Verjüngung des Erscheinungsbilds (b)

Nicht zuletzt gilt die klinische Erfahrung, dass das schöne Erscheinungsbild der Haut wohl am meisten die Zufriedenheit eines Patienten mit seinem Operationsergebnis bestimmt. An dieser Stelle betritt die Ästhetische Chirurgie das Gebiet der Dermatologie, und damit rückt eine Kernkompetenz dieses Faches, die Ästhetische Lasermedizin, in den Mittelpunkt des Interesses.

Die Grundidee, die alle Fächer der Ästhetischen Chirurgie verbindet, ist zugleich ihr gemeinsames Risiko: ihr invasives Vorgehen zur Lösung der Behandlungsaufgabe. Viele Patientenwünsche kann man heute so erfüllen, aber manche auch nicht. Oft hegen die Patienten auch einfach zu hohe Erwartungen an die ärztliche Kunst.

Besonders hohe Erwartungen sind mit dem Begriff »Lasermedizin« verbunden, gerade weil eine Laserbehandlung als milde und wirksame nichtinvasive Therapie gilt. Hier liegt nun wieder das Problem der Ästhetischen Lasermedizin: Ihr therapeutisches Risiko wird oft unterschätzt (Hammes u. Kimmig 2013).

Viele chirurgisch tätige Ärztinnen und Ärzte aller operativen Disziplinen, die ästhetische Eingriffe durchführen, fühlen sich von ihren Patienten heute angeregt, ihr Behandlungskonzept mit Lasertechnik zu ergänzen, wie es die Dermatologen vormachen. Die Frage stellt sich, ob es für eine chirurgische Praxis oder eine chirurgische Klinik sinnvoll und nützlich ist, der Lasermedizin im eigenen Behandlungskonzept eine Rolle zu geben.

1.5 Warum Laser?

Lasermedizin gilt besonders in der Ästhetik als eine Domäne der Dermatologie, die hier seit Langem in der wissenschaftlichen und berufspraktischen Literatur (Landthaler u. Hohenleutner 1998), mit den Therapieempfehlungen der Deutschen Dermatologischen Lasergesellschaft (Bahmer et al. 2008) und nicht zuletzt mit den aktuellen Standardlehrbüchern (Raulin u. Karsai 2013) ausgewiesen ist. Die Einführung der Lasermedizin in eine chirurgische Praxis macht deshalb keinen Sinn, wenn damit im Wesentlichen Behandlungsaufgaben aus dem Spektrum der Dermatologie erobert werden sollen wie Rosazea, Akne, Teleangiektasien, störende Behaarung oder Tätowierungen. Im Kerngebiet der Dermatologie ist jeder Hautarzt mit über 30 Leitlinien seiner Fachgesellschaft mit dem Qualitätsausweis der AWMF (Arbeitsgemeinschaft Wissenschaftlicher Medizinischer Fachgesellschaften) ausgerüstet und schon deshalb seinen chirurgischen Kollegen wissenschaftlich und berufspraktisch überlegen. Für den Patienten kommt bei Chirurgen, die sich ungeschult dermatologisch und hier mit Lasermedizin gerieren, oft nur ein Qualitätsverlust an fachärztlicher Kompetenz heraus (Hammes 2011).

Die Einführung der Lasermedizin in eine ästhetisch-chirurgische Praxis macht dagegen erheblichen Sinn, wenn damit die eigenen chirurgischen Möglichkeiten ausgebaut oder sinnvoll ergänzt werden, z. B. bei Reduktions- und Augmentationsplastiken, bei Ptosis- und Exzisionsoperationen, im freien oder gestielten Gewebelappentransfer. Wenn zum einen der Chirurg durch Lasereinsatz mit weniger Risiken, Belastungen und Komplikationsmöglichkeiten operieren kann und zum anderen mit Lasermedizin für zuvor nicht zugängliche Indikationen neue Operationstechniken entwickelt werden können, ist dies für den Patienten durch geringere Kosten und Ausfallzeiten ein Gewinn (■ Abb. 1.13a,b). Darüber hinaus entsteht ein Qualitätsgewinn in fachärztlicher Kompetenz. Wer dieser Sichtweise zustimmt, darf als Chirurg, der sich gerade lasertechnisch aufrüsten will, mit seiner Geräteliste und seinem Schulungsbedarf mit bestem Gewissen auf sog. chirurgische Laser konzentrieren.

Ob Lasermedizin in der chirurgischen Praxis sinnvoll ist oder nicht, hängt auch davon ab, wie man den Aufwand, der damit verbunden ist, individuell bewertet. Die Einführung der Lasermedizin in das chirurgische Behandlungskonzept bedeutet mehr als ein Aufstellen zusätzlicher Medizingeräte im Operationssaal. Lasermedizin bringt ein neues Präparierinstrument in die Hand des Operators, fordert von ihm ein neues Verständnis von Gewebe und Wundheilung, eine andere, weniger invasiv orientierte Fachkultur, erhebliches physikalisches Grund-

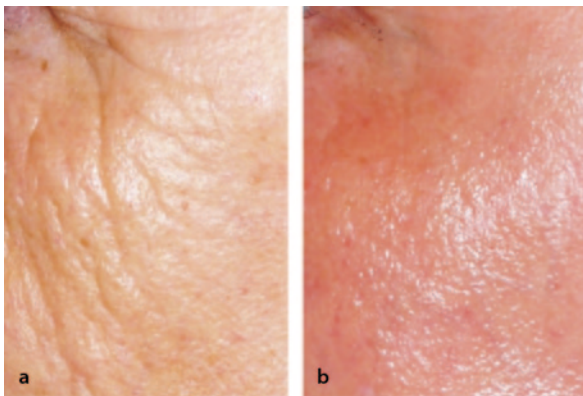


Abb. 1.13 Analyse des Lehrfalls: Die feine Hautfältelung im Wangenbereich hat etwas mit der erschlafften Mikrostruktur der Haut zu tun, und sie trägt zum Erscheinungsbild des gealterten Gesichts bei (a). Eine Laserablation der Hautoberfläche lässt die Gesichtshaut jugendlich gestrafft und rosig erscheinen (b). Mit chirurgischen Techniken ist dieser Effekt, der die ästhetische Wirkung eines Face-lifts verstärkt, nicht zu erzielen

wissen, um das Instrument überhaupt indikationsgerecht und unfallfrei bedienen zu können, neue Investitionen, denn ein Lasergerät ist teuer und man benötigt häufig mehrere davon. Da stellt sich die Frage, was man als Vertreter eines chirurgischen Faches von diesem Aufwand mit dem Laser überhaupt hat. Nachfolgend kommen die wichtigsten Vorzüge.

1.5.1 Gewebeschonung durch Selektivität

Skalpell und Präparierschere prägen das Grundverständnis vom Operieren: durchtrennen, aufschneiden, herausnehmen. Neue Instrumente wie Ultraschalldissektoren, Elektrochirurgie- und kryochirurgische Geräte, Hydro-Jet-Dissektoren und in Zukunft wohl auch Applikatoren von physikalischem Plasma haben diese Grunderwartung an das chirurgische Handwerkszeug kaum verändert.

Chirurgische Laser können die gleiche Grunderwartung bedienen, aber in vielfacher Hinsicht feiner, subtiler und mehr an einer Selektivität für zelluläre Zielstrukturen orientiert, die die Technik der Laserskalpelle mit sich bringt.

Laserskalpelle vom Typ eines CO₂-Lasers präparieren berührungslos mit einem monochromatischen, kollimierten, kohärenten Photonenstrahl. Wenn dieser Strahl in die Hautoberfläche eindringt und mit der entsprechenden Wellenlänge auf Wasser trifft, wird er dort absorbiert und bringt durch seine Energie dieses Wasser explosionsartig zum Kochen. Der Wasserdampf sprengt die umhüllende Zelle. Die Hitzeabstrahlung auf winzigstem Raum lässt feine Blutgefäße in unmittelbarer Nähe koagulieren. In ganz kleinen Schritten, Zelllage für Zelllage, durchtrennt

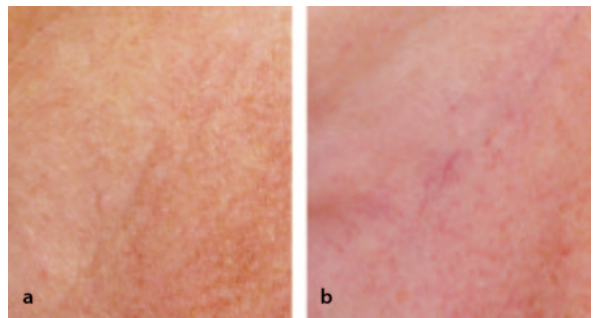


Abb. 1.14 Analyse des Lehrfalls: Wenn die chirurgischen Verfahren mit hypertrophen oder dehiszenten Narbenbildungen rechnen müssen, so sind die ablativen Laserverfahren oft mit posttherapeutischen Pigmentverschiebungen verbunden, einer lange bestehenden oder sogar persistierenden Hyper- oder auch Hypopigmentierung. Es kann auch zu einer Ausdünnung der Haut kommen, die die ursprüngliche Tönung (a) der Haut im Durchscheinen gefäßreicher tieferer Gewebe zum Rötlichen (b) verschiebt

der Laser auf diese Weise die Haut und trägt Gewebe ab. Wie tief und breit der Schnitt des Photonenstrahles im Gewebe ausfällt, lässt sich steuern über seine Wellenlänge, Energie, Strahldurchmesser, Pulsdauer und -frequenz. Anderson und Parrish haben dieses Wirkprinzip, diese präzise Mikrochirurgie durch zielgenaue Aufnahme gepulster Energie, selektive Photothermolyse genannt und die Entdeckung des Laserskalpells 1983 in Science veröffentlicht (Anderson u. Parrish 1983) (Abb. 1.14a,b).

Andere chirurgisch nutzbare Laser, z. B. Farbstofflaser, präparieren mit einer kürzeren Wellenlänge. Ihr Zielchromophor ist nicht Wasser, sondern Hämoglobin, welches seine Absorptionsmaxima im entsprechenden Wellenlängenbereich hat. Wenn ein Photonenstrahl mit dieser Wellenlänge in die Haut eindringt, passiert er ohne wesentliche Wechselwirkungen alle wasserhaltigen Zellen. Dafür entwickelt er seine Feinzerstörung, sobald er auf eine hämoglobinhaltige Zelle trifft. Das Hämoglobin verkocht, die Blut- und Gefäßzellen verkleben. Blutstillung oder die Bildung eines Mikrothrombus ist das Ergebnis.

Laserskalpelle mit bestimmten Wellenlängen im Bereich des sichtbaren Lichtes eignen sich auch zum Entfernen von Farbpartikeln in der Haut und im Gewebe, z. B. von traumatischen Schmutzeinsprengungen. Hier ist das Zielchromophor des Photonenstrahls das Pigment dieser Tätowierung. Die selektive Photothermolyse sprengt den kleinen Fremdkörper.

1.5.2 Nichtinvasive Therapieoptionen

Das Beispiel der Farbpartikel zeigt besonders deutlich die Vorteile des Laserskalpells. Eine Fremdkörperentfernung

lässt sich auch mit dem konventionellen Skalpell und der Präparierschere durchführen, aber bei weitem nicht mit dieser Zielobjektselektivität, nicht mit weitgehender Schonung der unbeteiligten Umgebung und v. a. nicht ohne Inzision der Hautdecke, also nichtinvasiv, und ohne die unausweichlichen Wundheilungsrisiken und die Narbenbildung in der Folge.

Das Beispiel zeigt allerdings auch Risiken einer Gewebeschonung. Der kleine Fremdkörper wird durch die Photothermolyse zu feinem Staub gesprengt, er versinkt anschließend im Lymphsystem der Umgebung, wird auf diese Weise unsichtbar. Aber vollständig weg ist das Material des Fremdkörpers nicht, es ist nicht komplett aus dem Körper des Patienten entfernt worden. Dazu bedürfte es hier dann doch einer Eröffnung der Hautdecke, um das Material auszuschleusen – mit unausweichlicher Hautnarbe. Den ästhetischen Wünschen eines Patienten kommt die nichtinvasive Option der Lasermedizin entgegen, dem medizinischen Verständnis von kurativer Intention manchmal nicht.

1.5.3 Imperativer diagnostischer Nanoblick

Mit dem Laserinstrument nimmt der Chirurg auch eine andere Sichtweise auf Patient und Behandlungsaufgabe ein. Ein Präparierinstrument, das seine Wirksamkeit in der Dimension von Pigmenten und einzelnen Erythrozyten entfalten kann, verursacht auch manche Nebenwirkungen auf dieser Ebene. Der chirurgische Behandler wird hier zum Feinblick auf sein Operationsgebiet gezwungen mit Lupe und Auflichtmikroskop. Denn wenn schon die kleinste Farbstörung in einer Narbe oder ein lokal begrenzter Verlust der Haut an Grundbräune nach der Therapie für viele Patienten den Gesamterfolg einer ästhetischen Operation infrage stellen, dann tut auch der vorsorgliche Chirurg gut daran, seine Laseroperationsergebnisse mit einem Nanoblick zu kontrollieren. Für das ästhetisch-chirurgische Behandlungskonzept entsteht daraus ein sekundärer Qualitätsgewinn.

Wer viel mit Lasergeräten behandelt, gewöhnt sich überhaupt eine dermatologisch anmutende Einstellung an, eine fast unchirurgische Geduld mit Heilungsprozessen, ein weises Verzicht auf große Effekte und radikale schnelle Veränderungen. Diese behutsame ärztliche Haltung kommt den sehr individuellen Wünschen und der Persönlichkeit vieler Patientinnen und Patienten in der Ästhetischen Medizin oftmals mehr entgegen als das chirurgisch-offensive Herangehen an die Behandlungsaufgabe.

1.6 Wofür Laser?

Chirurgen lesen vorwiegend chirurgische Fachzeitschriften, gerne die besten Journals der Plastischen Chirurgie und verwandter operativer Disziplinen, z. B. *Plastic and Reconstructive Surgery*, *Journal of Neurosurgery*, *Journal of Cranio-Maxillofacial Surgery*, *Laryngo-Rhino-Otologie*, *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*. Wer hier die Literaturlage zur Ästhetischen Lasermedizin studiert, findet einige schon klassische Forschungsergebnisse zu der Frage, die die Chirurgen in diesem Zusammenhang zunächst am meisten interessiert: Was kann man mit dem Laser als Präparationsinstrument überhaupt konkret operieren?

Haut lässt sich mit dem Laser blut trocken schneiden, z. B. mit dem fokussierten CO₂-Laser bei kontinuierlichem Energiefluss. Horch u. Piel (1982) haben deshalb schon 1982 für Kleinkinder und Säuglinge bei bestimmten plastischen Operationen das Präparieren mit dem Laser empfohlen, um unnötigen Blutverlust zu vermeiden. Ginsbach (1992) hat bei Lidplastiken mit dem CO₂-Laser weniger Hämatome, Schwellungen und Exsudation gesehen als bei Präparationen mit dem Skalpell. Der CO₂-Laser ist heute in Medizin und Zahnmedizin ein Standardinstrument geworden für umfangreichere Exzisionen und Inzisionen, für blutungsarmes, berührungsfreies und primär aseptisches Schneiden (Westermann u. Podmelle 2009).

Haut lässt sich mit dem defokussierten Laser auch flächig abtragen. Dies hat die Arbeitsgruppe von Raulin frühzeitig zur Behandlung von unerwünschten und nicht zu tiefen Hautfalten genutzt (Werner u. Raulin 1996). In *Plastic and Reconstructive Surgery* erschienen zur gleichen Zeit und zur gleichen Indikation eine Arbeit von Alster u. Garg (1996) und 1 Jahr später noch eine Arbeit von Apfelberg (1997), hier zusätzlich mit dem Blick auf die Behandlung von Aknehaut.

Schleimhaut kann man ebenfalls mit dem CO₂-Laser schneiden, aber u. a. auch mit dem Erbium:YAG-Laser, was die Oralchirurgen schon frühzeitig klinisch beschäftigt hat (Rizoiu et al. 1996).

Weichgewebe und wie es sich mit dem Laser durchtrennen und abtragen lässt, hat Horch tierexperimentell und klinisch sehr zeitig untersucht (Horch 1983). CO₂-Laser schneiden dieses Gewebe leicht und berührungslos und besitzen dabei den Vorteil, dass gleichzeitig parenchymatöse kapilläre Blutungen und Lymphaustritte gestillt werden. Keller (1989) hat in seiner Habilitationsarbeit beschrieben, dass auch Erbium:YAG-Laser orale Weichgewebe schneiden können, allerdings ohne die ausgeprägte Blutstillungsfähigkeit. Aus den experimentellen Arbeiten von Leukauf et al. (1993) wissen wir, dass Laser im inf-

raroten und ultravioletten Wellenlängenbereich ebenfalls Weichgewebe abtragen können.

Blutgefäße können selektiv und ohne Beeinträchtigung der Hautoberfläche mit Farbstofflasern koaguliert werden, wie vielfach publiziert worden ist – natürlich auch in Plastic and Reconstructive Surgery (Achauer et al. 1994). Lemperle und Mitarbeiter haben wohl »als erste in Europa 1976 mit der Anwendung des Argon-Lasers in der Plastischen Chirurgie begonnen« (Ginsbach et al. 1977; Ginsbach 1992). Die Kinderchirurgen Waldschmidt und Berlien hatten 1988 über eine Auswahl verschiedener Lasertypen bei der Behandlung von oberflächlichen und tiefen Gefäßanomalien berichtet (Waldschmidt et al. 1988). Die Indikation wurde erweitert auf die Blutstillung bei Patienten mit hämorrhagischen Diathesen und auf die zahnärztlich-chirurgische Behandlung gerinnungsgestörter Patienten (Ackermann 1989).

Knochen lassen sich berührungslos und aseptisch mit dem Laserskalpell durchtrennen, wobei allerdings eine mehr (CO₂-Laser) oder weniger (Erbium:YAG-Laser) breite thermische Schädigungszone und Wundheilungsverzögerung in Kauf genommen werden muss, wie Horch et al. (1978) in der MKG-Chirurgie schon 1978 herausgearbeitet haben. Zumindest vier Habilitationen sind danach dem Hartgewebebohren und -schneiden (Eyrich 2004), den neuen Verfahren der Bearbeitung von Hartgeweben mit dem Laser (Scholz 1992), der Laserosteotomie in der Medizin (Siebert 1991) gewidmet, oder ob und wie sich mit dem Erbium:YAG-Laser orale Hartgewebe präparieren lassen (Keller 1989). Das Problem der thermischen Knochenschädigung bei der Laserosteotomie ist ein laufendes Thema in der chirurgischen Literatur (Jahn et al. 1994; Ivanenko et al. 2002, 2005).

Die Präparation von Knorpel ist mit verschiedenen Lasersystemen möglich, insbesondere von Faserknorpel mit effizientem Abtrag und minimaler Schädigung. Dazu gibt es frühe tierexperimentelle Arbeiten aus der Meniskuschirurgie (Grothues-Spork et al. 1994). Jahn et al. (1994) haben dabei im Unfallchirurg auch hier auf die thermischen Nebeneffekte hingewiesen. Die Präparation von Kiefergelenkknorpel ist in vitro (Liesenhoff u. Funk 1994) und arthroskopisch beschrieben worden (Koslin u. Martin 1993). Mazzonetto und Spagnoli konnten mit Langzeituntersuchungen nach arthroskopischer Diskusentfernung im Kiefergelenk über das Präparieren von Knorpeln mit einem geeigneten Laser berichten (Mazzonetto u. Spagnoli 2001).

Eine sehr plastisch-chirurgische Anwendungsmöglichkeit von Lasern betrifft die mikrochirurgische Gefäßfusion und Nervadaption, z. B. beim freien Transfer von großen Gewebelappen in der ästhetisch-rekonstruktiven oder augmentierenden Chirurgie. Experimentelle Arbei-

ten haben sich mit der CO₂-laserassistierten Mikrogefäßfusion beschäftigt (Ahmadi et al. 1992) und 1993 hat die Arbeitsgruppe von Bentz in Plastic and Reconstructive Surgery über placentare arterielle Anastomosen berichtet (Bentz et al. 1993). Die Nervadaption mit verschiedenen Lasersystemen ist im Tiermodell und auch klinisch beschrieben worden, sehr früh von Almquist et al. (1984) im J Hand Surg, dann von der Arbeitsgruppe von Bailes im J Neurosurg (Bailes et al. 1989) und von Fischer (1997) in einer medizinischen Dissertation.

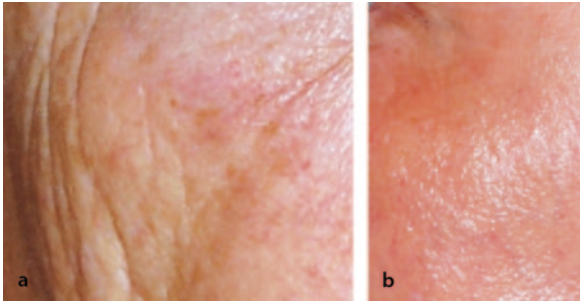
Wenn allein schon die historische Literatur in den operativen Fächern so viele Einsatzmöglichkeiten für die chirurgischen Laser zeigt, stellt sich für den Praktiker die Frage nun ganz konkret: Laser oder Skalpell?

1.7 Laser oder Skalpell?

Die Ästhetische Medizin ist ein Querschnittsgebiet. Viele Fächer streiten gemeinsam um gute Behandlungskonzepte. Der Dermatologe Raulin und der MKG-Chirurg Drommer haben schon 1997 im Leitjournal der HNO-Medizin über die Frage diskutiert, ob bei der Behandlung tiefer Gesichtsfalten der CO₂-Laser eine Alternative oder eine Ergänzung zum chirurgischen Facelift darstellt (Raulin et al. 1997). Im Sammelwerk »Ästhetische Chirurgie« des HNO-Arztes Mang und des MKG-Chirurgen Bull berichtet die Arbeitsgruppe des Dermatologen Wiek über die Ergebnisse der Farbstofflasertherapie von Naevi flammei bei Erwachsenen (Wiek et al. 1996). Bei der Behandlung von Hämangiomen und vaskulären Malformationen empfiehlt sich oft die Kombination von plastischer Chirurgie und Lasertherapie (Poetke et al. 1997). Für hypertrophe Narben und Keloide gab es schon 1995 Studien von Bier und Berlien, zuerst eine Exzision und dann eine postoperative prophylaktische Laserbehandlung durchzuführen (Kuhls et al. 1995).

Unser eigenes Behandlungskonzept, beispielhaft im Lehrfall illustriert bei Ptosis des Gesichts (■ Abb. 1.1), verbindet chirurgische Anhebung und Straffung der Weichteilstrukturen, Fettkompartments und Muskelzüge mit lasermedizinischer Glättung der Hautoberfläche insbesondere perioral und periorbital. Die Inzisionen bei der Blepharoplastik führen wir gerne blut trocken, primär aseptisch und berührungslos mit dem CO₂-Laser durch. Die ■ Abb. 1.15a und b zeigen in einem Ausschnitt vom Gewebebild über der Jochbeinprominenz den Effekt.

Das moderne chirurgische Behandlungskonzept in der Ästhetik kombiniert heute Skalpell und Laser. Und wohin geht die weitere Entwicklung? Was könnte morgen zum chirurgischen Kontext in der Ästhetischen Medizin gehören und Skalpell und Laser ergänzen?



■ **Abb. 1.15** Analyse des Lehrfalls: Das Faltenbild im lateralen Mittelgesicht trägt zu einem gealterten Erscheinungsbild bei (a). Verschiedene Ursachen machen unterschiedliche Behandlungsansätze sinnvoll. Wo es sich um Hautaufwerfungen über abgesunkenen Weichgeweben handelt, ist eine Anhebungsoperation (Lifting) wirkungsvoll. Eine Erschlaffung der oberen Hautstrukturen selbst lässt sich mit einem ablativen Laser behandeln (Facial Rejuvenation). Wenn übermäßige Motorik der mimischen Muskulatur regelmäßig Falten in die Haut »eingräbt«, kann eine dosierte therapeutische Parese hilfreich sein (Botulinum-Toxin-Injektionen). Oftmals ist eine Kombination angezeigt wie in diesem Fall von Laser und Skalpell (b)

1.8 Oder Physikalisches Plasma?

Das medizintechnische Instrumentarium der Plasmamedizin steht vor seiner breiten Einführung in die Klinik. In der Universität Greifswald wurde 2012 Thomas von Woedtke auf den ersten Lehrstuhl für Klinische Plasmamedizin berufen, im Elsevier-Verlag erscheint mit Clinical Plasma Medicine das erste klinische internationale peer-reviewed Journal und 2013 wurde in Berlin das Nationale Zentrum für Plasmamedizin gegründet. In der experimentellen Forschung wird auch an den Anwendungsmöglichkeiten im Zusammenhang mit der Ästhetischen Medizin gearbeitet.

So konnte in ersten klinischen Studien gezeigt werden, dass Hautläsionen, die von ablativen Lasern gesetzt worden sind, mit dem ästhetisch besten Ergebnis im Vergleich zu unbehandelten Kontrollen heilen, wenn sie wiederholt kurzzeitig mit einem physikalischen CAP-Plasma (Cold Atmospheric Pressure-Plasma) stimuliert worden sind (Metelmann et al. 2012), das als Jet-Strahl aus einem Handinstrument (Pen) die Wundfläche bestreicht (■ Abb. 1.16a,b).

Neben diesen Arbeiten, in denen die Plasmamedizin Laser und Skalpell unterstützt, wird Grundlagenforschung zu der Frage betrieben, ob Plasmamedizin unabhängig von Laser und Skalpell ästhetische Wirksamkeit entfaltet. So lässt sich in histologischen Untersuchungen von Haut, die mit CAP-Plasma behandelt worden ist, erkennen, dass sich die Hautoberfläche glättet, strafft und reinigt (von Woedtke et al. 2013) (■ Abb. 1.17a,b).



■ **Abb. 1.16** a Mit einem CO₂-Laser (UltraPulse, Lumenis, Deutschland) werden am Unterarm eines Probanden 4 Hautläsionen gesetzt (single shot 20 W, 100 mJ, 200 Pulse/min). Die 4 Läsionen werden einmalig für 10 s (A), einmalig für 30 s (B), gar nicht (C) oder an 3 Tagen hintereinander jeweils für 10 s (D) mit einem Plasmastrahl (argon gas flow rate 5 slm, 3 kVpp, 1 MHz) eines CAP-Plasma-Pen (kinpen MED, neoplas tools, Deutschland) bestrichen. b Nach 10 Tagen zeigt sich die mehrfach kurzzeitig mit CAP-Plasma behandelte Laserläsion (D) ästhetisch weniger auffällig als u. a. die unbehandelte Laserläsion (C). (Aus Metelmann et al. 2012; figure reprinted with permission from The American Journal of Cosmetic Surgery)

Plasmageräte mit heißem Argon-Gasplasma werden in der Chirurgie schon seit vielen Jahren eingesetzt, z. B. für blutungsarme Weichgeweberesektionen und zur Blutstillung auf großen Oberflächen (Stalder et al. 2005; Raiser u. Zenker 2006). Neu und für die Ästhetische Medizin interessant sind Handgeräte, die bei Normaltemperatur und Atmosphärendruck ein Plasma mit Argon erzeugen können, ein ionisiertes Gas mit angeregten Spezies, z. B. aktivierten Sauerstoff- und Stickstoffmolekülen (Weltmann u. von Woedtke 2011). Dieses sog. Kaltplasma, das als Jet mit Handstücken wie von Lasergeräten appliziert werden kann, ist antimikrobiell wirksam, antientzündlich, und es beschleunigt die Heilung oberflächlicher Hautwunden durch Unterstützung der Zellproliferation (Fridman et al. 2008; Stoffels et al. 2008; Heinlin et al. 2011; Daeschlein et al. 2012).

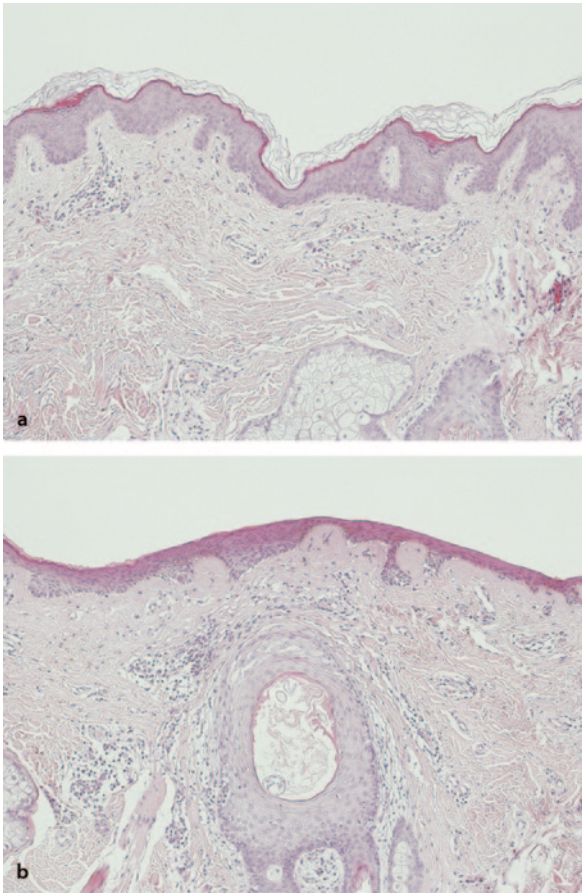


Abb. 1.17 Zwei Exzidate aus unmittelbar benachbarter Hals-haut sind sofort nach Entnahme (ex vivo) für 10 min **a** unbehandelt gelagert oder **b** mit einem Plasmastrahl (argon gas flow rate 5 slm, 3 kVpp, 1 MHz) eines CAP-Plasma-Pen (kinpen MED, neoplas tools, Deutschland) behandelt worden. Im Vergleich der HE-gefärbten Präparate zeigen sich eine Verschmälerung und Färbungsverstärkung des Epithels, eine Abflachung seiner Ober- und Unterfläche, eine Reinigung von Auflagerungen. (Aus von Woedtke u. Metelmann 2013; mit frdl. Genehmigung von K. Evert, Institut für Pathologie, Universität Greifswald)

1.9 »Take Home Messages«

1. Zum chirurgischen Kontext in der Ästhetischen Medizin gehören neben dem Skalpell auch Laser und perspektivisch Plasmajet. Da sich ihre Maßnahmen nicht auf dringliche medizinische Indikationen stützen dürfen, kommt es u. a. auf eine sehr sorgfältige Auswahl der geeigneten Patientinnen und Patienten an, auf ein Hygienekonzept ohne jede Risikotoleranz und auf ein prozessorientiertes Qualitätsmanagement durch strukturierte ärztliche Weiterbildung.
2. Die emotionale Indikation, die den Patientenwunsch in der Ästhetischen Chirurgie in den Mittelpunkt stellt, ist ein extrem anspruchsvoller Behandlungs-

auftrag. Weil die Operation damit hocheffektiv ist, müssen die Gefährdungen so gering wie möglich sein. Der Gesundheitszustand der Patienten darf in keiner Weise tangiert werden, auch von der Narkose darf keinerlei Gefährdung ausgehen. Die Aufklärung ist bis in äußerst seltene, dennoch mögliche Schwierigkeiten für den Patienten auszudehnen, und die Dokumentationen dürfen keinen Makel aufweisen.

3. Chirurgie ist invasiv, und es drohen bei allen invasiven chirurgischen Verfahren Komplikationen typischer operativer Art, z. B. Sensibilitätsverlust oder motorische Lähmung bei Irritation oder Trennung von Nerven, ungünstige Narbenpositionierungen, Dellenbildungen bei zu viel oder zu wenig Reduktion von Weichgewebe sowie trophische Störungen der Hautoberfläche. Ohnehin realisieren sich immer wieder die chirurgischen Risiken allgemeiner Art wie Blutungen, Wundheilungsstörungen und nicht zuletzt das Narkoserisiko. Deshalb verbinden viele Patienten mit dem Begriff Lasermedizin hohe Erwartungen, weil eine Laserbehandlung als nichtinvasive Therapieoption gilt.
4. Chirurgische Laser können viele Erwartungen eines Chirurgen an Skalpell und Präparierschere bedienen – in mancher Hinsicht sogar feiner, subtiler und mehr an einer Selektivität für zelluläre Zielstrukturen orientiert, als es die invasive Chirurgie vermag. Farbstofflaser lassen mit weitgehender Schonung der unbeteiligten Umgebung ohne Inzision der Hautdecke präparieren, also nichtinvasiv, und ohne die unausweichlichen Wundheilungsrisiken und die Narbenbildung in der Folge.
5. Chirurgen, die viel mit Lasergeräten behandeln, gewöhnen sich eine dermatologisch anmutende Einstellung an, eine fast unchirurgische Geduld mit Heilungsprozessen, ein weises Verzichten auf große Effekte und radikale schnelle Veränderungen. Diese behutsame ärztliche Haltung kommt den sehr individuellen Wünschen und der Persönlichkeit vieler Patientinnen und Patienten in der Ästhetischen Medizin oftmals mehr entgegen als das chirurgisch-offensive Herangehen an die Behandlungsaufgabe.

Literatur

- Anderson RR, Parrish JA (1983) Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 220 (4596): 524–527
- Achauer BM, Nelson JS, Van der Kam VM, Applebaum R (1994) Treatment of traumatic tattoos by Q-switched ruby laser. *Plast Reconstr Surg* 93: 318
- Ackermann K (1989) Hämorrhagische Diathesen. In: Horch HH (Hrsg) Zahnärztliche Chirurgie. Praxis der Zahnheilkunde, 2. Aufl. Bd. 9. Urban & Schwarzenberg, München, S 347–363

- Ahmadi A, Böhm M, Zimmermann B et al. (1992) Experimentelle CO₂-laserassistierte mikrochirurgische Gefäßfusion. *Lasermed* 7: 216
- Almquist EE, Nachemson A, Auth D et al. (1984): Evaluation of the use of the argon laser in repairing rat and primate nerves. *J Hand Surg* 9: 792
- Alster TS, Garg S (1996) Treatment of facial rhytides with a high-energy pulsed carbon dioxide laser. *Plast Reconstr Surg* 98: 791
- Apfelberg DB (1997) Ultrapulse carbon dioxide laser with CPG scanner for full-face resurfacing for rhytids, photoaging, and acne scars. *Plast Reconstr Surg* 99: 1817
- Bahmer F, Drosner M, Hohenleutner U, Kaufmann R, Kautz G, Kimmig W, Landthaler M, Neumann R, Raulin C, Seeber N (2008) Recommendations for medical and aesthetic treatment of skin using laser or intense pulsed light (IPL) systems. *Medical Laser Application* 23: 105–114
- Bailes JF, Cozzens JW, Hudson AR et al. (1989) Laser-assisted nerve repair in primates. *J Neurosurg* 71: 266
- Bentz ML, Parva B, Dickson CS et al. (1993) Laser-assisted microvascular anastomosis of human adult and placental arteries with expanded polytetrafluoroethylene microconduit. *Plast Reconstr Surg* 91: 1124
- Borkenhagen A (2011) Der Natur nachgehoften. *Gehirn&Geist* 1: 30
- Daeschlein G, Scholz S, Arnold A, von Podewils S, Haase H, Emmert S, von Woedtke T, Weltmann KD, Jünger M (2012) In vitro susceptibility of important skin and wound pathogens against low temperature atmospheric pressure plasma jet (APPJ) and dielectric barrier discharge plasma (DBD). *Plasma Processes and Polymers* 9/4: 380
- Eyrich GKH (2004) Hard-tissue drilling and cutting with a 9.6 µm-CO₂-laser. *Med Habilitationsschriftschrift, Univ Zürich*
- Fischer AM (1997) Vergleichende Untersuchung mikrochirurgischer Nervenkoaptation mittel Argonlaser und konventioneller Nahttechnik. *Med Diss, Techn Univ München*
- Fornaro M, Gabrielli F, Albano C, Fornaro S, Rizzato S, Mattei C, Solano P, Vinciguerra V, Fornaro P (2009) Obsessive-compulsive disorder and related disorders: a comprehensive survey. *Annals of General Psychiatry* 8: 13
- Fridman G, Friedman G, Gutsol A, Shekter AB, Vasilets VN, Fridman A (2008) Applied plasma medicine. *Plasma Processes and Polymers* 5: 503
- Funk W, Podmelle F, Guiol C, Metelmann H-R (2012) *Journal of Cranio-Maxillo-Facial Surgery* 40 (5): 439
- Ginsbach G (1992) Lidplastik mit CO₂-Laser. Eine komparative Studie. In: Neumann HJ (Hrsg) *Möglichkeiten und Grenzen der ästhetisch-plastischen Gesichtschirurgie*. Einhorn, Reinbek, S 157–159
- Ginsbach G, Höhler H, Lemperle G (1977) Die Behandlung großflächiger Haemangiome mit dem Argon-Laser. *Langenbecks Arch Chir* 345: 45
- Grothuses-Spork M, Bernard M, Müller G (1994) Fünf Lasersysteme zur arthroskopischen Meniskus Chirurgie im Tierversuch. In: Berlien HP, Müller G (Hrsg) *Angewandte Lasermedizin. Lehr- und Handbuch für Praxis und Klinik*. Ecomed, Landsberg, Erg Lfg 8, Kap VI-3.11.2.2.: 1
- Groult B (2011) *Meine Befreiung (Originaltitel: Mon évation)*. Berlin Verlag
- Hammes S (2011) *Qualitätssicherung in der Ästhetischen Medizin durch universitäre Weiterbildung: Diploma in Aesthetic Laser Medicine (DALM)*. Springer, Heidelberg
- Hammes S, Kimmig W (2013) Nebenwirkungen und Komplikationen in der Therapie mit Laser- und Lichtgeräten. *Hautarzt* 64: 145–154
- Heinlin J, Isbary G, Stolz W, Morfill G, Landthaler M, Shimizu T (2011) Plasma applications in medicine with a special focus on dermatology. *Journal of the European Academy of Dermatology and Venereology* 25: 1
- Horch HH (1983) *Laser-Osteotomie und Anwendungsmöglichkeiten des Lasers in der oralen Weichteilchirurgie. Eine tierexperimentelle und klinische Studie*. Berlin, Quintessenz
- Horch HH, Piel HE (1982) Der Blutverlust bei Gaumenspaloplastiken im Kleinkindesalter unter Anwendung des Lasers. In: Scheunemann H, Schmidseider R (Hrsg) *Plastische und Wiederherstellungschirurgie bei bösartigen Tumoren*, Springer, Berlin, S 332
- Horch HH, McCord RC, Keiditsch E (1978) Histological and long term results following laser osteotomy. In: Kaplan I (Hrsg) *Laser surgery II*. Jerusalem Acad Press, S 319
- Ivanenko MM, Fahimi-Weber S, Mitra T et al. (2002) Bone tissue ablation with sub-microS pulses of a Q-switch CO₂ laser: Histological examination of thermal side effects. *Lasers Med Sci* 17: 258
- Ivanenko M, Werner M, Afilal S et al. (2005) Ablation of hard bone tissue with pulsed CO₂ lasers. *Med Laser Appl* 20: 13
- Jakubietz M, Jakubietz R, Grünert J (2007) Body dysmorphic disorder – Dysmorphophobie. *Zentrbl Chir* 132: 38
- Jahn R, Bleckmann A, Duczynski E et al. (1994) Thermische Nebeneffekte nach Anwendung gepulster IR-Laser am Meniskus- und Knorpelgewebe. *Unfallchir* 20: 1
- Keller U (1989) Die ablative Wirkung des Erbium:YAG-Lasers an oralen Hart- und Weichgeweben. *Med Habil Schrift, Univ Ulm*
- Koslin MG, Martin JC (1993) The use of the holmium laser for temporomandibular joint arthroscopic surgery. *J Oral Maxillofac Surg* 51: 122
- Kuhls R, Bier J, Berlien HP (1995) Behandlung von hypertrophen Narben bzw. Keloiden durch zentrale Exzision mit anschließender postoperativer prophylaktischer Argon-Laser-Bestrahlung – Ergebnisse einer präliminären Studie. *Lasermed* 11: 67
- Landthaler M, Hohenleutner U (1998) *Laseranwendungen in der Dermatologie*. Dt Ärztebl 95: A–280
- Leukauf M, Tröhdan A, Kautzky M et al. (1993) Infrared laser soft tissue ablation versus ultraviolet excimer laser. Experimental introduction of the Hol:YAG-laser in oral surgery. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 76: 425
- Liesenhoff T, Funk A (1994) Treatment of temporomandibular joint structures by 308-nm excimer laser-an in vitro investigation. *Int J Oral Maxillofac Surg* 23: 425
- Mazzonetto R, Spagnoli DB (2001) Long-term evaluation of arthroscopic discectomy of the temporomandibular joint using the Holmium YAG laser. *J Oral Maxillofac Surg* 59: 1018
- Metelmann HR, Podmelle F, Müller-Debus C, Funk W, Westermann U, Hammes S (2011) *Ästhetische Lasermedizin. MKG-Chirurg* (4): 47–58
- Metelmann HR, von Woedtke T, Bussiahn R, Weltmann KD, Rieck M, Khalili R (2012) Experimental recovery of CO₂-laser skin lesions by plasma stimulation. *Am J Cosm Surg* 29(1): 52–56
- Podmelle F (2011) Der Perforator-Fett-Faszienlappen des Arteria epigastrica inferior (DIEA)-Systems. *Inaugural-Diss, Med Fak Univ Greifswald*
- Podmelle F, Kaduk W, Metelmann HR (2009) Individualästhetik in der Gesichtschirurgie. *face* 4: 6
- Poetke M, Hoffmeister B, Philipp C, Berlien HP (1997) Laserbehandlung und plastisch chirurgische Therapie – eine interdisziplinäre Zusammenarbeit in der Behandlung von Hämangiomen und vaskulären Malformationen. In: Rudolph H (Hrsg) *Plastische und Wiederherstellungschirurgie. Qualitätssicherung–Komplikationen–Innovationen*, S 401
- Preiß S, Borkenhagen A, Schedl T, Schikora K, Schneider W (2011) Der Maßstab der modernen ästhetischen Chirurgie sollte nur der zufriedene Patient sein – Körperbildforschung im Rahmen der

- rekonstruktiven und ästhetischen Plastischen Chirurgie. *face – international magazine of orofacial esthetics* 5: 48
- Raiser J, Zenker M (2006) Argon plasma coagulation for open surgical and endoscopic applications: state of the art. *J Phys D: Appl Phys* 39: 3520
- Raulin C, Karsai S (2013) *Lasertherapie der Haut*. Springer, Berlin
- Raulin C, Drommer RB, Schönermark MP, Werner S (1997) Gesichtsfalten – ultragepulster CO₂-Laser: Alternative oder Ergänzung zum chirurgischen face lifting? *Laryngo Rhino Otol* 76: 351–357
- Rizioiu IM, Eversole LR, Kimmel AI (1996) Effects of an erbium, chromium: yttrium, scandium, gallium, garnet laser on mucocutaneous soft tissues. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 82: 386
- Scholz C (1992) *Neue Verfahren der Bearbeitung von Hartgewebe in der Medizin mit dem Laser*. Med Habil Schrift, Berlin
- Siebert W (1991) *Laser-Osteotomie mit experimentellen Lasersystemen*. Med Habil Schrift, Hannover
- Stalder KR, McMillen DF, Woloszko J (2005) Electrosurgical plasmas. *J Phys D: Appl Phys* 38: 1728
- Stoffels E, Sakiyama Y, Graves DB (2008) Cold atmospheric plasma: charged species and their interactions with cells and tissue. *IEEE Transactions on Plasma Science* 36:1441
- Waldschmidt J, Berlien HP, Hauck GW, El Dessouky M (1988): Auswahl verschiedener Lasertypen bei der Behandlung von oberflächlichen und tiefen Gefäßanomalien. *Z Kinderchir* 43: 6
- Weltmann KD, von Woedtke T (2011) Campus PlasmaMed from basic research to clinical proof. *IEEE Transactions on Plasma Science* 39: 1015
- Werner S, Raulin C (1996) Behandlung von Falten mit dem ultragepulsten CO₂-Laser. *Akt Dermatol* 22: 334
- Westermann U, Podmelle F (2009) Laseranwendungen in der ZMK-Heilkunde. In: Schwenzer N, Ehrenfeld M (Hrsg) *Zahnärztliche Chirurgie*. Thieme, Stuttgart, S 283
- Wiek K, Vanscheidt W, Zoppelt M, Schöpf E (1996) Therapieergebnisse bei der Behandlung von Naevi flammei Erwachsener mit dem Blitzlampen-gepumpten gepulsten Farbstofflaser. In: Mang WL, Bull HG (Hrsg) *Ästhetische Chirurgie*. Einhorn, Reinbek, S 84
- von Woedtke T, Metelmann HR (2013) Editorial. *Clinical Plasma Medicine* 1(2): 1
- Norris JEC (1991) The effect of carbon dioxide laser surgery on the recurrence of keloids. *Plast Reconstr Surg* 87: 44
- Nuss RC, Fabian RL, Sarkar R, Puliafito CA (1988) Infrared laser bone ablation. *Lasers Surg Med* 8: 381
- Philipp C, Berlien HP, Poetke M, Waldschmidt, J (1996): Zehn Jahre Laserbehandlungen von Hämangiomen und vaskulären Malformationen (CVD). In: Schmelzle G, Bschorer R (Hrsg) *Plastische und Wiederherstellungschirurgie. Ein Jahrbuch*. Um-Med Lorch: 936
- Poetke M, Philipp CM, Urban P, Berlien HP (2004) Laser therapy of haemangiomas and vascular malformations – techniques and strategies. *Med Laser Appl* 19: 31
- Yow L, Nelson JS, Berns MW (1989) Ablation of bone and polymethylmethacrylate by an XeCl (308 nm) excimer laser. *Lasers Surg Med* 9: 141

Weiterführende Literatur

- Abergel RP, Dwyer RM, Meeker CA et al. (1984) Laser treatment of keloids: A clinical trial and an in vitro study with Nd:YAG laser. *Lasers Surg Med* 4: 291
- Abergel RP, Meeker CA, Dwyer RM et al. (1984) Nonthermal effects of Nd:YAG laser on biological functions of human skin fibroblasts in culture. *Laser Surg Med* 3: 279
- Achauer BM, van der Kam VM, Padilla JF (1993) Clinical experience with the tunable pulsed-dye laser (585 nm) in the treatment of capillary vascular malformations. *Plast Reconstr Surg* 92: 1233
- Alster TS (1995) Complete elimination of large café-au-lait birthmarks by the 510-nm pulsed dye laser. *Plast Reconstr Surg* 96: 1660
- Dover JS (1006) Editorial. CO₂ laser resurfacing: Why all the fuss? *Plast Reconstr Surg* 98: 506
- Gerard N, Hendler BH (1995) Laser arthroscopy of the temporomandibular joint. *Compend Contin Enduc Dent* 16: 350
- Koslin, MG, Quinn JH, Catone, GA (1997) Laser surgery of the temporomandibular joint. Part I: Use of the holmium laser in temporomandibular joint surgery. In: Catone GA, Alling C (Hrsg) *Laser applications in oral and maxillofacial surgery*. Saunders, Philadelphia, S 197

Patientenauswahl

H. J. Grabe

- 2.1 Das Problem des unangemessenen Behandlungswunsches – 20**
- 2.2 Symptomatik und Epidemiologie – 20**
 - 2.2.1 Symptomatik – 20
 - 2.2.2 Epidemiologie – 21
- 2.3 Ursachen – 21**
- 2.4 Psychiatrische Komorbidität und Differenzialdiagnose – 21**
 - 2.4.1 Zwangsstörung – 22
 - 2.4.2 Essstörungen – 22
 - 2.4.3 Trichotillomanie – 22
 - 2.4.4 Hypochondrie – 22
 - 2.4.5 Wahnhaftige Erkrankungen – 22
- 2.5 Therapie der Dysmorphophobie – 22**
 - 2.5.1 Diagnostisch-therapeutisches Gespräch – 22
 - 2.5.2 Psychodynamische Therapie – 23
 - 2.5.3 Verhaltenstherapie – 23
 - 2.5.4 Pharmakotherapie – 23
- 2.6 »Take Home Messages« – 24**
 - Literatur – 24**

Die emotionale Indikation, die den Patientenwunsch in der Ästhetischen Chirurgie in den Mittelpunkt stellt, ist ein extrem anspruchsvoller Behandlungsauftrag, wird aber nicht selten von Selbstwahrnehmungsstörungen beeinflusst, die bei der Patientenauswahl Berücksichtigung finden müssen. Patienten mit Dysmorphophobien oder ähnlichen psychiatrischen Störungen häufen sich in der Praxis von ästhetisch tätigen Chirurgen und Dermatologen und werden dort häufiger gesehen als bei Psychiatern. Wenn einige verdächtige Symptome zusammenkommen, sollte man sich etwas Zeit nehmen mit einer orientierenden Exploration, damit man dann u. U. viel Zeit sparen kann, falls die Verdachtsdiagnose sich erhärtet. Vor größeren Operationen der Ästhetischen Gesichtschirurgie wird gewarnt, weil sie lediglich die somatische Oberfläche der psychosomatischen Erkrankung beeinflussen und nahezu immer unzufriedene Patienten hinterlassen, die schnell den Weg zum Anwalt suchen. Psychiater raten, dem Patienten nur mit kleinschrittigen Operationsmaßnahmen und geringem Risiko entgegenzukommen, wenn der Patient sich dafür parallel dazu in eine Psychotherapie begibt.

2.1 Das Problem des unangemessenen Behandlungswunsches

Die emotionale Indikation ist bei den meisten Patienten die primäre Motivation für ihren Wunsch nach ästhetischer Chirurgie. Hierbei ist es offensichtlich, dass die emotionale Indikation von vielen persönlichen und gesellschaftlichen Einflüssen abhängt, aber auch von der seelischen und emotionalen Gesundheit des Betroffenen. Am sinnvollsten ist es, von einem Kontinuum zwischen »objektiv indiziert«, »subjektiv angemessen« und »subjektiv unangemessen« auszugehen. »Objektiv indiziert« bezieht sich hierbei auf eine medizinische Indikation die tatsächlich eine Anomalie oder Traumafolgen beseitigen soll. »Subjektiv angemessen« bezeichnet den Wunsch nach größerer Schönheit oder der Beseitigung von Alterserscheinungen – ein Wunsch, der in Abhängigkeit von den körperlichen Voraussetzungen vom Chirurgen und vermutlich auch von den meisten anderen Menschen mit vergleichbaren sozialen Normen und Einstellungen nachvollzogen werden kann. »Subjektiv unangemessen« bezieht sich auf das psychopathologische Ende des Kontinuums, bei dem weder Chirurg noch Menschen mit vergleichbaren sozialen Normen und Einstellungen den Wunsch nach dem ästhetischen Eingriff nachvollziehen können. Es ist allerdings oft schwierig, im individuellen Falle scharfe Grenzen zu ziehen. Die Pathologie des emotionalen Wunsches kann entweder sofort bei der ersten Konsultation deutlich werden oder möglicherweise nur als ein »Anfangsverdacht« bestehen. Auch kann sich die emotionale Pathologie erst

in der Folge nach dem ersten oder nach mehrfachen ästhetischen Eingriffen zeigen. Diese Situation kann den Operateur natürlich in intensive Verstrickungen mit dem zunehmend unzufriedenen Patienten verwickeln.

Die psychische Erkrankung, bei der typischerweise der eigene Körper pathologisch verzerrt wahrgenommen wird, ist die Dysmorphophobie bzw. die Körperdysmorphie Störung.

In diesem Kapitel sollen die Symptomatik, die diagnostischen Möglichkeiten, die Komorbidität, die Differenzialdiagnose, die Ursachen und potenzielle Behandlungen der Dysmorphophobie dargestellt werden. Die Kenntnis dieser Störung sensibilisiert den ästhetischen Chirurgen für die möglicherweise vorliegenden Symptome, vereinfacht eine weitere gezielte Exploration und kann im Zweifelsfall zu einer sinnvollen psychologischen oder psychiatrischen Mitbehandlung des Patienten führen.

2.2 Symptomatik und Epidemiologie

2.2.1 Symptomatik

Typischerweise leidet der Patient unter der Überzeugung, ein Körperteil sei derart verunstaltet, dass subjektiv das Gefühl eines schweren ästhetischen Mangels und somit das Gefühl der Hässlichkeit besteht. Objektiv finden sich keine oder allenfalls geringe ästhetische Auffälligkeiten. Häufig betroffene Körperregionen sind das Gesicht mit vermeintlichen Asymmetrien, auffälligen Mund- oder Nasenpartien, entstellende Hautveränderungen, die weibliche Brust bezüglich Größe und Form sowie das männliche Genitale mit schambesetzten Auffälligkeiten. Typischerweise beschränkt sich die Symptomatik nur auf einen Körperteil oder wenige Körperpartien. Generalisierte Störungen des Körperbildes sind eher selten. In erheblicher Diskrepanz zu den objektiven Merkmalen fürchtet der Patient, Gegenstand von Spott und Verachtung durch andere zu werden.

Patienten mit Dysmorphophobie neigen folglich zu einem sozialen Rückzug, der wiederum weitere Probleme mit sich bringt: Zunehmende Vereinsamung, Vermeidung sexueller Beziehungen und oft eine zunehmende depressive Verstimmung. Somit entfaltet diese schwere Störung des Körperbildes eine erhebliche interpersonelle Dimension, die sicherlich nicht durch einen oder mehrere operative Eingriffe beseitigt werden kann (Sonnenmoser 2007).

Im Rahmen der Diagnostik sind situative Symptomenfragen, wie sie z. B. durch Phillips (1996) entwickelt wurden, hilfreich (nach Kapfhammer 2008):

- Überprüfen Sie Ihr Körperäußeres oft in Spiegeln oder auf glatten Oberflächen wie z. B. Fenstern?
- Vermeiden Sie Spiegel, weil Sie Ihr Aussehen nicht mögen?

- Vergleichen Sie sich oft mit anderen und fürchten Sie, dass Sie schlechter aussehen als diese?
- Versuchen Sie andere davon zu überzeugen, dass irgendetwas an Ihrem Erscheinungsbild nicht in Ordnung ist und betrachten diese aber das Problem für nichtexistent oder minimal?
- Zupfen Sie an Ihrer Haut in der Hoffnung, dadurch besser auszusehen?
- Versuchen Sie Teile Ihres Körpers zu bedecken bzw. zu verstecken z. B. mit einem Hut, einer Sonnenbrille, Make-up, mit Ihrem Haar, Ihrer Hand oder anderen Dingen? Ist es für Sie schwierig mit anderen zusammen zu sein, wenn Sie diese Vorkehrungen nicht getroffen haben?
- Versuchen Sie bestimmte Aspekte Ihres Erscheinungsbilds zu verstecken, indem Sie eine bestimmte Körperhaltung einnehmen, z. B. indem Sie Ihr Gesicht von anderen abwenden? Fühlen Sie sich unbehaglich, wenn Sie nicht eine Ihrer bevorzugten Haltungen eingenommen haben?
- Denken Sie, dass andere Personen Sie in besonderer Weise wegen Ihres Körperäußeren kritisch betrachten? Zum Beispiel wenn Sie spazieren gehen, denken Sie, dass andere feststellen, was an Ihnen unattraktiv ist?
- Glauben Sie, andere denken negativ von Ihnen oder machen sich lustig über Ihr Erscheinungsbild? Ist das bei Ihnen zur »fixen Idee« geworden?
- Ist es schwierig für Sie, von zu Hause wegzugehen, oder fühlen Sie sich gar ans Haus gebunden wegen Ihres Erscheinungsbilds?
- Messen Sie häufig Teile Ihres Körpers in der Hoffnung, diese seien so klein, groß oder symmetrisch, wie Sie es gerne hätten?
- Hatten Sie schon den Wunsch nach kosmetisch-chirurgischer, dermatologischer oder anderer medizinischer Behandlung, um Ihr Erscheinungsbild zu korrigieren, während andere Personen (z. B. Freunde, Ärzte) der Meinung waren, dass dies nicht notwendig sei?
- Arbeiten Sie exzessiv daran, Ihr Erscheinungsbild zu verbessern?
- Sind Sie schon mal mit einem kosmetisch-chirurgischen Eingriff unzufrieden gewesen? Hatten Sie schon mehrfach Operationen in der Hoffnung, der nächste Eingriff werde Ihr Erscheinungsproblem endlich lösen?
- Kommen Sie öfter zu spät, weil Sie sich Sorgen machen, Ihr Erscheinungsbild sei nicht in Ordnung und weil Sie zeitraubend versuchen, Ihr Erscheinungsbild zu korrigieren?
- Werden Sie ängstlich oder depressiv wegen Ihres Erscheinungsbilds?
- Haben Sie schon einmal gedacht, das Leben sei wegen Ihres Erscheinungsbilds nicht lebenswert?

- Gehen Sie lieber am Abend aus, wenn es dunkel ist, oder halten Sie sich bevorzugt in einem dunklen Raum auf, weil dann die Mängel Ihres Körperäußeren weniger sichtbar sind?

2.2.2 Epidemiologie

Die aktuelle Prävalenz der Dysmorphophobie in der deutschen Allgemeinbevölkerung wird mit 1,7 % angegeben (Rief et al. 2006). Demgegenüber zeigen sich erwartungsgemäß deutliche Häufungen des Krankheitsbilds in dermatologischen und ästhetisch-chirurgischen Praxen. Nach Altamura et al. (2001) zeigten sich hier Prävalenzraten von 6 % für die voll ausgeprägte Störung sowie 18 % für die unterschwellige Störung. Der Krankheitsbeginn liegt typischerweise in der Adoleszenz. Ein erster Häufungsgipfel findet sich im jungen Erwachsenenalter, ein zweiter in der Zeit der Menopause. Dieser zweite Häufungsgipfel ist oft mit affektiven Störungen wie z. B. Depressionen assoziiert (De Leon et al. 1989).

2.3 Ursachen

Heute geht man von einem multifaktoriellen Ursachenmodell aus. Zweifelsohne interagieren Persönlichkeitsfacetten, kognitive Schemata, verinnerlichte gesellschaftliche Normen und konflikthafte Auslösesituation miteinander. Reifungs- und Entwicklungsprobleme in der Adoleszenz können in Verbindung mit interpersonellen Störungen und Störungen der Selbstwertregulation zu Störungen des Körperbilds führen. Hierbei besteht eine pathogen wirkende Diskrepanz zwischen dem erwünschten Körperbild und dem wahrgenommenen Körperbild. Typische Auslösesituationen für den Beginn oder die symptomatische Verstärkung einer Dysmorphophobie können z. B. psychische und sexuelle Traumatisierungen sein sowie Selbstwertkränkungen, Zurückweisungen von Beziehungswünschen, partnerschaftliche Konflikte, sexuelle Störungen, ungewollte Kinderlosigkeit und Fehlgeburten.

2.4 Psychiatrische Komorbidität und Differenzialdiagnose

Affektive Erkrankungen wie z. B. Depressionen können aufgrund des Selbstzweifels, des negativen Selbstbildes und des geringen Selbstwertgefühls die Entstehung einer Dysmorphophobie begünstigen. Umgekehrt kann auch eine bestehende Dysmorphophobie die Entstehung einer depressiven Symptomatik begünstigen, sodass von einer wechselseitigen Verstärkung ausgegangen werden kann.

2.4.1 Zwangsstörung

Eine wichtige konzeptuelle Einordnung der Dysmorphophobie wird im Rahmen der Zwangsspektrumstörungen vorgenommen (Grabe u. Freyberger 2011). Zu diesen Störungen besteht eine erhöhte Komorbidität, wobei hier auch differenzialdiagnostische Abgrenzungen relevant sind. Dieses Spektrum ist an dem einen Ende durch einen impulsiven Pol (z. B. Kleptomanie, Bulimie, Trichotillomanie) und am anderen Ende durch einen kompulsiven, also zwanghaften Pol (z. B. Zwangsstörung, Anorexie) gekennzeichnet. Kognitiv-emotional sind die Patienten mit Dysmorphophobie ständig von Befürchtungen geplagt, unter einem schwerwiegenden ästhetischen Mangel zu leiden. Durch das daraus resultierende immer wiederkehrende, übertriebene Kontrollverhalten (»checking«) ihres befürchteten körperlichen Mangels zeigt sich auf der Verhaltensebene eine große symptomatologische Nähe zur Zwangsstörung. Auch hier werden Ängste und Befürchtungen durch Kontrollrituale und andere Formen ritualisierten Verhaltens (z. B. Zählen, Waschen, Putzen) »neutralisiert«. Oft kommt es zu einer Generalisierung der Zwangsbefürchtungen mit extremer zeitlicher Ausdehnung der Zwangshandlungen. Häufig liegen bei Patienten mit Dysmorphophobie komorbid typische Zwänge vor, die eine eigenständige Diagnose einer Zwangsstörung rechtfertigen.

2.4.2 Essstörungen

Bei der Anorexie, die wiederum eine klare Komorbidität zur Zwangsstörung aufweist, liegt auf der Persönlichkeitsebene oft ein Perfektionismus vor, der mit einem erhöhten Kontrollbedürfnis einhergeht. In gravierendem Ausmaß besteht eine Körperschemastörung, die ebenfalls bei der Dysmorphophobie mit etwas anderer inhaltlicher Ausrichtung vorliegt. Die Bulimie repräsentiert den impulsiven Teil der Essstörungen, die mit Essattacken und mit selbstinduziertem Erbrechen sowie anderen Störungen der Impulskontrolle assoziiert sind.

2.4.3 Trichotillomanie

Die Trichotillomanie umfasst ein lustvoll-impulsives Zupfen der Haare, das der Patient oft als dranghaft erlebt und dem er schwer widerstehen kann. Ebenso bekannt ist die »skin-picking disease«, bei der es durch zwanghaft-impulsives Manipulieren an Wunden oder Pickeln zu Hautveränderungen und Narbenbildungen kommen kann.

2.4.4 Hypochondrie

Die Hypochondrie ist durch die Befürchtung gekennzeichnet, an einer schwer heilbaren oder sogar tödlich verlaufenden Erkrankung zu leiden. Typischerweise stehen zwar nicht ästhetische Befürchtungen im Mittelpunkt, jedoch können schon mehr oder weniger deutliche Hautveränderungen als angstbesetzte Hinweise auf die befürchteten Erkrankungen gedeutet werden.

2.4.5 Wahnhafte Erkrankungen

Der hohe Überzeugungsgrad, an einem ästhetischen Mangel zu leiden, kann sich in manchen Fällen von Dysmorphophobie bis hin zu einem regelrechten Wahn steigern, der dann eine Beseitigung dieser Überzeugung, z. B. durch ein ärztliches Gespräch, nicht mehr zulässt. In manchen Fällen besteht tatsächlich eine anhaltende wahnhafte Störung oder sogar eine Schizophrenie. Bei der Schizophrenie können weitere Symptome wie akustische oder taktile Halluzinationen hinzutreten. Oft besteht auch ein Verfolgungswahn oder Fremdbeeinflussungserleben. Auch Patienten mit einem Dermatozoenwahn leiden unkorrigierbar an der Überzeugung, dass Parasiten, Würmer oder anderes Ungeziefer die Haut befallen haben und entsprechende Hautveränderungen oder andere Erscheinungen verursachen. Auch hier können Patienten den ästhetischen Chirurgen um Korrektur dieser Folgeerscheinungen des vermeintlichen Parasitenbefalls bitten. Dabei kann das Drängen der Patienten außerordentlich intensiv werden. Oft sind auch die Partner mit in diese Symptomatik eingebunden, und es kann sich eine sog. folie à deux entwickeln, bei der auch der Partner die wahnhafte Überzeugung des Erkrankten übernimmt.

Bei all diesen Erkrankungen wäre die ästhetische Chirurgie allein keine nachhaltige Behandlung, um die zugrunde liegende psychische Erkrankung des Patienten zu erreichen oder zu heilen. Hier wäre eine vorausgehende fachpsychiatrische Diagnostik und ggf. eine entsprechende Mitbehandlung unabdingbar.

2.5 Therapie der Dysmorphophobie

2.5.1 Diagnostisch-therapeutisches Gespräch

In der ästhetisch-chirurgischen Praxis ist die Erhebung der Verdachtsdiagnose »Dysmorphophobie« ein entscheidender Schritt in der weiteren Therapie. Es können sich gezielte Symptomexplorationen anschließen oder auf

Grundlage der »Hinweisreize« weitere Fragen gestellt werden. Dies ist zur Festigung der Vertrauensbasis mit dem Patienten von großer Bedeutung. Sie zeigen als Chirurg Interesse und Fachwissen und sind bereit, sich über den rein chirurgischen Blick hinaus um das Wohlergehen und die Gesundheit des Patienten zu kümmern. Das Ziel dieses Gesprächs sollte z. B. die Überweisung an einen Psychologen, Psychotherapeuten oder Psychiater zur Diagnosesicherung und zur weiteren Therapie sein. Sie können auch von einer fachärztlichen Mitbehandlung sprechen und dass Sie die gewünschten chirurgischen Eingriffe nicht ohne Vor- und Nachbehandlung durch einen Spezialisten vornehmen werden, weil Sie sonst die subjektive Behandlungszufriedenheit des Patienten ernsthaft bedroht sehen.

Die Therapie kann generell psychodynamisch orientiert sein, verhaltenstherapeutisch und/oder medikamentös durchgeführt werden.

2.5.2 Psychodynamische Therapie

In der psychodynamischen Therapie wird generell versucht, die Symptomatik vor dem biographischen Hintergrund und den relevanten Beziehungserfahrungen des Patienten zu verstehen. Durch die Einsicht in die mögliche Entstehung und die Bearbeitung von tiefen Ängsten, Sorgen und Wünschen des Patienten gelingt eine emotionale Entlastung. Die vertrauensvolle Beziehung zum Therapeuten führt zu einer Selbstwertstabilisierung. Durch die Einbeziehung aktueller Konflikte und Lebensziele können neue Verhaltens- und Sichtweisen entstehen.

2.5.3 Verhaltenstherapie

Die kognitive Verhaltenstherapie (KVT) fokussiert von Anfang an direkt auf die Störungssymptomatik.

Hier steht zu Beginn die sog. Psychoedukation im Vordergrund. Der Patient erhält ausführliche Informationen über das Störungsbild, über kognitiv-behaviorale Erklärungsmodelle zur Entstehung und Aufrechterhaltung der körperdysmorphen Symptome. So wird z. B. der Einfluss negativer Bewertungen und Interpretationen auf Gefühle sowie die Rolle von Vermeidungsverhalten und Ritualen bei der Aufrechterhaltung von Krankheitssymptomen erläutert.

Ein wichtiger Schritt in der KVT stellt die Selbstexploration bzw. die Selbstbeobachtung des Patienten dar. Hier kann der Patient die zunächst theoretisch besprochenen Zusammenhänge in der Praxis gewissermaßen »an sich selbst« beobachten und protokollieren. So lernen die Patienten, ihre negativen, auf das Aussehen bezogenen Gedanken und Interpretationen und ihre assoziierten

Verhaltensweisen zu beobachten, z. B. das Vermeiden von sozialen Situationen oder Blickkontakten, das Vermeiden oder häufige Überprüfen des Aussehens in Spiegeln, exzessive Pflegerituelle, das Zupfen der Haut oder der Haare und das Vergleichen des eigenen Aussehens mit dem Aussehen anderer Personen. Therapeut und Patient werten anschließend die Ergebnisse der Selbstbeobachtung gemeinsam aus.

In intensiven Sitzungen werden festgefügte Kognitionen und Interpretation des Patienten gemeinsam überprüft und alternative Strategien erarbeitet.

Typische negative Interpretationen (z. B. »Die Leute machen sich gerade über mich lustig, weil ich so große Ohren habe«) werden auf ihren Realitätsgehalt, den Grad an Gewissheit sowie ihre Nützlichkeit überprüft. Die Patienten lernen, relevante kognitive Fehler zu identifizieren (z. B. Alles-oder-Nichts-Denken, Gedankenlesen, Generalisierung) und ihre negativen Interpretationen zu korrigieren (z. B. »Es gibt keinen sicheren Hinweis, dass sich die Leute gerade über mich lustig gemacht haben. Vielleicht haben sie gar nicht über mich gelacht, sondern über ganz andere Dinge«).

Wichtig ist es, nach der Bearbeitung der kognitiven Muster tatsächlich neues Verhalten zu erproben und stabil aufzubauen. Pathologische Verhaltensmuster wie z. B. Vermeidungsverhalten, Kontrollrituale vor dem Spiegel, sozialer Rückzug sollen systematisch abgebaut und funktionales Verhalten systematisch aufgebaut werden. Angstbesetzte Verhaltensweisen oder Vermeidungsstrategien werden hierbei am wirkungsvollsten durch Expositionsübungen, also meistens graduierte Konfrontationen durch Habituation, abgebaut. Dies kann z. B. mit der bewussten »Zurschaustellung« vermeintlicher körperlicher Mängel geschehen. Hier hat die jeweilige Exposition so lange zu dauern, bis das pathologische Erregungsniveau sowie Angst und Schamgefühle sich wieder normalisiert haben. Der Verzicht auf ritualisierte Verhaltensweisen wirkt am Anfang angstausslösend und muss daher systematisch erlernt werden. Globale Neubewertungen ihres Aussehens (»the big picture«) anstelle selektiver Aufmerksamkeit auf die »negativen« Aspekte ihres Aussehens können dazu beitragen, dass die Patienten zu einem angemesseneren Körperbild gelangen.

2.5.4 Pharmakotherapie

Die Pharmakotherapie hat ihren Stellenwert v. a. in der Therapie begleitender depressiver Symptome. Darüber hinaus ist, vergleichbar zur Zwangsstörung, eine therapeutische Wirksamkeit von selektiven Serotonin-Wiederaufnahmehemmern (Selective Serotonin-Reuptake-Inhibitor, SSRI) bei der Behandlung von Patienten mit einer

Dysmorphophobie beschrieben worden (Phillips et al. 1998; Hollander et al. 1999; Phillips u. Najjar 2003). Da nach Absetzen der SSRI ein großes Rückfallrisiko besteht, sollte man eine Pharmakotherapie idealerweise mit einer Psychotherapie kombinieren.

2.6 »Take Home Messages«

1. Der Patientenwunsch in der Ästhetischen Chirurgie wird nicht selten von Selbstwahrnehmungsstörungen beeinflusst, die bei der Auswahl für eine Behandlung geeigneter Patientinnen und Patienten Berücksichtigung finden müssen. Menschen mit Dysmorphophobien oder ähnlichen psychiatrischen Störungen häufen sich in der Praxis von ästhetisch tätigen Chirurgen und Dermatologen und werden dort häufiger gesehen als bei Psychiatern.
2. Wenn einige verdächtige Symptome zusammenkommen, sollte man sich mit einer orientierenden Exploration etwas Zeit nehmen, damit man später u. U. viel Zeit sparen kann. Falls die Verdachtsdiagnose sich erhärtet, sei vor größeren Operationen der Ästhetischen Medizin gewarnt, denn sie beeinflussen lediglich die somatische Oberfläche der psychosomatischen Erkrankung und hinterlassen nahezu immer unzufriedene Patienten. Psychiater raten, dem Patienten nur mit kleinschrittigen Operationsmaßnahmen und geringem Risiko entgegenzukommen, wenn der Patient sich dafür parallel dazu in eine Psychotherapie begibt.

Literatur

- Altamura C, Paluella MW, Mundo E et al. (2001) Clinical and subclinical body dysmorphic disorder. *Eur Arch Psychiatry Clin Neurosci* 251: 105–108
- De Leon J, Bott A, Simpsen GM et al. (1989) Dysmorphophobia: body dysmorphic disorder or delusional disorder, somatic subtype? *Compr Psychiatry* 30: 457–472
- Grabe HJ, Freyberger HJ (2011) Zwangsstörungen. In: Freyberger HJ, Stieglitz RD, Schneider W (Hrsg) *Kompodium Psychiatrie, Psychotherapie, Psychosomatische Medizin*, 11. Aufl. Karger, S 235–248
- Hollander E, Leibowitz MR, Winchel R et al. (1999) Treatment of body dysmorphic disorder with serotonin reuptake blockers. *Am J Psychiatry* 146: 768–770
- Kapfhammer HP (2008) Körperdysmorphie Störung. *Psychiatrie und Psychotherapie*. In Möller HJ, Laux G, Kapfhammer HP (Hrsg) *Psychiatrie & Psychotherapie*, 3. Aufl. Springer, Heidelberg, S 869–878
- Metelmann HR (2014) Ästhetische und Rekonstruktive Gesichtschirurgie. *MKGupdate 2014– Handbuch MKG*, med publico GmbH
- Phillips KA (1996) *The broken mirror. Understanding and treating body dysmorphic disorder*. Oxford University Press, Oxford

Phillips KA, Dwight MM, McElroy SL (1998) Efficacy and safety of fluvoxamine in body dysmorphic disorder. *J Clin Psychiatry* 59: 165–171

Phillips KA, Najjar F (2003) An open-label study of citalopram in body dysmorphic disorder. *J Clin Psychiatry* 64: 715–720

Rief W, Buhlmann U, Wilhelm S et al. (2006) The prevalence of body dysmorphic disorder. A population-based survey. *Psychol Med* 36: 877–885

Sonnenmoser M (2007) Körperdysmorphie Störungen: Der eingebildete Mangel. *Dt Arztebl* 1: 29–31

Infektionsschutz in der Lasermedizin

A. Kramer

3.1 Infektionsrisiken durch chirurgische Laseranwendung – 26

3.2 Prävention von Wundinfektionen – 26

3.2.1 Bauliche Voraussetzungen – 26

3.2.2 Aufbereitung von Medizinprodukten – 27

3.2.3 Patientenbezogene Maßnahmen – 28

3.2.4 Teambezogene Schutzmaßnahmen – 29

3.3 Personalschutz – 30

3.4 Qualitätssicherung – 30

3.5 »Take Home Messages« – 31

Literatur – 31

Das wichtigste Ziel des Hygienekonzepts in der Ästhetischen Medizin mit Skalpell oder Laser ist die Vermeidung einer Wundinfektion, einer Surgical Site Infection (SSI). Die dominierende Infektionsquelle entstammt zumeist der residenten Flora. Das Infektionsrisiko erhöht sich mit dem Einsatz aggressiver Techniken. Gerade wegen des im Vergleich zum konventionellen chirurgischen Vorgehen z. T. erhöhten Risikos einer SSI nach Laseranwendung ist bei laserchirurgischen Eingriffen strenge Asepsis und Antisepsis einzuhalten. Die ordnungsgemäße Aufbereitung des Laserinstrumentariums ist elementarer Bestandteil der Asepsis und gilt als voll beherrschbares Risiko. Präoperativ sind im OP-Gebiet lokalisierte Infektionen zu sanieren. Gleiches gilt für bakterielle Hautinfektionen an anderer Lokalisation, weil sich die bakterielle Infektionsflora über die Körperoberfläche verteilt. Bei beginnender oder florider Herpes-simplex-Virus-1-Infektion sind laserchirurgische Eingriffe kontraindiziert. Zur Verhinderung einer Aktivierung wird für Patienten mit rekurrender Herpes-simplex-Infektionsanamnese bei ablativer Behandlung des gesamten Gesichts die antivirale Prophylaxe prä- und postoperativ empfohlen. Die chirurgische Händedesinfektion ist auch in der Lasermedizin vor jedem Kontakt zum OP-Feld oder zu sterilem Material indiziert, Mittel der Wahl sind alkoholbasierte Formulierungen.

3.1 Infektionsrisiken durch chirurgische Laseranwendung

Durch ablative Laser wird bei entsprechender Abtragungstiefe eine oberflächliche Verbrennung 2. Grades induziert, die insbesondere bei großflächigem dermalem Abtragen mit dem Risiko einer Surgical Site Infection (SSI) verbunden ist. Das Infektionsrisiko erhöht sich durch Einsatz aggressiver Techniken einschließlich hoher Energiedichten und überlappender Spots. Dominierende Infektionsquelle ist die residente Flora.

Bei Laser Skin Resurfacing (LSR) mit nichtfraktioniertem Laser wurden Infektionsraten von 1,1 % (Christian et al. 2000), 4,3 % (Sriprachya-Anunt et al. 1997) bzw. sogar von 7,6 % (Manuskiatti et al. 1999) beobachtet. Bei fraktioniertem Laser ist die Rate mit 0,3–2,0 % geringer (Metelitsa u. Alster 2010). Als Erreger dominieren *Herpes-simplex-1* (Graber et al. 2008), gefolgt von *P. aeruginosa*, *S. aureus* und *S. epidermidis*. Seltener ist *Candida* spp. ätiologisch verantwortlich. Durch postoperative exzessive Wundokklusion wird das Infektionsrisiko v. a. für *S. aureus* und *P. aeruginosa* erhöht (Metelitsa u. Alster 2010). Ferner wurden Infektionen durch MRSA, *E. cloacae*, Streptokokken (schwer verlaufende Faszitis) und nichttuberkulöse Mykobakterien verursacht (Bellman et al. 1998; Willey et al. 2006; Culton et al. 2013). Im Unterschied zum

LSR wurde in einer Analyse nach Laserbehandlung von Leukoplakien (n=70) keine SSI beobachtet (Schoelch et al. 1999). Nach Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK) wurden SSI-Raten zwischen 0,1–1,2 % vs. 0,07–0,15 % bei konventionellem Vorgehen (Tehrani et al. 2004) und nach Blepharoplastik mittels Laser 0,4 vs. 0,2 % bei konventioneller Chirurgie (Carter et al. 2003) beobachtet.

3.2 Prävention von Wundinfektionen

Unabhängig von dem z. T. erhöhten Risiko einer SSI nach Laseranwendung im Vergleich zum konventionellen Vorgehen ist bei laserchirurgischen Eingriffen strenge Asepsis und Antisepsis einzuhalten. Dabei unterscheiden sich die grundsätzlichen Anforderungen nicht vom konventionellen Vorgehen.

3.2.1 Bauliche Voraussetzungen

Der Beitrag baulicher Voraussetzungen zum Infektionsschutz ist verglichen mit dem Hygieneverhalten in Verbindung mit chirurgischer Kompetenz, Methoden der Arbeitssystematik und hygiesicheren Technologien sowie den direkt patientenbezogenen Präventionsmaßnahmen gering. Dennoch erleichtert die bauliche Gestaltung die Machbarkeit hygienisch notwendiger Maßnahmen und trägt damit indirekt zum Infektionsschutz bei.

■ Eingriffraum oder OP-Einheit

Während sich die baulichen Anforderungen an Einheiten für stationäre und ambulante Operationen nicht unterscheiden, gelten bei Eingriffen reduzierte räumliche Anforderungen (KRINKO 1997, 2000). So müssen die Wände im Unterschied zum OP nicht abwaschbar sein, sondern es ist ausreichend, wenn die Oberflächen leicht zu reinigen und zu desinfizieren sind. Vorhänge an Fenstern und Bodenabfluss sind bei desinfizierender Reinigung der patientennahen Gegenstände und Flächen nach jedem Eingriff zulässig. Das Handwaschbecken kann im Unterschied zur OP-Einheit in den Raum integriert werden, wenn ausreichender Spritzschutz gegeben ist. Obgleich Eingriffsräume gegenüber anderen Räumen abgeschlossen sein müssen, müssen sie nicht als separate Einheit mit Schleusen ausgelegt sein. Instrumente sind wie im OP in staubgeschützten Schränken zu lagern. Ferner müssen für Personal und Patienten je eine Umkleidemöglichkeit sowie ausreichend Flächen zur Lagerung, Entsorgung und Aufbereitung vorhanden sein. Während für OP-Einheiten Raumklasse Ib, d. h. turbulente Mischströmung (Külpmann u. Kramer 2012), gefordert wird, ist im Eingriffsraum Raumklasse II (Fensterlüftung mit Insektenschutzgitter) ausreichend. Da

die Übergänge abhängig vom Eingriffsspektrum und der Abwehrlage des Patienten fließend sind, empfiehlt sich bei Neu- oder Umbau, die Entscheidung zur Raumklasse in Abstimmung zwischen dem chirurgischen Fachvertreter und der Hygiene zu treffen. Werden Split-Kühlgeräte deckenhängend montiert, muss die Kontamination der Raumluft verhindert werden. Dazu wird das Kondensat in gesonderter Leitung über Rohrunterbrecher direkt dem Abwasser zugeführt (Below et al. 2012; Kramer et al. 2012c).

Nach jeder OP bzw. jedem Eingriff sind die patientennahen Flächen und der begangene Fußbodenbereich desinfizierend zu reinigen. Am Ende des OP-Programms muss die vollflächige Desinfektion der OP-Einheit durchgeführt werden. Abschließend ist der Reinigungswagen aufzubereiten. Falls ein bekannter MRSA-Träger nicht am Ende des OP-Programms eingeordnet werden kann, müssen nach der OP alle potenziell kontaminierten Flächen einschließlich des gesamten Fußbodens der Wischdesinfektion unterzogen werden. Da in diesem Fall die deklarierte Einwirkungszeit vor dem Richten der neuen OP abgewartet werden muss, empfiehlt es sich, die Konzentration für 15 min oder 5 min Einwirkungszeit auszuwählen. Der Raum ist bis zum Abschluss der Desinfektionsmaßnahmen als »septisch« zu kennzeichnen. Außerdem ist der Wechsel der Reinigungsutensilien und der Bereichskleidung des Reinigungspersonals erforderlich.

Lippen- oder Zungenbandplastik sind als Eingriff, die operative Entnahme oder Rekonstruktion einer Mamille als OP eingeordnet (Kramer et al. 2012a). Für LSR gibt es bisher keine Empfehlung zur Einordnung. In Anbetracht des Infektionsrisikos und der überwiegend ästhetisch-chirurgischen Zielsetzung empfiehlt sich die Durchführung unter OP-Bedingungen.

3.2.2 Aufbereitung von Medizinprodukten

Die ordnungsgemäße Aufbereitung von Medizinprodukten (MP) ist elementarer Bestandteil der Asepsis und gilt als voll beherrschbares Risiko.

Für die Aufbereitung ist der Betreiber verantwortlich. Die ordnungsgemäße Aufbereitung wird vermutet, wenn die gemeinsame Empfehlung von KRINKO und BfArM (2012) umgesetzt wird und im Qualitätsmanagement festgelegt ist, mit welchen Verfahren und unter welchen Bedingungen (Räume, Arbeitsmittel, Qualifikation des Personals) die MP aufbereitet und gelagert werden. Vom Betreiber ist die Dokumentation der Sterilgutversorgung von der Entsorgung gebrauchter Güter über die Reinigung/Desinfektion, Pflege, Funktionskontrolle, Zusammenstellung von Sets und Verpackungen, Sterilisationsverfahren, Beladung, Entnahme, Kontrolle und Freigabe der sterilisierten Charge sowie Lagerung und Bereitstel-

lung bis zur erneuten Verwendung zu erstellen. Dabei sind die Zuständigkeiten und ein Schulungs-/ Belehrungsplan für die aufbereitenden Mitarbeiter festzulegen.

Für MP ist die Risikoklassifizierung in die Kategorien unkritisch, semikritisch A und B sowie kritisch A, B und C vorzunehmen, weil sich daraus die Anforderungen an die Aufbereitung ableiten.

Ab »kritisch B« wird die Ausbildung als Sterilgut-Assistent oder die Sachkunde für Instrumentenaufbereitung von MP in der ärztlichen Praxis benötigt.

Das Medizinproduktegesetz (2013) verlangt validierte Verfahren. Allerdings ist die manuelle Aufbereitung nach wie vor zulässig. In diesem Fall müssen die Reinigung und die Desinfektion nach detaillierter SOP mit auf ihre Wirksamkeit geprüften Mitteln und Verfahren durchgeführt werden. Wegen der höheren Sicherheit, Reproduzierbarkeit und des Personalschutzes sind maschinelle Reinigungs-Desinfektions-Verfahren zu bevorzugen.

Sterilisatoren sind überwachungsbedürftige Anlagen. Der Betreiber und die von ihm beauftragten Bedienungspersonen sind verantwortlich für die Wartung, Instandhaltung und Veranlassung der vorgeschriebenen Prüfungen.

Inhalte der Routineüberwachung der Sterilisation (nach Kohnen et al. 2012)

- Tägliche Sichtprüfung des Sterilisators (Betriebsbereitschaft, -anlauf und -ablauf) und Messung der elektrischen Leitfähigkeit des Speisewassers zur Dampferzeugung
- Mindestens monatlich bzw. nach Herstellerangabe Nachweis, dass keine Leckagen der Sterilisierkammer vorliegen
- Etwa monatlich Kontrolle mit einem Process Challenge Device (sog. PCD-Prüfkörper)
- Beurteilung des Prozessverlaufs auf sachgerechte Programmwahl und Einhaltung prozessrelevanter Parameter im Vergleich zu den Daten der Validierung als Bestandteil der Freigabe jeder Charge
- Dokumentation, die die Unterscheidung zwischen unsterilisiertem und sterilisiertem bzw. nichtfreigegebenem und freigegebenem Sterilisiertgut gestattet (z. B. mit Behandlungsindikator) als Bestandteil der Freigabe
- Sichtkontrolle (Unversehrtheit der Verpackung oder Plombierung und Kondensatrückstände an der Verpackung zur Bewertung der Trocknung) jeder Charge als Bestandteil der Freigabe

Da beim Lasereinsatz kein Kontakt zum ZNS oder lymphatischem Gewebe stattfindet, sind keine prionenwirksamen Aufbereitungsschritte erforderlich.

Bei Aufbereitung durch Andere sind die Rechte und Pflichten des Betreibers und des Auftragnehmers sowie die Modalitäten der Übergabe, Rückgabe und Aufbereitung der MP vertraglich zu fixieren. Das beauftragte Unternehmen hat ein QM-System nachzuweisen, das die Erfüllung der Anforderungen sicherstellt, und muss gemäß § 10 und § 25 MPG zugelassen sein.

3.2.3 Patientenbezogene Maßnahmen

■ Anamnestischer Ausschluss von Infektionsrisiken

Präoperativ sind im OP-Gebiet lokalisierte Infektionen zu sanieren. Gleiches gilt für bakterielle Hautinfektionen an anderer Lokalisation, weil sich die bakterielle Infektionsflora über die Körperoberfläche verteilt. Bei beginnender oder florider HSV-1-Infektion sind laserchirurgische Eingriffe kontraindiziert.

Präoperativ empfiehlt sich die Identifikation nasaler *S.-aureus*-Träger, um bei Kolonisierung zunächst die antiseptische Sanierung vorzunehmen (Bode et al. 2010). Mittel der Wahl ist Mupirocin. Bei Mupirocinresistenz kommt alternativ Octenidin-Nasensalbe in Betracht (Hübner et al. 2009).

Zur Identifizierung und präoperativen Sanierung von MRSA-Trägern ist ein risikoadaptiertes MRSA-Screening durchzuführen. Die KRINKO (1999, 2004) empfiehlt ein Screening bei Vorliegen von 2 Risikofaktoren. Wird das Screening schon bei einem Risikofaktor durchgeführt, steigt die Anzahl identifizierter Träger bis auf das 7-Fache (Kramer et al. 2013) und ist für die infektionsgefährdete LSR mind. 3 Wochen präoperativ zu empfehlen, um einen ausreichenden Zeitraum für die antiseptische Dekolonisation zur Verfügung zu haben.

Bei Diabetes mellitus wird prä- und postoperativ die engmaschige Kontrolle des Blutglukosespiegels mit Vermeidung von Werten > 200 mg/dl bzw. > 11,1 mmol/l empfohlen (KRINKO 2007).

Eine Karenz von 6–8 Wochen Rauchen reduziert das Auftreten von SSI signifikant. Daher wird empfohlen, Rauchen mindestens 30 Tage vor einem elektiven Eingriff einzustellen (KRINKO 2007).

■ Präoperative Haarentfernung, perioperative Antiseptik und OP-Feld-Abdeckung

Besteht OP-technisch die Notwendigkeit zur Haarentfernung im OP-Feld, ist diese mittels Clipping anstelle von Rasur zeitnah vor dem Eingriff vorzunehmen (Kramer et al. 2008a).

Mittel der Wahl zur präoperativen Hautantiseptik sind Alkohole mit Zusatz eines remanent wirkenden Antiseptikums (z. B. Chlorhexidin oder Octenidin).

Durch den remanenten Zusatz wird die Wirkung der Alkohole signifikant verbessert (Ulmer et al. 2014) und die

SSI-Rate reduziert (Darouiche et al. 2010). Durch assistierte Applikation mit Freigabe des Hautantiseptikums auf ein Schwämmchen (ChloraPrep®) wird nicht nur eine Standardisierung der präoperativen Hautantiseptik erreicht, sondern die Wirksamkeit noch weiter verstärkt. Wird das konventionelle Vorgehen mittels Tupfer und Kornzange analog standardisiert, ist eine vergleichbare Wirksamkeit erreichbar (Ulmer et al. 2014).

Nach Ablauf der Einwirkungszeit wird das OP-Feld steril abgedeckt. Da für bakterienpermeable Textilien aus Baumwolle ein infektionsbegünstigender Einfluss nachgewiesen ist, sind erregerdichte impermeable OP-Textilien (Standard-Performance-Qualität, DIN EN 13795) zu verwenden. In Abhängigkeit vom Eingriff muss der Patient nicht vollständig entkleidet werden. Allerdings sind die nicht entkleideten Partien keimarm zu bedecken, um einen Erregereintrag in den OP-Situs einzuschränken.

Am Auge ist PVP-Iod 1,5–5 % Antiseptikum der Wahl (Kramer u. Behrens-Baumann 2002), in der Mundhöhle Octenidin in Kombination mit Phenoxyethanol (Pitten u. Kramer 1999).

■ Perioperative Antibiotikaphylaxe (PAP) zur Prävention bakterieller Infektionen und perioperative antivirale Prophylaxe zur Prävention viraler Infektionen/Aktivierungen

Zur Verhinderung einer Aktivierung von HSV-1-Infektionen wird für Patienten mit rekurrender Herpes-simplex-Infektionsanamnese im Gesichtsbereich sowie bei ablativer Behandlung des gesamten Gesichts die antivirale Prophylaxe beginnend 1 Tag präoperativ und 5–7 Tage postoperativ empfohlen (Metelitsa u. Alster 2010).

In Ermangelung eines RCT oder einer Cochrane-Analyse sind die Auffassungen zur antibakteriellen PAP uneinheitlich (Hohenleutner u. Hohenleutner 2006). Waldorf et al. (1995), Goldman (1997), Schoenrock und Andrews (1997) sowie Weinstein et al. (1998) empfehlen die PAP; Hunzeker et al. (2009) sogar 1 Tag präoperativ und 6 Tage postoperativ antibiotisch und antiviral. Fitzpatrick et al. (1996), Apfelberg (1997) Linsmeier Kilmer (1997) und Alster (2000) halten sie nicht für erforderlich. Walia und Alster (1999) beobachteten sogar eine tendenziell erhöhte SSI-Rate nach PAP. Da die meisten bakteriellen Infektionen innerhalb der ersten 7 Tage bzw. bei *C. albicans* bis zu 14 Tage postoperativ auftreten, schlussfolgern Gaspar et al. (2001), dass eine PAP gegen *S. aureus* zwar nützlich, aber nicht essenziell ist, weil durch sorgfältige Wundversorgung und postoperatives tägliches Patientenmonitoring mit bakteriologischem Abstrich die Infektion rechtzeitig erkennbar ist.

Bei hohem Infektionsrisiko, z. B. bei Immunsuppression und hohem Endokarditisrisiko, ist die antibakterielle PAP als indiziert anzusehen (Metelitsa u. Alster 2010).

Auch bei Ganzgesicht- und Regional-LSR empfehlen Ross et al. (1998) die PAP mit Wirkungsspektrum gegen grampositive Bakterien. Schließlich erscheint die PAP nach in der Vergangenheit im Gesichtsbereich abgelaufenen bakteriellen Infektionen sinnvoll.

Bei ersten Anzeichen einer SSI sind polihexanidbasierte Antiseptika bzw. polihexanidbasierte Wundauflagen als Mittel der ersten Wahl anzusehen (Kramer et al. 2013a).

■ Normothermie

Sie ist prä- und perioperativ aufrecht zu erhalten (KRINKO 2007).

■ Wundauflage

Die OP-Wunde wird am OP-Ende mit steriler Wundauflage abgedeckt. Die Wundabdeckung wird bei geschlossener Wunde i. d. R. 2–10 Tage belassen. Bei Auftreten klinischer Zeichen einer Infektion sowie durchgebluteter oder durchfeuchteter Wundabdeckung muss der Verband sofort gewechselt werden. Ist der äußere Wundverschluss abgeschlossen, kann aus hygienischen Gründen auf eine erneute Wundabdeckung verzichtet werden. Beim Wechsel der Wundauflage sind die Grundsätze der Asepsis einzuhalten (Kramer et al. 2012b). Sofern ein Wundbehandlungsmittel verwendet wird, ist das »double dipping« zu unterlassen (Christian et al. 2000). Zur Abdeckung sind z. B. Hydrogele geeignet, da Hydrokolloide zu rasch verflüssigen.

3.2.4 Teambezogene Schutzmaßnahmen

■ Chirurgische Händedesinfektion

Der OP-Trakt ist mit sauberen Händen und Fingernägeln zu betreten. Andernfalls muss die Reinigung spätestens in der OP-Schleuse vor dem Anlegen der Bereichskleidung durchgeführt werden, damit nach dem Abtrocknen der Hände mittels keimarmem Einmaltuch eine ausreichende Trocknungszeit erreicht wird. Ansonsten ist die Wirksamkeit der chirurgischen Händedesinfektion durch den Verdünnungseffekt der Alkohole aufgrund der Restfeuchte auf den Händen nicht gewährleistet (Kramer et al. 2008b). Während Nägel und Nagelfalze mittels Bürste zu säubern sind, sollen Hände und Unterarme nicht mit einer Bürste gereinigt werden. Fingernägel sollen kurzgeschnitten sein und mit den Fingerkuppen abschließen. Nagellack ist ebenso wie das Tragen künstlicher und geogelter Fingernägel unzulässig (KRINKO 2007). In allen Bereichen, in denen eine Händedesinfektion durchgeführt wird, dürfen keine Ringe, Armbänder oder Armbanduhren getragen werden. Bei Vorliegen chronischer Hauterkrankungen ist zu überprüfen, ob eine Kolonisation mit potenziellen Pathogenen vorliegt und wenn ja, ob diese eradizierbar ist. Eine Vorstellung beim Betriebsarzt ist anzuraten.

Die chirurgische Händedesinfektion ist vor jedem Kontakt zum OP-Feld, zu sterilen MP oder zu sterilem Material indiziert; Mittel der Wahl sind alkoholbasierte Formulierungen.

Hier ist der Zusatz remanenter Wirkstoffe entbehrlich, weil dadurch keine verbesserte Wirksamkeit erreicht wird, aber das Risiko von Nebenwirkungen steigt.

Vor der am OP-Tag erstmalig durchgeführten chirurgischen Händedesinfektion ist eine Händewaschung durchzuführen. Bei nachfolgenden chirurgischen Händedesinfektionen ist die Seifenwaschung zu unterlassen, sofern die Hände nicht sichtbar verschmutzt sind. Zunächst werden die Hände, danach die Unterarme vollständig benetzt. Dem schließt sich die eigentliche Händedesinfektionsphase mittels Einreiben an. Alle Bereiche der Hand müssen für die Dauer der deklarierten Einwirkungszeit vom Desinfektionsmittel benetzt sein. Die erforderliche Effektivität wird mit Präparaten mit deklarerter Einwirkungszeit von 1,5 min erreicht (Hübner et al. 2011b). Die Durchführung der chirurgischen Händedesinfektion sollte in einer SOP festgelegt sein.

Für OP-Handschuhe ist Naturlatex zu bevorzugen. Gepuderte Latexhandschuhe sind wegen der Allergiegefahr verboten. Weder Talkum noch Maisstärke dürfen vor dem Anlegen des OP-Handschuhs angewendet werden. Aufgrund der kurzen OP-Dauer ist bei LSR kein »double gloving« erforderlich, weil erst nach etwa 90 min Tragedauer die Perforationsrate ansteigt und eine Erregertranslokation nachweisbar war (Harnöß et al. 2010; Hübner et al. 2013). Bei Übertragungsrisiko für HIV oder Hepatitisviren (oder andere Infektionskrankheiten) vom Patienten auf das Personal sollten »double gloving« mit Indikatorsystem oder alternativ OP-Handschuhe mit zusätzlicher antimikrobieller Barriere verwendet werden (Daeschlein et al. 2011). Durch die antimikrobielle Ausrüstung wird zusätzlich zum Effekt der chirurgischen Händedesinfektion die residente Flora signifikant unterdrückt (Assadian et al. 2013).

Nach Ablegen der OP-Handschuhe ist nach Eingriffen mit bekannter Infektionsgefährdung eine hygienische Händedesinfektion durchzuführen.

Zum Erhalt des physiologischen Hautzustands sind die regelmäßige Anwendung von Hautschutz- und Hautpflegepräparaten unerlässlich (Löffler u. Kramer 2012).

Für die Wirksamkeit ist die regelmäßige, häufige und korrekte Anwendung rückfettender Externa entscheidend. Für die Auswahl sind die gutachterliche Bestätigung der Effektivität und der Nachweis der fehlenden Wirkungsbeeinträchtigung der Händedesinfektion Voraussetzung. Ist letzteres nicht untersucht, empfiehlt sich die Anwendung nur in Arbeitspausen und zusätzlich nach Arbeitsschluss.

■ Bereichs- und Schutzkleidung

Die OP-Bereichskleidung wird in der Schleuse angelegt. Sie ist bei Verschmutzung bzw. Kontamination sowie bei erneuter Einschleusung zu wechseln. Vor Betreten des OPs/Eingriffsraums werden der chirurgische Mund-Nasen-Schutz (MNS) und Haarschutz angelegt, sofern die sterilen Instrumente bereits gerichtet sind und die OP in Kürze beginnt. Der MNS muss Mund und Nase bedecken und eng dem Gesicht anliegen. Barthaare sind ggf. in Kombination mit der OP-Haube vollständig abzudecken. Der Haarschutz muss das Haupthaar vollständig bedecken. Er darf nicht zu Hause gewaschen werden, weil keine Desinfektion gewährleistet ist; vielmehr war nach dem Waschprozess eine zunehmende Kontamination einschließlich potenziell pathogener Erreger nachweisbar (Hübner et al. 2011a). Wache Patienten mit Eingriff in Regionalanästhesie sollten – falls das die OP zulässt – ebenfalls einen MNS tragen, um beim Sprechen und Atmen die Verbreitung von Aerosolen zu vermeiden. Vor jeder neuen OP muss die sterile OP-Kleidung gewechselt werden. Gleiches gilt für MNS und Haarschutz (Kramer et al. 2012b).

Untersuchungen des OP-Teams auf *S. aureus* und A-Streptokokken sind indiziert, wenn eine Häufung entsprechender SSI verzeichnet wird und der Verdacht einer Übertragung durch das Personal besteht.

3.3 Personalschutz

Der Personalschutz umfasst die arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchung, den Schutz vor Biostoffen mit den Schwerpunkten Impfschutz, Händehygiene und Distanzierung (Schutzkleidung, persönliche Schutzausrüstung), der gemäß Biostoffverordnung (2013) in der Betriebsanweisung festzulegen ist, den Schutz vor Noxen und ggf. Beschäftigungsbeschränkungen (z. B. bei Schwangerschaft).

Bei vorhersehbarem oder wahrscheinlichem Kontakt mit Krankheitserregern sowie mit Körperausscheidungen, Sekreten und Exkreten sind Schutzhandschuhe auf vollständig trockenen Händen anzulegen. Nach dem Ablegen ist grundsätzlich eine Händedesinfektion durchzuführen. Behandschuhte Hände sollen nur im Ausnahmefall desinfiziert werden. Voraussetzung ist die deklarierte Kompatibilität mit dem Desinfektionsmittel. Bei Kontamination mit Blut, Sekreten, Exkreten, chemoresistenten Viren oder MRE muss ein Handschuhwechsel erfolgen. Wegen des geringeren Perforationsrisikos sind Nitril- gegenüber Latexhandschuhen zu bevorzugen (Hübner et al. 2013).

Bei Lasersystemen, die Rauchgase erzeugen, sind die toxischen und infektiösen Risiken durch Absaugung zu minimieren.

Surgical Smoke enthält Partikel von verkohltem und intaktem Gewebe, Blutfragmente, Viren und Bakterien (sog. Bioaerosol) sowie mehr als 600 Verbrennungsprodukte. Demzufolge ist der Rauch toxisch, mutagen, evtl. auch sensibilisierend. Die Emission übertrifft Umweltstandards um das etwa 52-Fache. Das Aerosol ist aufgrund seiner Partikelgröße lungengängig und wird durch die OP-Maske nicht zurückgehalten. Neben Geruchsbelästigung können Übelkeit, Erbrechen und Kopfschmerz ausgelöst werden. Im Vordergrund steht jedoch die Langzeitgefährdung durch die Feinstaubbelastung sowie durch die mutagenen und karzinogenen Verbrennungsprodukte. 1 g verrauchtes Gewebe wird in seiner Mutagenität 3–6 Zigaretten gleichgesetzt. Allerdings konnte bisher bei OP-Schwestern kein erhöhtes Lungenkrebsrisiko nachgewiesen werden. Durch mitgerissene Viruspartikel wurde bei Laserabtragung von Kondylomata eine HPV-Infektion der Stimmbänder verursacht (Külpmann u. Kramer 2012).

In OP- bzw. Eingriffsräumen mit turbulenter Mischströmung ist eine lokale Rauchabsaugung erforderlich, da bei üblichen Luftwechselraten die Erholzeit 10–20 min beträgt, um 1 % der Anfangskonzentration der Luftbelastung zu erreichen. Am wirksamsten ist die Integration der Absaugung in die Lasereinheit, andernfalls muss die Absaugung separat mit einer Absaugleistung von 340–560 l/min realisiert werden. In OP-Einheiten mit TAV kann auf zusätzliche lokale Absaugung verzichtet werden, wenn der Laser nur selten und kleinflächig eingesetzt wird, weil die Erholzeit nur ca. 2 min beträgt (Külpmann u. Kramer 2012).

3.4 Qualitätssicherung

Durch Einhaltung der Standards zur Infektionsprävention mit klarer Regelung der Arbeitsabläufe, Einführung eines SSI-Bundles, Training und Supervision lässt sich die SSI-Rate auf das erreichbare Minimum senken (Kramer u. Heidecke 2014). Aufgrund des endogenen Infektionsrisikos bei Laseranwendung auf Haut und Schleimhäuten ist eine Nulltoleranz nur für Handlungslücken, nicht aber für SSI erreichbar. Die Einbeziehung der Patienten in die Evaluation ist eine weitere wirksame Maßnahme zur Umsetzung der Philosophie der Nulltoleranz gegenüber Hygienemängeln (Kramer et al. 2010).

Die Verantwortung für die Praxishygiene obliegt dem Praxisinhaber. Er kann Maßnahmen der Praxishygiene je nach Qualifikation an die Mitarbeiter delegieren.

In jeder operativ tätigen Einrichtung ist bis zum Jahr 2016 (abhängig vom Bundesland ggf. früher) ein Hygienebeauftragter Arzt zu benennen (IfSGuaÄndG 2011).

Dieser muss den 40-stündigen Grundkurs für Hygiene-beauftragte Ärzte als Lehrgang oder als E-Learning-Curriculum absolvieren.

Im Hygieneplan sind die Maßnahmen entsprechend den Besonderheiten der Einrichtung detailliert festzulegen (IfSGuaÄndG 2011). Der Hygieneplan muss den Beschäftigten bei Einstellung bekannt gemacht und erläutert werden. Bei Veränderungen im Aufgabenbereich und Einführung neuer Arbeitsmittel oder verfahren ist der Hygieneplan anzupassen. Die Unterweisung in den Hygieneplan muss regelmäßig – mind. jährlich – wiederholt und dokumentiert werden.

Für operativ tätige Einrichtungen ist die Surveillance von SSI verpflichtend (IfSGuaÄndG 2011).

Es ist ausreichend, eine sog. Marker-OP für die Surveillance auszuwählen, wobei sich das LSR anbietet.

Zur Überwachung der Einhaltung und Wirksamkeit der in der Hygieneordnung festgelegten Maßnahmen gehören ferner OP-Ablaufanalysen sowie Analysen der Raumluft-, Umgebungs- und Aufbereitungssicherheit. Mithilfe einer Checkliste kann die Eigenkontrolle der Qualität der Aufbereitung professionell unterstützt werden (Dörflinger et al. 2012).

3.5 »Take Home Messages«

1. Das wichtigste Ziel des Hygienekonzepts in der Ästhetischen Medizin mit Skalpell oder Laser ist die Vermeidung einer Wundinfektion, einer Surgical Site Infection (SSI). Die dominierende Infektionsquelle findet sich in der residenten Flora. Das Infektionsrisiko erhöht sich mit dem Einsatz aggressiver Techniken.
2. Gerade wegen des im Vergleich zum konventionellen chirurgischen Vorgehen z. T. erhöhten Risikos einer Wundinfektion nach Laseranwendung ist bei laserchirurgischen Eingriffen strenge Asepsis und Antisepsis einzuhalten. Dabei unterscheiden sich die grundsätzlichen Anforderungen nicht vom konventionellen Vorgehen.
3. Präoperativ sind im OP-Gebiet lokalisierte Infektionen zu sanieren. Gleiches gilt für bakterielle Hautinfektionen an anderer Lokalisation, weil sich die bakterielle Infektionsflora über die Körperoberfläche verteilt. Bei beginnender oder florider *Herpes-simplex-Virus-1*-Infektion sind laserchirurgische Eingriffe kontraindiziert. Zur Verhinderung einer Aktivierung wird für Patienten mit rekurrerender *Herpes-simplex*-Infektionsanamnese bei ablativer Behandlung des gesamten Gesichts die antivirale Prophylaxe prä- und postoperativ empfohlen.

Literatur

- Alster TS (2000) Against antibiotic prophylaxis for cutaneous laser resurfacing. *Dermatol Surg* 26: 697
- Apfelberg DB (1997) Adjunctive considerations for laser resurfacing. *Operative Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 8: 25
- Assadian O, Kramer A, Ouriel K, Suchomel M, McLaws ML, Rottman M, Leaper D, Assadian A (2013) Suppression of surgeons' bacterial hand flora during surgical procedures with a new antimicrobial surgical glove. *Surg Infect* 14: in press
- Bellman B, Brandt FS, Holtmann M, Bebell WR (1998) Infection with methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* after carbon dioxide resurfacing of the face. Successful treatment with minocycline, rifampin, and mupirocin ointment. *Dermatol Surg* 24: 279
- Below H, Dornquast T, Kramer A (2012) Wartung von Umluftkühlgeräten. In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Simon A (Hrsg) Krankenhaus- und Praxishygiene. Elsevier, München, Online-Version
- Bode LG, Kluytmans JA, Wertheim HF, Bogaers D, Vandenbroucke-Grauls CM, Roosendaal R, Troelstra A, Box AT, Voss A, van der Tweel I, van Belkum A, Verbrugh HA, Vos MC (2010) Preventing surgical-site infections in nasal carriers of *Staphylococcus aureus*. *N Engl J Med* 362: 9
- Carter SR, Stewart JM, Khan J, Archer KF, Holds JB, Seiff SR, Dailey RA (2003) Infection after blepharoplasty with and without carbon dioxide laser resurfacing. *Ophthalmol* 110: 1430
- Christian MM, Behroozan DS, Moy RL (2000) Delayed infections following full-face CO₂ laser resurfacing and occlusive dressing use. *Dermatol Surg* 26(1): 32
- Culton DA, Lachiewicz AM, Miller BA, Miller MB, MacKuen C, Groben P, White B, Cox GM, Stout JE (2013) Nontuberculous mycobacterial infection after fractionated CO₂ laser resurfacing. 19(3): 365
- Daeschlein G, Kramer A, Arnold A, Ladwig A, Seabrook GR, Edmiston CE (2011) Evaluation of an innovative antimicrobial surgical glove technology to reduce the risk of microbial passage following intraoperative perforation. *Am J Infect Control* 39(2): 98
- Darouiche O, Wall MJ, Itani KMF, Otterson MF, Webb AL, Carrick MW, Miller HJ, Awad SS, Crosby CT, Mosier MC., AlSharif A, Berger DH (2010) Chlorhexidine-alcohol versus povidone-iodine for surgical-site antisepsis. *N Engl J Med* 362: 18
- Dörflinger I, König K, Kramer A (2012) Checkliste zur Eigenkontrolle der Struktur- und Prozessqualität der Aufbereitung von Medizinprodukten gemäß Kriterien der MPBetreibV. In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Simon A (Hrsg) Krankenhaus- und Praxishygiene. Elsevier, München, Online-Version
- Fitzpatrick RE, Williams B, Goldman MP (1996) Preoperative anesthesia and postoperative considerations in laser resurfacing. *Semin Cutan Med Surg* 15: 170
- Gaspar C, Vinculillo C, Elliott T (2001) Antibiotic prophylaxis for full-face laser resurfacing. Is it necessary? *Arch Dermatol* 137: 313
- Goldman MP (1997) Postoperative care of the laser resurfacing patient. *Operative Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 8: 35
- Graber EM, Tanzi EL, Alster TS (2008) Side effects and complications of fractional laser photothermolysis: experience with 961 treatments. *Dermatol Surg* 34(3): 301
- Harnoff JC, Partecke LI, Heidecke CD, Hübner NO, Kramer A, Assadian O (2010) Concentration of bacteria passing through puncture holes in surgical gloves. *Am J Inf Contr* 38(2): 154
- Hohenleutner S, Hohenleutner U (2006) Aktinisch geschädigte Haut: Skin resurfacing und Skin rejuvenation. In: Landthaler M, Hohenleutner U (Hrsg) Lasertherapie in der Dermatologie: Atlas und Lehrbuch, 2. Aufl. Springer, Heidelberg, S 161

- Hübner NO, Wander K, Ryll S, Kramer A (2009) Sanierung von MRSA positiven Patienten. *Med Mschr Pharmaz* 32(3): 87
- Hübner NO, Haak J, Ryll S, Kramer A (2011a) Können persönliche Stoff-OP-Hauben ohne erhöhtes Kontaminationsrisiko in der Haushaltswaschmaschine gewaschen werden? Ergebnisse einer orientierenden Pilotstudie. *Hyg Med* 36(5): 198
- Hübner NO, Kellner NB, Partecke LI, Koburger T, Heidecke CD, Kohlmann T, Kramer A (2011b) Determination of antiseptic efficacy of rubs on the forearm and consequences for surgical hand disinfection. *J Hosp Inf* 78(1): 11
- Hübner NO, Goerdt AM, Mannerow A, Pohrt U, Heidecke CD, Kramer A, Partecke LI (2013) The durability of examination gloves used on intensive care units. *BMC Inf Dis* 13: 226
- Hunzeker CM, Weiss ET, Geronemus RG (2009) Fractionated CO₂ laser resurfacing: our experience with more than 2000 treatments. *Aesthetic Surg J* 29: 317
- Kohnen W, Kober P, Fleischhack R, Achterberg D, Kaiser U, Kühne T, Scheel K, Salzbrunn R, Getreuer H, Denhöfer E, Wegner WD (2012) Grundlagen der Sterilisation. In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Simon A (Hrsg) Krankenhaus- und Praxis-hygiene. Elsevier, München, S 59
- Kramer A, Behrens-Baumann W (2002) Antiseptic prophylaxis and therapy in ocular infections. *Dev Ophthalmol* 33: 212
- Kramer A, Heidecke CD (2014) Hygienevorschriften für die Operationsabteilung. *Trauma Berufskrankh* (in press)
- Kramer A, Assadian O, Gruber B, Lademann J (2008a) Prävention von postoperativen Wundinfektionen, Teil 1: Präoperative Maßnahmen – Einfluss der Haarentfernung. *Hyg Med* 33(10): 402
- Kramer A, Hübner N, Below H, Heidecke CD, Assadian O (2008b) Improving adherence to surgical hand preparation. *J Hosp Inf* 70 (Suppl): 43
- Kramer A, Schilling M, Heidecke CD (2010) Infektionspräventions-Check-in und Infektionspräventions-Check-out zur Prävention nosokomialer Infektionen. *Zbl Chir* 135(1): 44
- Kramer A, Assadian O, Wille F, Krüger C, Lippert H, Wendt M (2012a) Vorschlag für Raumklassen in Abhängigkeit vom invasiven Eingriff. In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Simon A (Hrsg) Krankenhaus- und Praxis-hygiene. Elsevier, München, Online-Version
- Kramer A, Kampf G, Oldhafer K, Maier S, Heidecke CD (2012b) Prävention von SSI in der Chirurgie. In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Simon A (Hrsg) Krankenhaus- und Praxis-hygiene. Elsevier, München, S 294
- Kramer A, Pitten FA, Assadian O, Below H, Dornquast T. Pflegeeinheit (2012c) In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Simon A (Hrsg) Krankenhaus- und Praxis-hygiene. Elsevier, München, S 591
- Kramer A, Assadian O, Below H, Willy C (2013a) Wound antiseptics today – an overview. In: Willy C (Hrsg) Antiseptics in surgery – update 2013. Lindqvist, Berlin, S 85
- Kramer A, Fleßa S, Hübner C, Hübner NO, Leesch H, Ryll S, Wegner C (2013b) Die Greifswalder MRSA-Präventionsstrategie und die Rolle von POCT. In: Eiff von W (Hrsg) POCT-Management – klinische und ökonomische Effekte. Medhochzwei, Heidelberg, S 239
- Külpmann R, Kramer A (2012) Raumluftechnische Anlagen (RLTA). In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Simon A (Hrsg) Krankenhaus- und Praxis-hygiene. Elsevier, München, S 448
- Linsmeier Kilmer S (1997) Preoperative preparation of the laser resurfacing patient. *Operative Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 8: 31
- Löffler H, Kramer A (2012) Dermatologie und Venerologie. In: Kramer A, Assadian O, Exner M, Hübner NO, Simon A (Hrsg) Krankenhaus- und Praxis-hygiene. Elsevier, München, S 380
- Manuskiatti W, Fitzpatrick RE, Goldman MP (1999) Long-term effectiveness and side effects of carbon dioxide laser resurfacing for photoaged facial skin. *J Am Acad Dermatol* 40(3): 401
- Metelitsa A, Alster TS (2010) Fractionated laser skin resurfacing treatment complications: A review. *Dermatol Surg* 6(3): 299
- Metelmann HR (2014) Ästhetische und Rekonstruktive Gesichtschirurgie. MKGupdate 2014– Handbuch MKG, med publico GmbH
- Pitten FA, Kramer A (1999) Antimicrobial efficacy of antiseptic mouthrinse solutions. *Eur J Clin Pharmacol* 55: 95
- Ross EV, Amesbury EC, Barile A, Proctor-Shipman L, Feldman D (1998) Incidence of postoperative infection or positive culture after facial laser resurfacing: a pilot study, a case report, and a proposal for a rational approach to antibiotic prophylaxis. *J Am Acad Dermatol* 39(6):975–981
- Schoelch ML Sekandari N, Regezy JA, Silverman S (1999) Laser management of oral leukoplakias: a follow-up study of 70 patients. *Laryngosc* 109: 949
- Schoenrock LD, Andrews JT (1997) Laser resurfacing techniques. *Operative Tech Otolaryngol Head Neck Surg* 8: 5
- Sripachya-Anunt S, Fitzpatrick RE, Goldman MP, Smith SR (1997) Infections complicating pulsed carbon dioxide laser resurfacing for photoaged facial skin. *Dermatol Surg* 23(7): 527
- Tehrani M, Dick HB, Daeschlein G, Kramer A (2005) Prävention, Differenzialdiagnose und Therapie der mikrobiellen Keratitis nach Laser-in-situ-Keratomileusis. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 102(5): 514
- Ulmer M, Lademann J, Patzelt A, Kramer A, Koburger T, Assadian O, Daeschlein G, Lange-Asschenfeldt B (2014) New strategies for preoperative skin antiseptics. *Skin pharmacol physiol* (in press)
- Waldorf HA, Kauvar AN, Geronemus RG (1995) Skin resurfacing of fine to deep rhytides using a char-free carbon dioxide laser in 47 patients. *Dermatol Surg* 21: 940
- Walia S, Alster TS (1999) Cutaneous CO₂ laser resurfacing infection rate with and without prophylactic antibiotics. *Dermatol Surg* 25: 857–861
- Weinstein C, Ramirez O, Pozner J (1998) Postoperative care following carbon dioxide laser resurfacing. *Dermatol Surg* 24: 51
- Willey A, Anderson RF, Azpiazu JL, Bakus AD, Barlow RJ, DoverJS, Garden JM, Kilmer SL, Landa N, Manstein D, Ross EV, Sadick N, Tanghetti EA, Yaghamai D, Zelickson, BD (2006) Complications of laser dermatologic surgery. *Lasers Surg Med* 38: 1

Gesetze, Richtlinien, Empfehlungen

- DIN EN 13795:2013-10 (2013) Operationsabdecktücher, mäntel und Rein-Luft-Kleidung zur Verwendung als Medizinprodukte für Patienten, Klinikpersonal und Geräte – Allgemeine Anforderungen für Hersteller, Wiederaufbereiter und Produkte, Prüfverfahren und Gebrauchsanforderungen. Deutsche Fassung EN 13795:2011 +A 1:2013
- Gesetz zur Änderung des Infektionsschutzgesetzes und weiterer Gesetze (IfsGuaÄndG) (2011) Bundesgesetzbl I (41): 1622
- Gesetz über Medizinprodukte (Medizinproduktegesetz – MPG) (2013) Bundesgesundheitsbl I: 3154
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (1997) Anforderungen der Hygiene beim ambulanten Operieren in Krankenhaus und Praxis. Bundesgesundheitsbl 9: 361
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (1999) Empfehlung zur Prävention und Kontrolle von Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus-Stämmen (MRSA) in Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch -Gesundheitssch 42(12): 954

- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
(2000) Anforderungen der Hygiene bei Operationen und anderen invasiven Eingriffen. Bundesgesundheitsbl 43: 644
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
(2004) Kommentar zu den Empfehlungen zur Prävention von Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus Stämmen in Krankenhäusern und anderen medizinischen Einrichtungen. Epid Bull 46: 396
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention
(2007) Prävention postoperativer Infektionen im Operationsgebiet. Bundesgesundheitsbl – Gesundheitsforsch – Gesundheitssch 50: 377
- Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut (RKI) und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte (BfArM) (2012) Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten. Bundesgesundheitsbl 55: 1244
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen (Biostoffverordnung – BioStoffV) (2013) Bundesgesundheitsbl I: 2514

Qualitätsmanagement durch postgraduale Weiterbildung

S. Hammes, U. Westermann, A. Rana, H.-R. Metelmann

- 4.1 Qualitätsstandards – 36**
- 4.2 Diploma in Aesthetic Laser Medicine – 37**
 - 4.2.1 Dies academicus – 37
 - 4.2.2 Hospitation – 38
 - 4.2.3 Studium generale – 39
 - 4.2.4 Examen – 39
 - 4.2.5 Individualisierung des Curriculums – 39
 - 4.2.6 Studienorganisation – 39
- 4.3 Diploma in Aesthetics and Laser Medicine – 39**
- 4.4 »Take Home Messages« – 40**
- Literatur – 40**

Das Kapitel stammt aus Raulin C, Karsai S (Hrsg) Lasertherapie der Haut (s. Metelmann et al. 2013); mit frdl. Genehmigung der Herausgeber.

H.-R. Metelmann, S. Hammes (Hrsg.), *Lasermedizin in der Ästhetischen Chirurgie*, DOI 10.1007/978-3-642-34936-2_4, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Ein ergebnisorientiertes Qualitätsmanagement in der Ästhetischen Medizin ist schwierig, denn dafür notwendige randomisierte kontrollierte Studien (RCT), bei denen die Patienten nach einem Zufallsverfahren auf die Therapie- oder Kontrollgruppe verteilt und auf das Auftreten der festgelegten Endpunkte ihres Behandlungsergebnisses in den einzelnen Gruppen vergleichend nachbeobachtet werden, lassen sich in der Ästhetischen Medizin nur selten durchführen angesichts der Subjektivität der Behandlungsergebnisse und der Vorbehalte der Patienten gegen ihre Randomisierung. Das Qualitätsmanagement orientiert sich deshalb eher am Prozess der Behandlung, und deshalb ist ein gutes Weiterbildungsprogramm die beste Grundlage zur Sicherung der Qualitätsstandards in der Ästhetischen und Lasermedizin. Die komplexen Behandlungsaufgaben und ärztliche Verantwortung erfordern eine interdisziplinäre Weiterbildung mit Integration von Klinik und Forschung, auch zur Teilhabe an der Weiterentwicklung des Fachgebiets und als regelmäßige Aktualisierung von Kenntnissen und Fertigkeiten. Das Diploma in Aesthetic Laser Medicine (D.A.L.M.), ein universitärer postgradualer Abschlussgrad der Universität Greifswald, weist ein erfolgreich absolviertes ärztliches Vertiefungsstudium aus und eine besondere Kompetenz für Qualitätsstandards in Ästhetischer Medizin.

4.1 Qualitätsstandards

Die Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft Wissenschaftlicher Medizinischer Fachgesellschaften (AWMF) sind eine wichtige Grundlage für das wissenschaftlich fundierte Qualitätsmanagement in der Medizin. Bei ästhetischen Operationen, z. B. in der Gesichtschirurgie, gibt es allerdings ein Problem mit Leitlinien: Randomisierte kontrollierte Studien (RCT) für Blepharoplastiken, Liftoperationen oder die Behandlung perioraler Alterungserscheinungen, also experimentelle klinische Studien, bei denen die Patienten nach einem Zufallsverfahren auf die Therapie- oder Kontrollgruppe verteilt und auf das Auftreten der festgelegten Endpunkte ihres Behandlungsergebnisses in den einzelnen Gruppen vergleichend nachbeobachtet werden, sind in der Ästhetischen Chirurgie schwierig angesichts der Subjektivität der Behandlungsergebnisse und der Vorbehalte der Patienten gegen ihre Randomisierung. Vieles hängt hier ab von den Erwartungen der Patienten und von ihrer Akzeptanz der erreichten Resultate. Wo es folglich schwierig ist, evidenzbasierte Prozeduren zu entwickeln, um Qualitätsstandards aus Behandlungsergebnissen abzuleiten, muss sich die Qualitätssicherung eher dem Behandlungsprozess widmen.

Das größte Behandlungsrisiko für den Patienten, so hat es die nationale Kommission für Prävention iatrogen

ner Schäden in der Ästhetischen Medizin 2007 in ihrem Bericht an den Präsidenten des Deutschen Bundesrates mitgeteilt, liegt dabei in der Kompetenz des Operators (Greve u. Raulin 2002, Hammes 2011).

Kompetenz des Operators

- Gründliche Kenntnisse in Laserbiologie, Laserphysik und Lasertechnologie
- Erfahrungen in der klinischen Differenzialdiagnostik und Differenzialindikation der Ästhetischen Medizin
- Beherrschung von Risiken, Nebenwirkungen und Komplikationen
- Technisch-manuelle Versiertheit
- Verständnis für ethische Fragen in der Ästhetischen Medizin
- Solide Interdisziplinarität, um in diesem Querschnittgebiet mit Anteilen aus der Dermatologie, Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie, Hals-Nasen-Ohrenheilkunde und Plastischen Chirurgie über die eigenen Fachgrenzen hinausblicken zu können
- Kluge Auswahl geeigneter Patientinnen und Patienten
- Sichere Beherrschung des Infektionsschutzes

Kompetenzentwicklung durch gute ärztliche Ausbildung mit einem strukturierten Programm steht also im Mittelpunkt der Qualitätssicherung. Zu den Anforderungen an so ein Programm gehören eine gleichgewichtige Orientierung in der beruflichen Praxis und in der Forschung, industrielle Unabhängigkeit, ein internationales Kollegium von Hochschullehrern und klinischen Experten und nicht zuletzt ein Studienabschluss mit einem universitären Grad, der u. a. gegenüber Sachverständigen, Gutachtern, Versicherungen, Gerichten und nicht zuletzt den Patienten Kompetenz ausweist.

Derzeit ist nur ein einziges Weiterbildungsstudium bekannt, das sich an diesen Standards orientiert, das Diploma in Aesthetic Laser Medicine, das von der Universität Greifswald 1999 aufgelegt und vom Wissenschaftsministerium des Landes Mecklenburg-Vorpommern anerkannt worden ist als postgradualer Studiengang für Ärztinnen und Ärzte mit dem schildfähigen, universitären Abschlussgrad D.A.L.M.

Unter den Standards des Ausbildungsprogrammes sind zwei von besonderer Bedeutung: Zum einen ist das Studienprogramm so multidisziplinär angelegt wie die Aufgabenstellung in der Ästhetischen Medizin. ■ Abb. 4.1 zeigt exemplarisch eine Patientin mit einem komplexen Behandlungskonzept, zu dem eine lasermedizinische Glättung perioraler und periorbitaler Falten genauso da-



■ **Abb. 4.1** Exemplarische Patientin und typische Behandlungsaufgabe mit Kombination von Facelifting und Laserskinresurfacing. **a** Ausgangsbefund, **b** Bild am 3. postoperativen Tag, **c** Reepithelisierung durch das Auftragen von Betulin, **d** Befund 4 Wochen postoperativ. (Aus Metelmann et al. 2011)

zugehört wie die plastisch-chirurgische Anhebung kaudal verlagerter Weichgewebe des Gesichts, z. B. einer Ptosis des malaren Fettkörpers, mit seinen Folgen für das Oberflächenrelief des Gesichtes. Eine lasermedizinische Betrachtung der Patienten allein könnte ihren Wunsch nicht erfüllen, nämlich eine erhebliche Verjüngung ihres Gesichts (Metelmann et al. 2011).

Ein weiterer wichtiger Standard ist die Wissenschaftsorientierung der Ausbildung. ■ **Abb. 4.2** illustriert eine klinisch-experimentelle Untersuchung zum intraindividuellen Vergleich verschiedener Nachbehandlungsverfahren von Hautläsionen nach CO_2 -Lasereinwirkung. Die Abbildungen zeigen, dass eine Salbenbehandlung auf Betulin-Basis unter ästhetischen Aspekten besonders gute Spätergebnisse erzielt (Metelmann et al. 2010). Die Interpretation solcher Versuchsreihen ist für Ärztinnen und Ärzte, die lasermedizinisch tätig sind, wichtig, um ihre Teilhabe am Fortschritt der Medizin zu sichern.

4.2 Diploma in Aesthetic Laser Medicine

Der Weiterbildungsstudiengang Ästhetische Lasermedizin ist ein fachliches Vertiefungsprogramm, das Ärztinnen und Ärzten offensteht, die bereits über vertiefte Kenntnisse und Fähigkeiten in der Dermatologie, MKG-Chirurgie, HNO-Heilkunde oder Plastischen Chirurgie verfügen und einen entsprechenden Facharztstatus besitzen.

Das Studienprogramm, ist vorrangig ausgerichtet auf die berufliche Praxis der Ästhetischen Lasermedizin, also auf die speziellen Aspekte einer lasertechnisch-assistierten Medizin bei ästhetischen Indikationen. In der Ausbildung geht es um die grundlegenden Prinzipien der Lasertechnologie, der Laserbiologie, der Laserphysik und der Lasersicherheit in Praxis, Klinik und Forschung. Nicht zuletzt gehört neben dem medizinischen Vertiefungsstudium

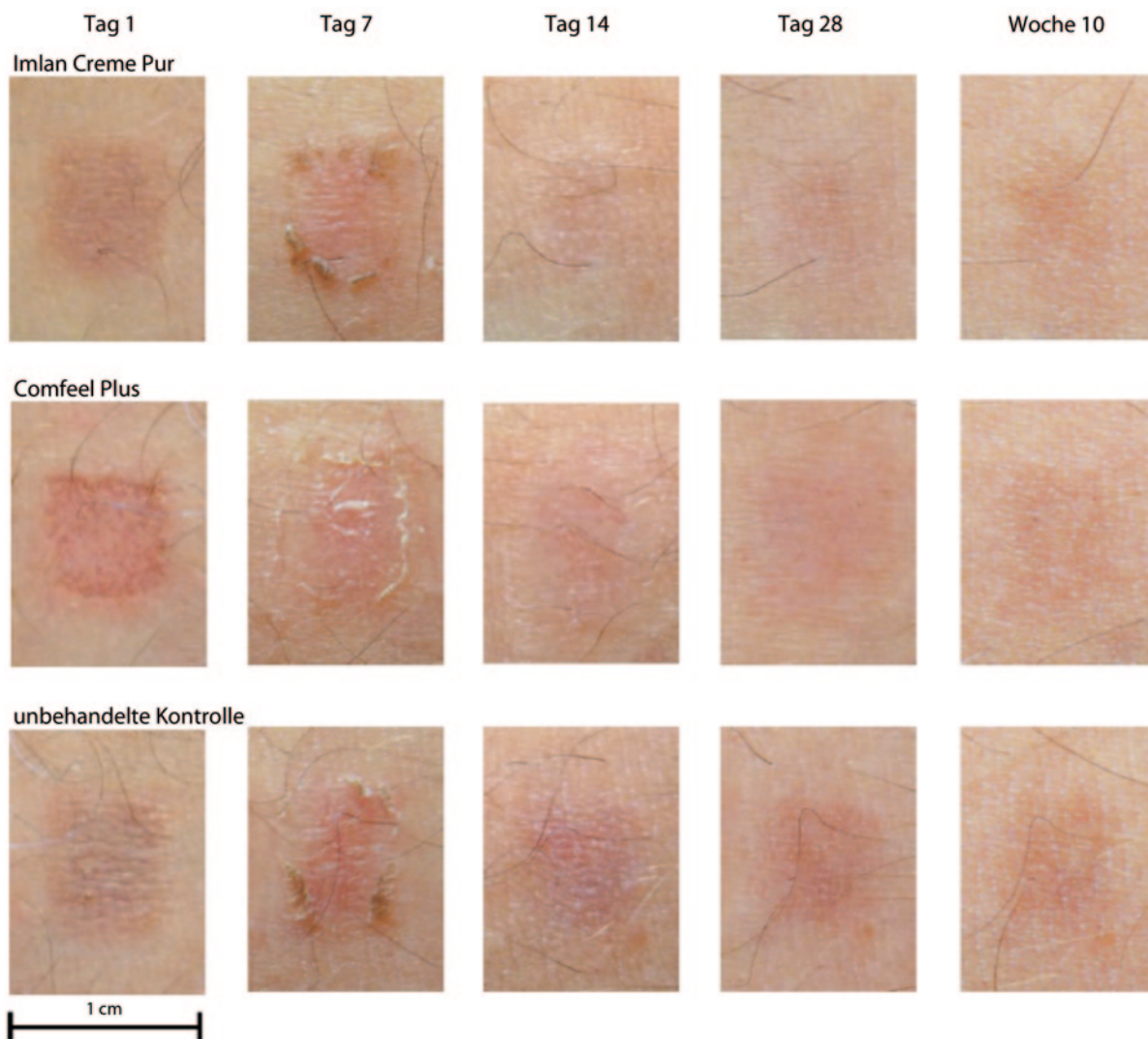
auch die Beschäftigung mit rechtlichen und betriebswirtschaftlichen Aspekten, mit dem Praxismanagement und dem Marketing zum Studieninhalt. Ebenso geht es um ein ganz umfassendes Verständnis von Werten und Sinnhaftigkeit der Ästhetischen Medizin aus Sicht der Geistes-, Gesellschafts- und Kulturwissenschaften. Die inhaltlichen Studienleistungen sind in einem interdisziplinären Gegenstandskatalog unter Federführung der Deutschen Dermatologischen Lasergesellschaft festgelegt worden, ergänzt um die Aspekte der chirurgischen Fächer in der Ästhetischen Medizin, der für die Lehrveranstaltungen und die mündliche wie schriftliche Abschlussprüfung die Grundlage bildet.

Das Kollegium der Dozenten, Lehrbeauftragte der Universität Greifswald, verbindet in einem multidisziplinären Netzwerk Experten aus Deutschland, der Schweiz und Österreich, die campusunabhängig, also auch in ihren eigenen Einrichtungen, den Studierenden zur Verfügung stehen (Samuelsson 2003).

Hammes hat die Effektivität des Konzepts unter dem Aspekt der Qualitätssicherung in der Ästhetischen Medizin untersucht. Auf der Grundlage seiner Aussagen hat das Studienprogramm heute eine Ordnung aus der Kombination von seminaristischen Übungen (Dies academicus), praktischen Kursen (Hospitation), Übersichtsvorlesungen und Konferenzen (Studium generale) und einer Abschlussprüfung (Examen), zu der eine diplomäquivalente schriftliche Leistung, ein Plenarvortrag und ein mündliches Kolloquium gehören (Hammes 2011).

4.2.1 Dies academicus

Die grundlegenden Vorlesungen des Studiengangs finden im allmonatlichen Dies academicus statt, regelmäßig an jedem letzten Sonnabend eines Monats und das ganze



■ **Abb. 4.2** Intraindividuelle, mehrwöchige Verlaufsreihen nach einer experimentellen CO₂-Laserläsion. Dargestellt wird das Abheilen der Hautläsion ohne Nachbehandlung (*untere Reihe*), der heilungsfördernde klinische Effekt einer Betulinemulsion (*obere Reihe*) und eines Folienverbands (*mittlere Reihe*). (Aus Metelmann et al. 2011)

Jahr hindurch als Jour fixe. Der Dies academicus hat die Form eines ganztägigen Seminars unter wechselnder Beteiligung aller Dozenten und jeweils in der Einrichtung des federführenden Kollegiummitglieds, also nacheinander an wechselnden Orten. Auf diese Weise lernen die Studierenden vor Ort und nicht zuletzt in der Struktur einer jeweiligen Klinik oder Praxis die differenzierte Lehrmeinung des Dozenten kennen. Ziel des Dies-academicus-Programms ist die Vermittlung vertiefter Kenntnisse, auch in seminaristischer Form und mit Beiträgen von Seiten der Studierenden. Zur Vorbereitung auf den Dies wird der Themenschwerpunkt bekanntgemacht und dazu die Liste der behandelten Punkte im Gegenstandskatalog. Die erfolgreiche Teilnahme am Dies academicus setzt

auch die Lösung abschließender Klausurfragen voraus und wird bescheinigt mit einem Testat. Ein vollständiges Studienprogramm umfasst 8 Dies-academicus-Testate, die in ihrer Gesamtheit alle Bereiche des Gegenstandskatalogs abdecken.

4.2.2 Hospitation

Die grundlegenden Praktika im Studium werden mit den individuell gestalteten und zu verabredenden Hospitationen angeboten, die in den jeweiligen Praxen oder Kliniken der Dozenten durchgeführt werden. Zum Ausbildungsprogramm gehören hier das Beobachten, die Assistenz,

das selbstständige Durchführen unter Hilfestellung und zuletzt das selbstständige Durchführen von lasermedizinischen Behandlungen unter Supervision. Ziel der Hospitationen ist es, die Kenntnisse, die im Dies-academicus-Programm vermittelt werden, mit den praktischen Fertigkeiten der Behandlung zu verbinden. Die erfolgreiche Teilnahme wird ausgewiesen durch einen OP-Katalog individuellen Umfangs und ein Abschlusstestat. Zum vollständigen Studienprogramm gehören 8 Hospitationstestate, die alle Bereiche des Gegenstandskatalogs abdecken.

4.2.3 Studium generale

Das Selbststudium erfolgt durch Teilnahme an weiteren Lehrveranstaltungen, fachwissenschaftlichen und technischen Konferenzen sowie Fortbildungen außerhalb des regulären Studienprogramms. Es dient zu Beginn auch einer allgemeinen Orientierung in der Lasermedizin. Ziel des Studium generale ist es insgesamt, gerade auch durch Teilnahme an wissenschaftlichen Konferenzen, einen Einblick in die Forschungsthemen der Lasermedizin und einen Überblick über die Entwicklungsrichtungen zu gewinnen. Zum vollständigen Studienprogramm gehören die Nachweise von 5 Konferenzteilnahmen, ausgestellt von den wissenschaftlichen Fachgesellschaften oder von Dozenten im Kollegium des Weiterbildungsstudiengangs.

4.2.4 Examen

Nach vollständiger Absolvierung des Weiterbildungsprogramms erfolgt die Anmeldung zur Abschlussprüfung. Die Abschlussprüfung findet regelmäßig an der Universität Greifswald statt, parallel zu den medizinischen und zahnmedizinischen Staatsexamina. Zur Prüfungsleistung gehören als diplomäquivalente Leistung eine wissenschaftlich fundierte Epikrise über 3 Behandlungsfälle der Studierenden aus eigener lasermedizinischer Tätigkeit, ein Plenarvortrag mit Falldarstellung im Rahmen des März-Dies-academicus oder September-Dies-academicus und eine öffentliche mündliche Prüfung bei gleicher Gelegenheit. Nach erfolgreicher Prüfung erhalten die Absolventen den universitären Grad D.A.L.M. und die entsprechende urkundliche Bestätigung der Medizinischen Fakultät der Universitätsmedizin Greifswald.

4.2.5 Individualisierung des Curriculums

Entscheidende Voraussetzung für die Verleihung des Diplomas in Aesthetic Laser Medicine ist der Nachweis guter Kenntnisse und Fähigkeiten auf dem Gebiet der Ästhe-

tischen Lasermedizin. Dieser Nachweis erfolgt durch die universitäre Prüfung. Von untergeordneter Bedeutung ist dabei der Weg, auf dem die Kenntnisse und Fähigkeiten erworben worden sind und wie ihn der Studiengang in seinem Curriculum anbietet. Das Curriculum kann deshalb flexibilisiert werden.

Diese Individualisierung soll der Heterogenität der Studierenden und ihrem unterschiedlichen Kenntnisstand bei Eintritt in das Studium entgegenkommen. Eine Reihe von Studiengangsteilnehmern verfügt bereits über umfangreiche eigene Anwendungserfahrung und vertiefte Kenntnisse. Andere Studiengangsteilnehmer nehmen regelmäßig an Informationsveranstaltungen und Übungskursen auf hohem Niveau teil, die außerhalb des Laserstudiums der Universität Greifswald angeboten werden. Diesen Studierenden wird nach einem Studienberatungsgespräch und auf der Grundlage eines schriftlichen Beschlusses der Universität Greifswald ein Teil der üblichen Studienanforderungen (8 Dies-academicus-Testate, 8 Hospitations-Testate, 5 Testate zum Studium generale) erlassen.

4.2.6 Studienorganisation

Voraussetzung zur Teilnahme am Weiterbildungsstudium ist die Einschreibung als Gasthörer in der Universität Greifswald. Berechtigt zur Einschreibung in den Studiengang sind Ärztinnen und Ärzte mit Facharztanerkennung oder nahezu Facharztstufe in Gebieten mit Bezug zur Ästhetischen Medizin. Die Teilnahme an den Veranstaltungen ist gebührenpflichtig. Information zum Studiengang, z. B. die aktuellen Lehrpläne und das Kollegium der Dozenten, sind auf der Homepage der Universität Greifswald ersichtlich oder direkt unter ► <http://www.laserstudium.eu>. Für Ärztinnen und Ärzte aus englischsprachigen Ländern wird das D.A.L.M.-Programm der Universität Greifswald mit übereinstimmendem Curriculum auch am Institute of Laser & Aesthetic Medicine (ILAMED) in New Delhi/Indien angeboten, ► <http://www.ilamed.org>.

4.3 Diploma in Aesthetics and Laser Medicine

Ausbildungsprogramme sind dynamisch. Sie müssen sich in ihrer Ordnung einstellen auf neue medizinische und didaktische Erkenntnisse, wie es Hammes 2011 auch zur Entwicklung des D.A.L.M. gefordert hat. Dieser Prozess soll nicht zu einer inhaltlich nicht relevanten Umsortierung des Diploma-Curriculums in ein Bachelor-Master-System führen, sondern Strukturen für die weitere Entwicklung der Ästhetischen Medizin in Berufspraxis und Wissenschaft schaffen.

Die Intention dieser Weiterentwicklung des D.A.L.M.-Programms besteht darin, die Maßnahmen der Ästhetischen Medizin außerhalb der lasergestützten Prozeduren noch stärker zum Ausbildungsgegenstand zu machen, dafür auch die Expertise der American Academy of Cosmetic Surgery als interdisziplinären wissenschaftlichen Dachverband der Vereinigten Staaten zu nutzen und nicht zuletzt aus dem internationalen Potenzial eigene Forschungs- und Publikationstätigkeit der Studierenden zum Teil des Curriculums zu machen.

Im Zuge der Planungen für ein gemeinsames Masterprogramm der Universität Greifswald und der Universität von Birmingham/Alabama (USA) in Verbindung mit der American Academy of Cosmetic Surgery ist das Konzept für einen binationalen Weiterbildungsstudiengang entstanden, der die Aspekte der Ästhetischen Medizin über die eigentliche Lasermedizin hinaus stärker im Curriculum vertritt.

Das Curriculum wird ergänzt mit einem Zusatzprogramm für Ärztinnen und Ärzte, die bereits das D.A.L.M. erworben haben oder das Board Certificate der American Academy of Cosmetic Surgery. Zum Studienprogramm gehört die Teilnahme an 8 Dies-academicus-Veranstaltungen in der Funktion als Seminarleiter oder Lecturer und mit Themen, die in der Ästhetischen Medizin außerhalb der eigentlichen Lasermedizin liegen. Statt einer weiteren Abschlussprüfung wird zuletzt eine Master-äquivalente These vorgelegt, eine kumulative Arbeit, die 3 eigene Publikationen zum ästhetisch-medizinischen Thema enthält in peer-reviewed Journals.

3. Das Curriculum ist zugänglich für Fachärzte aus dem gesamten Querschnittsgebiet der ästhetisch orientierten Disziplinen. Die Intention des Curriculums ist die Vermittlung von vertieften Kenntnissen und Fähigkeiten mit sowohl berufspraktischer als auch wissenschaftlicher Orientierung auf dem Boden eines postgradualen Universitätsstudiums. Durch Einbeziehung eines internationalen Netzwerks von Dozenten wird die akademisch typische Vielfalt der Lehrmeinungen und beruflichen Erfahrungen eingefangen. Am Ende des Studiums steht eine dreigliedrige Abschlussprüfung, die bei erfolgreichem Bestehen zum universitären Grad D.A.L.M. führt.

Literatur

- Greve B, Raulin C (2002) Professional errors caused by laser and IPL technology in dermatology and aesthetic medicine. Prevention strategies and case studies. *Dermatol Surg* 28(2): 156–161
- Hammes S (2011) Qualitätssicherung in der ästhetischen Medizin durch universitäre Weiterbildung: Diploma in Aesthetic Laser Medicine. Springer, Heidelberg
- Metelmann HR, Podmelle F, Müller-Debus C (2010) Imlan® Creme Pur in der Hautregeneration nach Laserskin Resurfacing. *Kosmetische Medizin* 6: 30–36
- Metelmann HR, Podmelle F, Müller-Debus C, Funk W, Westermann U, Hammes S (2011) Ästhetische Lasermedizin. *MKG-Chirurg* 4(1): 47–57
- Metelmann HR, Waite P, Podmelle F, Westermann U, Hammes S (2013) Qualitätsstandards in der Ästhetischen Medizin. In: Raulin C, Karsai S (Hrsg) *Lasertherapie der Haut*, 1. Aufl. Springer, Berlin, S 407–412
- Samuelsson B (2003) Borderless Biotech: Europe's First Meta-Region Taking Shape. *Euro Biotech News* 3(2): 22–25

4.4 »Take Home Messages«

1. Das Qualitätsmanagement orientiert sich weniger an randomisierten kontrollierten Studien als vielmehr am Behandlungsprozess. Deshalb ist ein gutes Weiterbildungsprogramm die beste Grundlage zur Sicherung der Qualitätsstandards in der Ästhetischen und Lasermedizin.
2. Die komplexen Behandlungsaufgaben und ärztliche Verantwortung erfordern eine interdisziplinäre Weiterbildung mit Integration von Klinik und Forschung, auch zur Teilhabe an der Weiterentwicklung des Fachgebiets und als regelmäßige Aktualisierung von Kenntnissen und Fertigkeiten. Das Diploma in Aesthetic Laser Medicine (D.A.L.M.), ein universitärer postgradualer Abschlussgrad der Universität Greifswald, weist ein erfolgreich absolviertes ärztliches Vertiefungsstudium aus sowie eine besondere Kompetenz für Qualitätsstandards in Ästhetischer Medizin.

Technische und naturwissenschaftliche Grundlagen

Kapitel 5 Laserphysik und -biologie – 43
R. Steiner

Laserphysik und -biologie

R. Steiner

- 5.1 Historie – 44**
- 5.2 Charakteristik des Lichts – 44**
 - 5.2.1 Stimulierte Emission von Strahlung – 46
 - 5.2.2 Definitionen für Strahlung – 47
- 5.3 Das Prinzip des Lasers – 47**
- 5.4 Optische Resonatoren – 49**
- 5.5 Laserstrahlung – 52**
- 5.6 Medizinische Lasersysteme – 54**
 - 5.6.1 Nd:YAG-Laser – 54
 - 5.6.2 KTP-Laser – 55
 - 5.6.3 Er:YAG-Laser – 55
 - 5.6.4 Alexandritlaser – 55
 - 5.6.5 Rubinlaser – 56
 - 5.6.6 CO₂-Laser – 57
 - 5.6.7 Diodenlaser (Halbleiterlaser) – 57
 - 5.6.8 Fraktionierter Laser (Fraxel-Technologie) – 59
 - 5.6.9 Holmium- und Thuliumlaser – 59
- 5.7 Optische Eigenschaften des Gewebes – 59**
 - 5.7.1 Absorption – 59
 - 5.7.2 Streuung – 61
- 5.8 Reaktionsmechanismen – 64**
 - 5.8.1 Nichtthermische, chemische Reaktionen – 64
 - 5.8.2 Thermische Reaktionen – 66
 - 5.8.3 Gewebeablation – 69
 - 5.8.4 Photodisruption – 71
- Literatur – 74**

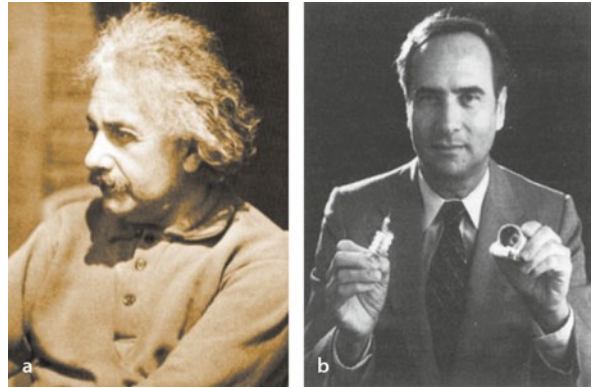
Das Kapitel basiert auf Beiträgen (Steiner 2013a,b) aus Raulin C, Karsai S (Hrsg) Lasertherapie der Haut; mit frdl. Genehmigung der Herausgeber.

5.1 Historie

Einsteins Idee von der stimulierten Emission von Strahlung (Einstein 1917) bildete die Grundlage für die Erfindung des LASERs (Akronym für »Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation«, eingeführt von Gordon Gould). Albert Einstein entwickelte das theoretische Konzept für die Lichtausbreitung in Wellenpaketen (Photonen) und für die sog. stimulierte Emission. Obwohl Einstein den Laser nicht erfunden hat, legte er dennoch den Grundstein hierzu, indem er darauf hinwies, dass unter Beachtung der Photonenstatistik eine stimulierte Emission von Strahlung möglich wäre (■ Abb. 5.1a).

Der Vorläufer des Lasers war der MASER (Mikrowelle statt Licht). Den Anstoß zur Entwicklung des Masers gab das zunehmende Interesse an der Mikrowellenstrahlung, insbesondere deren Anwendung in der Radartechnik. Der erste Maser wurde von Charles H. Townes kreiert (1954 publiziert), dem es zusammen mit James Gordon und Herbert Zeiger gelang, eine Populationsinversion durch Isolation angeregter Ammoniummoleküle (NH_4) zu erzeugen (Schawlow u. Townes 1958). Aber der erste Maser, ein Zwei-Energie-Niveau-System, konnte keine kontinuierliche Mikrowellenstrahlung erzeugen. Hierfür waren neue Systeme mit mehr als zwei Energieniveaus notwendig. Solche Systeme können eine stimulierte Emission erzeugen, ohne dass die angeregten Atome/Moleküle in den Grundzustand zurückfallen und somit eine Populationsinversion erhalten bleibt. Nikolai Basov und Alexander Prokhorov in Moskau entwickelten als erste diese Idee. Gemeinsam mit Townes teilten sie sich den Nobelpreis für Physik 1964 für die Entwicklung des Maserkonzepts.

Nachdem der Maser nun Realität war, forschten Wissenschaftler nach Möglichkeiten der stimulierten Emission in anderen Bereichen des elektromagnetischen Spektrums. Arthur Schawlow, zusammen mit Townes bei Bell Telephone Laboratories, Murray Hill, New Jersey, starteten Untersuchungen zum optischen und Infrarotmaser. Sie publizierten 1958 in *Physical Review* den ersten detaillierten Vorschlag zum Bau eines optischen Masers (später umgetauft in Laser, Schawlow u. Townes 1958). Die Herausforderungen, einen funktionierenden Laser zu entwickeln, waren jedoch enorm. Die viel kleineren Wellenlängen des sichtbaren Lichts und die Schwierigkeit, ein geeignetes Lasermedium zu finden, bedeuteten zahlreiche weitere Experimente und größere Schwierigkeiten bei der Justage eines funktionsfähigen Lasergeräts. Es dauerte bis 1960, bis Theodore Maiman den ersten funktionierenden Laser entwickelte (Maiman 1960, 2000; Townes 2007) (■ Abb. 5.1b). Maimans Laser enthielt einen Rubinlaserstab mit versilberten Enden als Spiegel, den er in eine spiralförmige Blitzlampe platzierte. Maimans Laser



■ Abb. 5.1 a Albert Einstein und b T. H. Maiman. (Mit frdl. Genehmigung des Nobelkomitees [a]; von K. F. Maiman aus Wikimedia Commons [b])

war jedoch nur gepulst zu betreiben, da es sich um einen Drei-Energie-Niveau-Laser handelte. Bald danach, noch im selben Jahr, entwickelten Peter Sorokin und Mirek Stevenson bei IBM Laboratories den ersten Vier-Energie-Niveau-Laser, der theoretisch kontinuierliches Laserlicht abstrahlen sollte, obwohl im Festkörper eine kontinuierliche Laserstrahlung nicht erreicht werden konnte. Weitere Laserentwicklungen folgten in kurzer Zeit: der Nd:YAG-Laser, CO_2 -Laser, Argon-Ionen-Laser, Excimer-Laser und der Diodenlaser. Eine Auflistung der Meilensteine in der Laserentwicklung gibt die ■ Tab. 5.1.

5.2 Charakteristik des Lichts

Licht ist elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich von 400–700 nm oder erweitert von 380–750 nm. Die Laserstrahlung wird dagegen von 100 nm bis 1 mm definiert. Die Geschwindigkeit, c [ms^{-1}], der Lichtausbreitung im Vakuum beträgt

$c = 299\,792\,485\,\text{ms}^{-1}$ (oder 186 282 Meilen pro Sekunde).

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit c des Lichts, die Frequenz ν und die Wellenlänge λ genügen der Beziehung

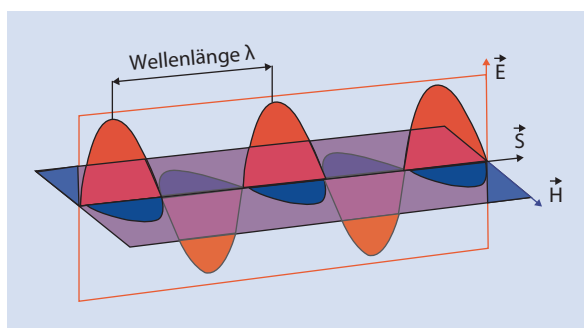
$$c = \lambda \cdot \nu \text{ und in Materie } c(\lambda) = c_0 / n(\lambda)$$

(n : Brechungsindex, abhängig von der Wellenlänge).

Die elektromagnetische Strahlung wird durch die Maxwell'schen Gleichungen eines elektrischen Wechselfelds mit der Feldstärke E [V/cm] und dem magnetischen Feld H beschrieben (■ Abb. 5.2). Die Strahlungsleistung beschreibt der Poynting-Vektor S [W/m^2], auch als Energieflussdichte (energy flux density) bezeichnet.

■ **Tab. 5.1** Meilensteine in der Geschichte des Lasers

1917	Einstein publizierte seinen Artikel über die stimulierte Emission
1951	Entwicklung des Masers durch C. H. Townes
1958	C. H. Townes und A. L. Schawlow berichten, dass das Maserkonzept auf optische Frequenzen ausgedehnt werden könnte
1960	T. H. Maiman bei Hughes Labs präsentiert am 16. Mai, zusammen mit seinem Assistenten Charles Asawa, den ersten funktionierenden Laser: ein gepulster Rubin-Laser
1961	Erste medizinische Laseranwendung in der Augenheilkunde durch C. J. Campbell und 1963 in der Dermatologie durch L. Goldman
1961	Der erste kontinuierlich strahlende Laser wird von A. Javan vorgestellt: der Helium-Neon-Laser
1962	M. I. Nathan et al. berichten über den ersten Diodenlaser
1964	N. Basov, C. H. Townes und A. M. Prokhorov erhalten den Nobelpreis für ihre fundamentale Arbeit auf dem Gebiet der Quantenelektronik, die zur Konstruktion von Oszillatoren und Verstärkern auf der Basis des Maser- und Laserprinzips führten
1964	<ul style="list-style-type: none"> – Der Argon-Ionen-Laser wurde bei Hughes Labs entwickelt. Der Argon-Ionen-Laser mit kontinuierlicher Strahlung bei 488 nm/514 nm war für die Retina-Chirurgie gut geeignet – K. Patel erfand den CO₂-(Kohlendioxid)-Gaslaser 10,064 nm (fernere Infrarot) bei Bell Labs – Der Nd:YAG-Laser (Neodym dotiert, Yttrium-Aluminium-Granat) 1,064 nm wurde ebenfalls bei Bell Labs entwickelt
1969	Der Farbstofflaser wurde von P. Sorokin und J. Lankard bei IBM Labs vorgestellt. Der gepulste Farbstofflaser war der erste Laser, der eine selektive Gewebewirkung erzielte
1970	Der erste Excimer-Laser (mit Xenon, Xe) wurde von der Gruppe um N. Basov bei Lebedev Labs, Moskau, erfunden
1977	J. Madeys Gruppe an der Stanford University entwickelten den ersten Freien Elektronenlaser.
1980	L. Goldman gründet die ASLMS (The American Society for Laser Medicine and Surgery, Inc.), die weltgrößte Organisation zur Förderung der Exzellenz bei der Patientenbehandlung durch fortschrittliche Laseranwendungen und ähnliche Technologien
1981	A. L. Schawlow und N. Bloembergen erhalten den Nobelpreis für »ihren Beitrag zur Entwicklung der Laserspektroskopie und nichtlinearen Optik«
1984	D. Matthews Gruppe bei Lawrence Livermore Labs demonstriert einen »laboratory« X-ray-Laser
2005	J. Hall und T. Hänsch erhalten den Nobelpreis für ihren Beitrag zur Entwicklung der laserbasierten Präzisionsspektroskopie unter Einschluss der optischen Frequenzkammtechnik



■ **Abb. 5.2** Schematische Darstellung einer elektromagnetischen Welle mit dem elektrischen Feld E und dem magnetischen Feld H , den Feldvektoren und dem Poynting-Vektor S . Die Ebenen der linear polarisierten Feldvektoren stehen senkrecht zueinander. (Aus Steiner 2013a)

$$\mathbf{S} = \mathbf{E} \times \mathbf{H}$$

Entsprechend des Bohr'schen Atommodells besetzen Elektronen definierte Orbitale (Hauptquantenzahl). Elektronen können nur von einem Orbital zum nächsten springen

gen und sind dadurch in der Lage, Energie aufzunehmen (Absorption von Strahlung) oder Energie zu emittieren (Emission von Strahlung). Die Quantisierung der Energie wird durch ΔE [eV] beschrieben.

$$\Delta E = h \times \nu \quad (h: \text{Plancksche Konstante}; \\ h = 6,6256 \times 10^{-34} [\text{Js}]; \nu = \text{Frequenz des Lichts})$$

Mit diesem Ausdruck kann Licht entweder als Welle oder als Partikel (Photon) beschrieben werden, das sich mit Lichtgeschwindigkeit bewegt, keine Masse, aber Energie und Impuls besitzt. Diese Eigenschaft wird als Welle-Teilchen-Dualismus bezeichnet (Hall et al. 1962; Hoffmann 2003).

$$\text{Energie: } E_{\text{Photon}} = h \times \nu$$

$$\text{Impuls: } p = \frac{E_{\text{Photon}}}{c} = h \times \frac{\nu}{c}$$

$$\text{Leistung: } P = N_{\text{Photon}} \times \frac{h\nu}{t} \quad (N: \text{Anzahl der Photonen})$$

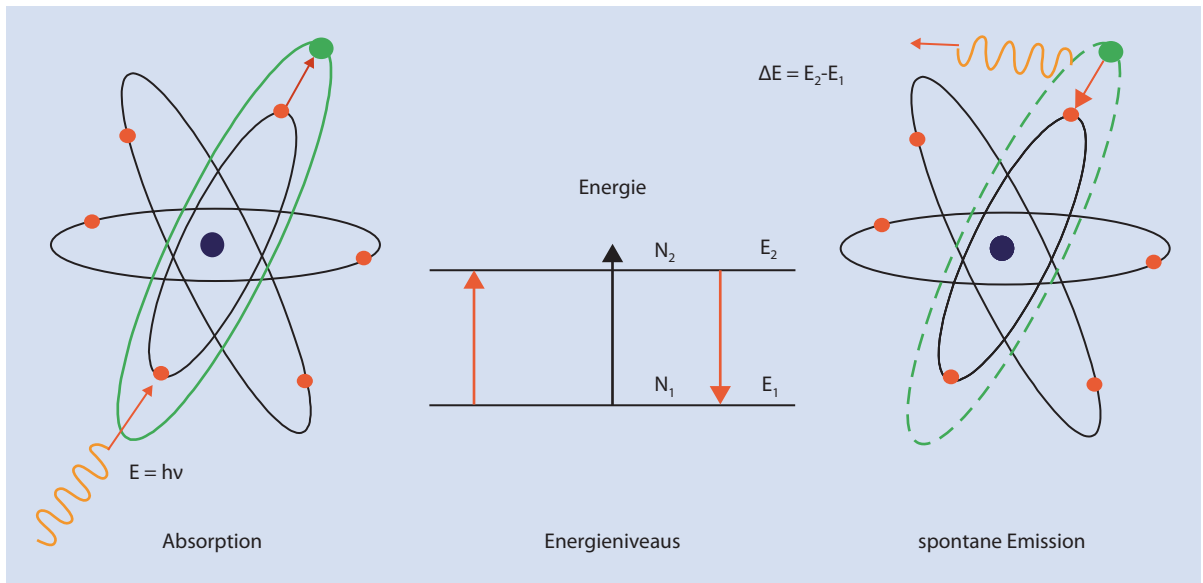


Abb. 5.3 Absorption und spontane Emission. Ein Photon wird von einem Atom absorbiert und befördert ein Elektron in ein höheres Niveau. Dieser angeregte Zustand dauert nur etwa 10^{-7} s. Dann fällt das Elektron wieder in seinen Grundzustand zurück und emittiert ein Photon der Energie $\Delta E = E_2 - E_1$. (Aus Steiner 2013a)

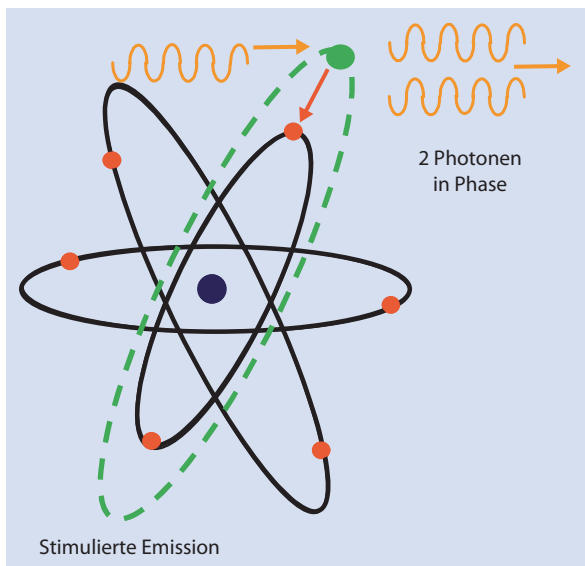


Abb. 5.4 Stimulierte Emission. Ein Photon induziert den Übergang eines angeregten Elektrons in den Grundzustand, ohne absorbiert zu werden. Dadurch entsteht simultan ein zweites Photon mit gleicher Phase und Wellenlänge (Energie). (Aus Steiner 2013a)

mit der Energie E_2 . Es kann spontan in den Grundzustand E_1 zurückfallen und dabei ein Photon mit der Differenzenergie der beiden Zustände, $\Delta E = E_2 - E_1 = h\nu$, emittieren (Abb. 5.3), wobei h wieder die Plancksche Konstante ist. Die Phase des spontan emittierten Photons und seine Richtung sind willkürlich. Anders verhält es sich bei der stimulierten Emission.

Die Interaktion eines Photons mit einem Atom beeinflusst dessen Zustand. Das Atom reagiert wie ein kleiner elektrischer Dipol und oszilliert mit dem externen Feld. Dadurch wird ein Elektron durch die Anwesenheit eines anderen Photons gezwungen, in ein energetisch tieferes Niveau abzusinken, und es emittiert ein zweites Photon, das phasengleich mit dem anderen Photon ist. Es bewegt sich auch in dieselbe Richtung und besitzt die gleiche Energie sowie Polarisation. Diesen Vorgang nennt man stimulierte Emission (Abb. 5.4). Als Folge sind die beiden Photonen kohärent. Auf dieser Basis kann auch eine Verstärkung initiiert werden.

Wenn die Anzahl der Atome im angeregten Zustand N_2 beträgt, dann ist die Rate der stimulierten Emission gegeben durch

$$\frac{dN_2}{dt} = -B_{21}\rho(\nu)N_2.$$

5.2.1 Stimulierte Emission von Strahlung

Photonen können von Atomen absorbiert werden, wenn die Energie derjenigen eines Elektronenübergangs (von E_1 nach E_2) zu einem höheren Niveau (Orbital) entspricht. Das Atom befindet sich dann in einem angeregten Zustand

wobei B_{21} eine Proportionalitätskonstante speziell für diesen Übergang ist und auch Einsteinkoeffizient B_{21} genannt wird. $\rho(\nu)$ ist die Strahlungsdichte der Photonen mit der Frequenz ν . Die Emissionsrate der Photonen ist

somit proportional zur Zahl der angeregten Atome, N_2 , und der Dichte der induzierenden Photonen $\rho(v)$. Für die spontane Emission ergibt sich $dN_2/dt = -A_{21}N_2$ und für die induzierte Absorption $dN_1/dt = -B_{12}\rho(v)N_1$.

5.2.2 Definitionen für Strahlung

Strahlungsleistung Die Ausgangsleistung einer Strahlungsquelle wird Strahlungsleistung P [W] («radiant power») genannt. Sie wird mit einem Leistungs- oder Energiemessgerät mithilfe einer Photodiode oder eines thermischen Sensors gemessen.

Strahlungsenergie Es ist die Energie einer Strahlung, die entweder emittiert, empfangen oder übertragen wird. Eine Quelle mit der Ausgangsleistung P [W], die für ein Zeitintervall t [s] eingeschaltet ist, strahlt die Strahlungsenergie Q [J] («radiant energy») ab.

$$Q = P \times t [\text{J}] \text{ bzw. } [\text{Ws}]$$

Strahlungsintensität Die Strahlungsleistung P [W] einer Punktquelle, die in eine Richtung unter einem festem Winkel (Raumwinkel) Ω [Steradian] oder [sr] abgestrahlt wird, wird Strahlungsintensität, I [W/sr], («radiant intensity») genannt.

Eine isotrope Lichtquelle, die über den gesamten Raumwinkel (Kugeloberfläche) abstrahlt, hat 4π [sr]. Als Grenzfall für einen kleinen Winkel θ (Abb. 5.5) ergibt sich der Raumwinkel eines Kegels zu

$$\Omega = 4\pi \times \frac{\pi r^2}{4\pi R^2} [\text{sr}] = \frac{\pi r^2}{R^2} [\text{sr}] = \pi \theta^2 [\text{sr}].$$

Bestrahlungsstärke Die Leistung P [W] einer kontinuierlich emittierenden Lichtquelle, die eine definierte Fläche A [cm²] bestrahlt, wird Bestrahlungsstärke, E , («irradiance») genannt.

$$E = \frac{P}{A} \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \right]$$

Bestrahlung Die Energie Q [J] einer gepulsten Lichtquelle, die sich aus der Bestrahlungsstärke E über ein Zeitintervall t [s] ergibt, und auf eine definierte Fläche A [cm²] auftrifft, wird Bestrahlung, H , («radiant exposure»), genannt.

$$H = \frac{Q}{A} = P \times \frac{t}{A} = Et \left[\frac{\text{J}}{\text{cm}^2} \right]$$

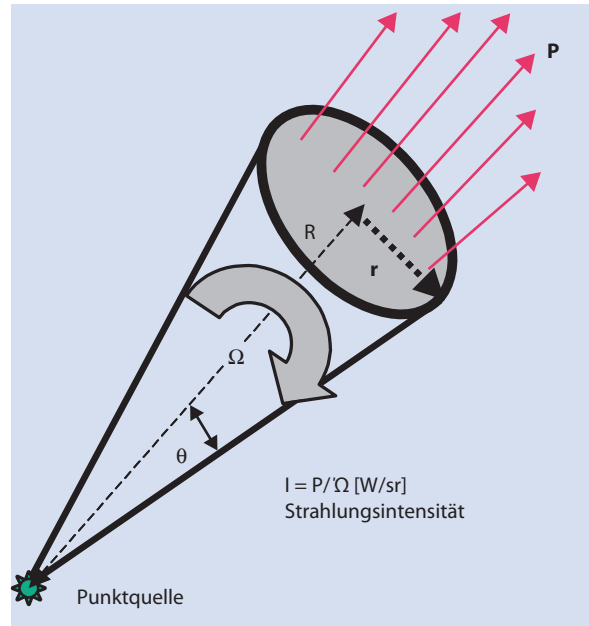


Abb. 5.5 Schematische Darstellung der Strahlungsintensität einer Punktquelle. (Aus Steiner 2013a)

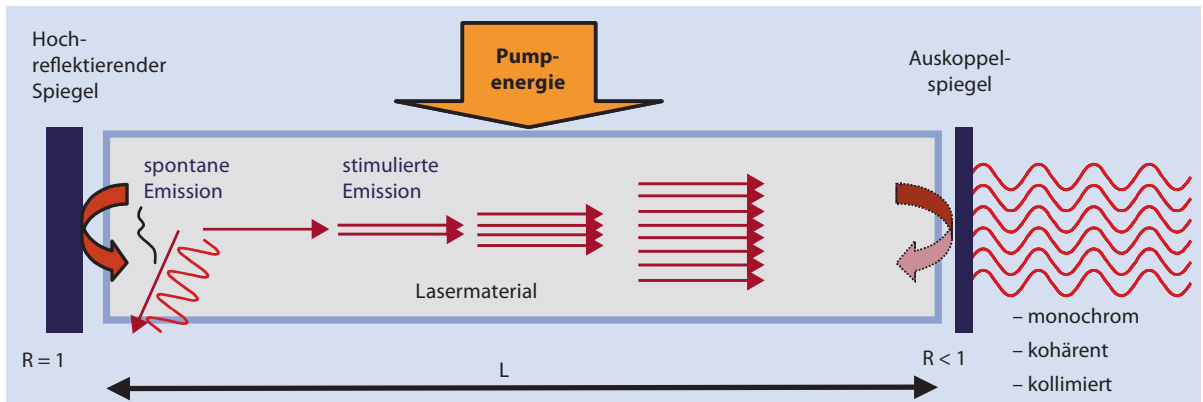
Flussrate Stellt man sich eine isotrope Kugel, eingebettet in biologisches Gewebe vor, auf deren Oberfläche aus allen Richtungen Photonen auftreffen, dann misst sie die Flussrate, F [W/cm²], («fluence rate»). Die Flussrate ist die absorbierte Leistung einer kleinen Kugel dividiert durch die Querschnittsfläche A ($A = \pi r^2$). Die Flussrate, die auf eine Probe (Kugel) auftrifft, ist

$$F = \frac{P_{\text{absorbiert}}}{A} \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \right].$$

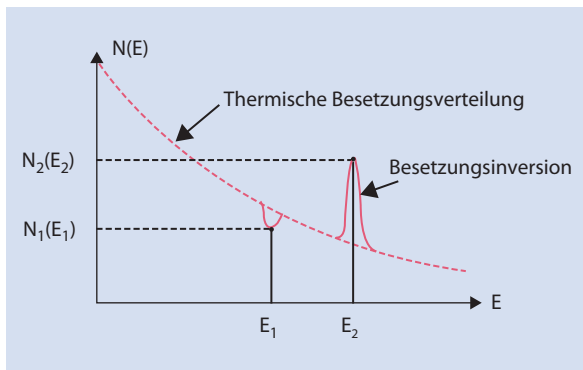
In der Literatur wird die Flussrate manchmal auch mit dem griechischen Buchstaben Φ bezeichnet. In medizinischer Literatur wird häufig die auf das Gewebe auftreffende Laserleistungsdichte (Bestrahlungsstärke) als »fluence rate« statt korrekt »irradiance« bezeichnet.

5.3 Das Prinzip des Lasers

Ein Laser ist eher ein Oszillator als ein einfacher Verstärker. Der Unterschied besteht darin, dass der Oszillator zusätzlich zur Verstärkung eine positive Rückkopplung besitzt. Unter »Laserlicht« versteht man ganz allgemein elektromagnetische Strahlung mit Wellenlängen von 100 nm bis 1 mm. Somit gibt es Laser im ultravioletten, sichtbaren oder infraroten Spektralbereich. Bei medizinischen Anwendungen kommen für spezifische Laserbehandlungen fast alle Lasertypen zum Einsatz.



■ Abb. 5.6 Das Prinzip eines Lasers. (Aus Steiner 2013a)



■ Abb. 5.7 Im thermischen Gleichgewicht (Boltzmann-Statistik) folgt die Besetzungsverteilung einer Exponentialfunktion. Das bedeutet, dass die Anzahl der angeregten Atome/Ionen mit höherer Energie, E_2 , immer geringer ist als die Anzahl bei niedrigerer Energie, E_1 ($N_2 < N_1$). Besetzungsinversion bedeutet das Gegenteil ($N_2 > N_1$). (Aus Steiner 2013a)

Der Verstärker eines Lasers ist das Lasermaterial, das ein Feststoff, eine Flüssigkeit oder ein Gas sein kann. Die Rückkopplung des Lichts wird durch den Resonator verursacht, indem das Licht durch zwei Spiegel reflektiert wird und die Photonen mehrmals das aktivierte Lasermaterial passieren. Die Anzahl der Photonen im Resonator steigt somit durch die stimulierte Emission exponentiell an (■ Abb. 5.6).

Aber ein Laser kann nur funktionieren, wenn die stimulierte Emission angeregter Atome/Ionen des Lasermaterials größer ist als die Summe aus spontaner Emission und der Resonatorverluste. Im thermischen Gleichgewicht, entsprechend der Boltzmann-Statistik, ist die Anzahl der angeregten Atome/Ionen, N_2 , mit höherer Energie, E_2 , immer kleiner als die Anzahl, N_1 , der Atome/Ionen mit niedrigerem Energieniveau, E_1 . Deshalb kann ein Zwei-Niveau-Laser niemals existieren, denn es muss die Möglichkeit einer Inversion existieren. Dies wird

jedoch bei einem Drei- oder Vier-Niveau-Laserschema (■ Abb. 5.8) ermöglicht.

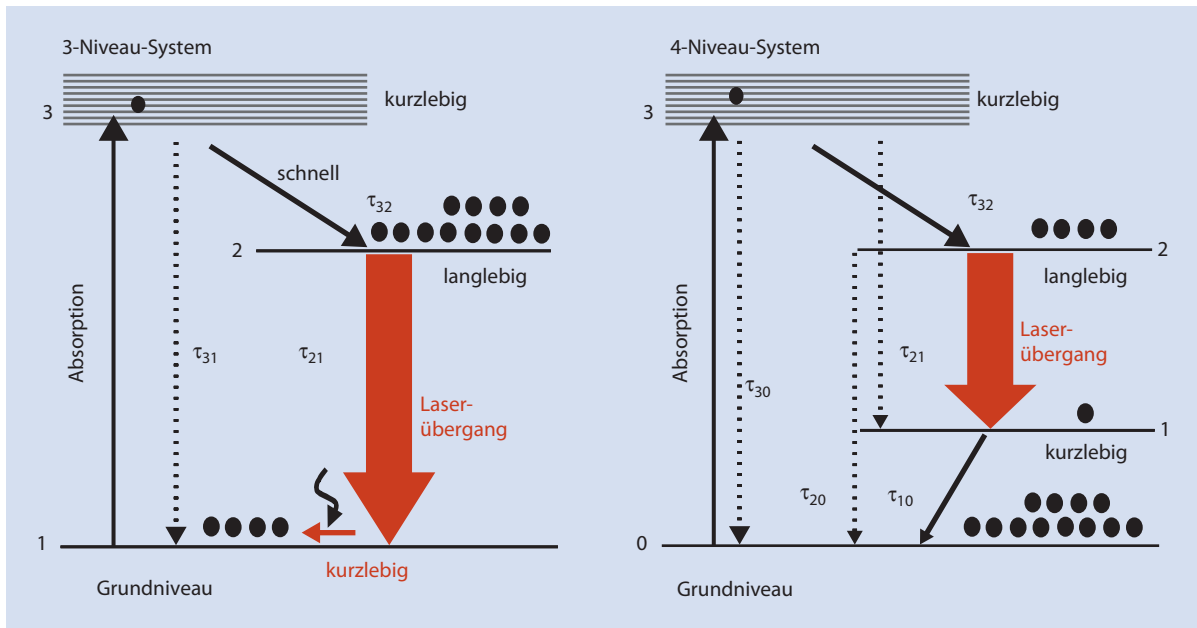
Voraussetzung für die Laseraktivität ist die Besetzungsinversion zwischen den Energieniveaus des Laserübergangs. Je höher die Besetzungsinversion ist, desto effektiver arbeitet der Laser. Um eine hohe Besetzungsinversion zu erreichen, sollte der Einstieffkoeffizient A_{21} des oberen Laserniveaus klein sein, damit die Verluste durch die spontane Emission ebenfalls klein sind. Das bedeutet, dass die Lebensdauer des oberen Laserniveaus τ_2 lang sein sollte. Das untere Laserniveau sollte geringer bevölkert sein (■ Abb. 5.7) und eine kurze Lebensdauer besitzen.

■ Laserdesign

Um eine Besetzungsinversion im Lasermaterial eines Festkörperlaser zu erhalten, benötigt man eine Pumpquelle – entweder eine Blitzlampe oder einen anderen Pump-laser (z. B. Laserdiode). Die Absorption der Atome/Ionen im Grundzustand muss ausreichend hoch sein. Ein großer Einstein-Koeffizient B ist dabei vorteilhaft. Diese Bedingungen werden bei einem Drei-Niveau-System und auch Vier-Niveau-System erfüllt (■ Abb. 5.8).

Der erste Laser, der 1960 von Maiman vorgeführt wurde, war ein Drei-Niveau-Rubinlaser. Rubin ist ein Al_2O_3 -Kristall, bei dem ungefähr 0,05 % der Al-Ionen durch Cr^{3+} -Ionen ersetzt sind. Das Problem eines Drei-Niveau-Lasers ist, dass das untere Laserniveau ein Grundzustand ist, wie in ■ Abb. 5.8 gezeigt. Bei einem Drei-Niveau-Laser ist es wesentlich schwieriger, eine Besetzungsinversion zu erreichen, da der Grundzustand, N_0 , stark besetzt ist.

Bei optischem Pumpen mit der Blitzlampe werden dN -Atome angeregt und auf das Energieniveau 3 angehoben, von dem sie schnell auf das obere Laserniveau 2 absinken. Somit ist die Besetzung des Niveaus 2 gleich dN und die Besetzung des Grundzustands vermindert sich zu $(N_0 - dN)$. Die Bedingung aber für die Besetzungsinversion lautet $dN > (N_0 - dN)$, also $dN > N_0/2$. Es müssen



■ Abb. 5.8 Schema des Drei- und Vier-Niveau-Lasersystems. (Aus Steiner 2013a)

also mehr als die Hälfte der Atome aus dem Grundzustand in das obere Laserniveau gepumpt werden. Das erfordert offensichtlich viel Energie, die nur durch leistungsfähige Blitzlampen aufgebracht werden kann. Deshalb sind Drei-Niveau-Laser nur gepulste Laser. Eine Ausnahme eines Drei-Niveau-cw-(continuous wave)-Lasers ist der Argon-Ionen-Laser. Hier wird elektrische Energie benötigt, um die Atome zu ionisieren, die dann das untere Laserniveau bilden.

Viel weniger Energie wird benötigt, um die Laserschwelle in einem Vier-Niveau-Laser zu erreichen, da das untere Laserniveau nicht besetzt ist, wenn der Pumpprozess beginnt. Trotz der Tatsache, dass die Schwelle für die Besetzungsinversion für ein Drei-Niveau-System sehr hoch ist, können diese Systeme sehr effizient sein, sobald die Schwelle überwunden ist. Rubinlaser, mit Blitzlampen gepumpt, erreichen hohe Pulsenergien am Ausgang von spielend 20 J, die für dermatologische Anwendungen zur Beseitigung von Tätowierungen benötigt werden.

Kontinuierlich strahlende Laser, wie z. B. der Nd:YAG-Laser, sind normalerweise Vier-Niveau-Systeme. Die Atome werden aus dem Grundzustand in das höhere Niveau 3 (■ Abb. 5.8) gepumpt, das unterschiedliche Anregungszustände umfasst. Von hier wird durch einen schnellen Übergang τ_{32} das obere Laserniveau 2 bevölkert. Dieses Energieniveau ist langlebig. Es ist ein metastabiles System, weil der Übergang direkt in den Grundzustand τ_{20} verboten ist. Der Laserübergang erfolgt von Niveau 2 zu Niveau 1, einem kurzlebigen Zustand mit schnellem Übergang in den Grundzustand. Das erlaubt ein sehr effizientes Pumpen.

5.4 Optische Resonatoren

Der optische Resonator besteht aus zwei Spiegeln, zwischen denen das aktive Lasermaterial positioniert ist. Die Spiegel können entweder eben (Fabry-Perot-Resonator) oder gekrümmt sein. Im Fall planparalleler Spiegel ist der reflektierte Strahl eine ebene Welle. Da Spiegel nie ideal plan sind, erfährt der Resonator Verluste und ist leicht instabil. Stabile Resonatorkonfigurationen haben konkave Spiegel und sind auch einfacher zu justieren (■ Abb. 5.9).

Oft benutzte Resonatorkonfigurationen sind der symmetrische konfokale Resonator mit Spiegelradien, die der Resonatorlänge entsprechen ($R_1 = R_2 = L$), der die stabilsten Eigenschaften und geringsten Verluste besitzt, und auch der sphärische Typ ($R_1 = R_2 = L/2$).

Die Beziehung, welche die Stabilität eines Resonators beschreibt, wird bestimmt durch die Resonatorlänge, L , und die Krümmungsradien der Spiegel, R_1 und R_2 . Mit den Spiegelparametern

$$g_1 = 1 - \frac{L}{R_1} \text{ und } g_2 = 1 - \frac{L}{R_2}$$

lautet die Stabilitätsbedingung: $0 \leq g_1 g_2 \leq 1$.

Die Resonatorgeometrie bestimmt die Form des Ausgangsstrahls bezüglich seines Durchmessers, der Divergenz und der Modenzusammensetzung. Betrachtet man einen stabilen Gauß-Resonator, dann wird der vielfach reflektierte Strahl immer in sich selbst reflektiert und die Phase der Wellenfront muss mit der Krümmung der

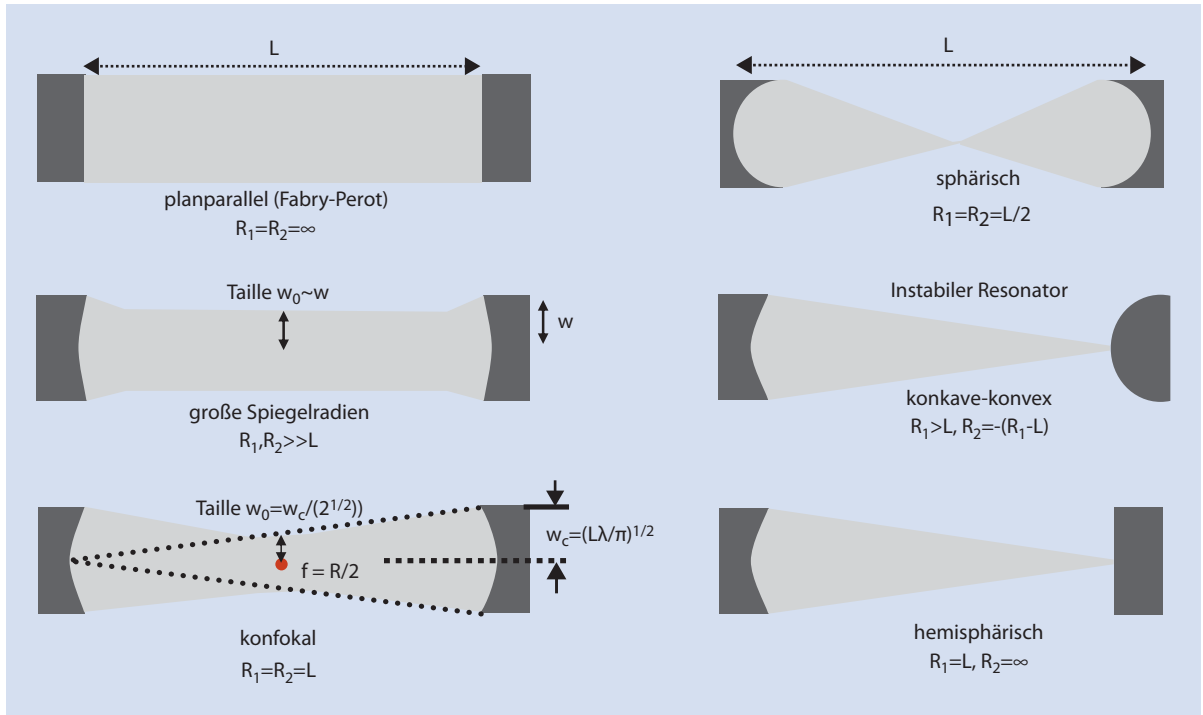


Abb. 5.9 Verschiedene stabile und instabile Resonatorkonfigurationen. (Aus Steiner 2013a)

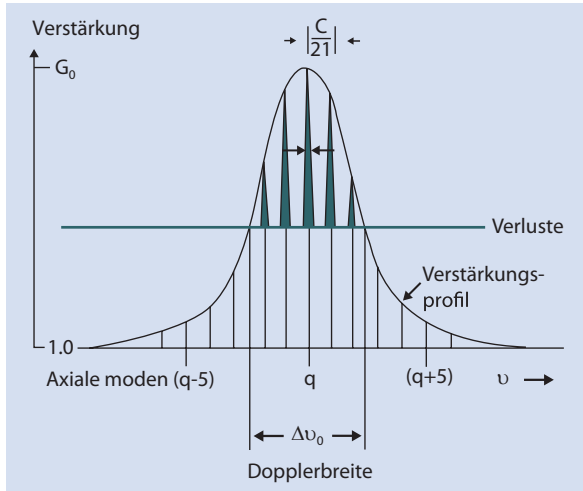


Abb. 5.10 Entstehung des longitudinalen (axialen) Modenspektrums. Laseraktivität wird nur erreicht, wenn die Verstärkung innerhalb der Dopplerverbreiterung die Verluste übersteigt. (Aus Steiner 2013a)

Spiegel übereinstimmen. Durch die Randbedingung des elektromagnetischen Feldes auf dem Spiegel entsteht eine stehende Welle längs der Resonatorachse. Somit muss das stehende Wellenspektrum die folgende Bedingung erfüllen:

$$n \times \frac{\lambda}{2} = L \text{ mit ganzzahligem } n = 1, 2, 3, 4 \text{ etc.}$$

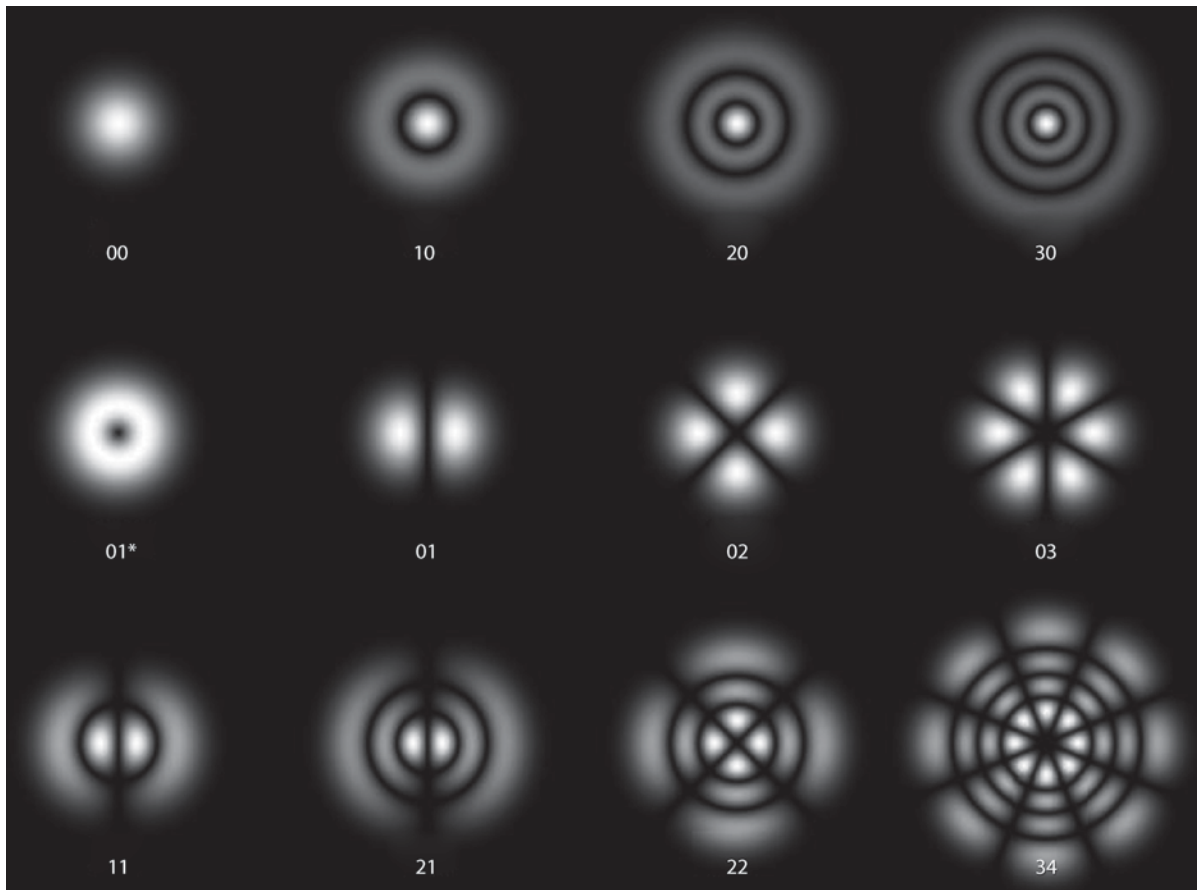
der Wellenlänge λ und der Resonatorlänge L .

Das resultiert in einem axialen Spektrum longitudinaler Moden mit dem Frequenzabstand:

$$\Delta \nu = \frac{c}{2L}.$$

Als Beispiel sind für einen Resonator der Länge $L = 0,5 \text{ m}$ die longitudinalen Moden mit einem Abstand von $\Delta \nu = 300 \text{ MHz}$ separiert. Ein Laser emittiert einen Strahl mit einer charakteristischen mittleren Wellenlänge entsprechend der atomaren Resonanzfrequenz, die durch den Dopplereffekt verbreitert ist. Wenn durch Pumpen des Lasers die Schwelle bedingt durch Verluste im Resonator überschritten wird, dann tritt Laserstrahlung aus, und die Anzahl der longitudinalen Moden (axiale Eigenfrequenzen) wird durch das Verhältnis der Dopplerverbreiterung, $\Delta \nu_D$, zur Modenseparation, $c/2L$, bestimmt (Abb. 5.10).

Tatsächlich arbeiten nur wenige Resonatoren in der stabilen Gauß-Grundmode. Wie alle Systeme, die durch Randbedingungen charakterisiert sind, besitzen Resonatoren ein ganzes Spektrum inhärenter Moden. Die Gauß-Grundmode beschreibt den Schwingungszustand mit



■ **Abb. 5.11** Zylinderförmige transversale Modenstruktur $TEM_{p,l}$. $TEM_{0,1}$ repräsentiert einen Spezialfall, die sog. Doughnut-Mode (Doughnut = »Berliner«, »Krapfen«), eine Überlagerung der Muster mit $l = 1, 2, 3$. (Aus ► <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Laguerre-gaussian.png>)

dem niedrigsten inhärenten Wert (■ Abb. 5.11). Höhere Moden haben eine komplexe Intensitätsverteilung, und die transversale Ausdehnung des Strahls ist größer. Um die Ausgangsleistung eines Laserstrahls zu erhöhen, muss ein größeres Volumen zur Verstärkung mithilfe höherer transversaler Moden generiert werden.

Resonatoren mit sphärischen Spiegeln haben einen Laserstrahl mit erlaubten transversalen Intensitätsverteilungen, die mathematisch durch Hermite-Gauß-Moden beschrieben werden, die sog. TEM_{nm} -Moden (transversale elektromagnetische Moden). Laser werden oft so entwickelt, dass sie in einer einzigen transversalen Mode betrieben werden können, der Gauß-Grundmode TEM_{00} , mit dem kleinsten Strahldurchmesser und der kleinsten Fleckgröße im Fokus. Normalerweise besitzen die Moden eine Zylindersymmetrie. In diesem Fall wird die transversale Modenstruktur durch eine Kombination eines Gauß-förmigen Strahlprofils mit Laguerre-Polynomen beschrieben. Die Moden werden als $TEM_{p,l}$ bezeichnet, wobei p

und l ganzzahlige Vielfache sind und die radiale bzw. winkelabhängige Modenordnung charakterisieren.

Mit $p = l = 0$ ist die TEM_{00} -Mode die Mode der niedrigsten Ordnung oder die fundamentale transversale Mode des Laser Resonators. Sie hat die Form eines Gauß-förmigen Strahls (■ Abb. 5.11). Das Intensitätsmuster ist ein runder Fleck mit Photonen gleicher Phase. Moden mit ansteigendem p weisen konzentrische Intensitätsringe auf und Moden mit ansteigendem l über die Winkel verteilte Intensitätsmaxima. Generell befinden sich $2l(p + 1)$ Maxima in der Modenstruktur. Die Ausdehnung der gesamten Modenstruktur wird durch den Radius w des Gauß-förmigen Strahls bestimmt. Dieser kann sich mit Ausbreitung des Strahls vergrößern oder verkleinern. Während des Strahlverlaufs behalten die Moden ihre generelle Struktur. Da Moden höherer Ordnung ausgedehnter sind als die TEM_{00} -Mode, kann die fundamentale Gauß-Mode durch Einbringen einer Blende geeigneter Größe in den Resonator selektiert werden.

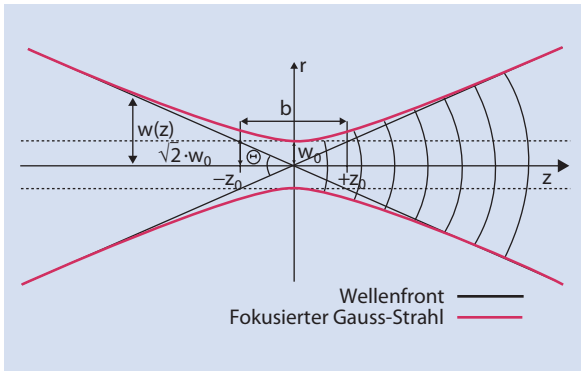


Abb. 5.12 Fokussierter Gauß-Strahl mit sphärischer Wellenfront und Divergenzwinkel Θ . Der Radius der Strahltaille ist w_0 und in einer bestimmten Entfernung z von der Taile $w(z)$. Die Strecke zwischen $\pm z_0$ und der Strahltaile wird als Rayleigh-Länge bezeichnet. (Aus Steiner 2013a)

5.5 Laserstrahlung

Laserstrahlung wird durch verschiedene Parameter charakterisiert:

- Parallelität des Strahlenbündels,
- zeitliche und örtliche Kohärenz,
- Monochromatismus,
- Divergenz,
- räumliche Intensitätsverteilung (Strahlqualität),
- Polarisation,
- Leistung bzw. Energie und Betriebsart (gepulst oder cw).

Die Intensitätsverteilung im Querschnitt eines Gauß-Strahls entspricht einer glockenförmigen Gauß-Funktion. Es ist ein Strahl bester Qualität, der kleinstmöglich fokussiert werden kann. Laserstrahlung im TEM₀₀-Mode besitzt diese Qualität. Die Gauß-Funktion für die Intensität $I(r,z)$ hängt von der Entfernung, z , von der Strahltaile und vom Radius, w , entsprechend folgender Beziehung ab:

$$I(r, z) = I_0 \left(\frac{w_0}{w(z)} \right)^2 \exp^{-2r^2/w^2(z)}.$$

Die Intensität am Ort der Strahltaile, I_0 , kann in Abhängigkeit der Laserleistung, P , beschrieben werden als

$$I_0 = \frac{2P}{\pi w_0^2} [\text{W/cm}^2].$$

Mit zunehmendem Abstand, z , von der Strahltaile, z_0 , nimmt der Strahlquerschnitt und Strahlradius, w , zu und berechnet sich nach der Formel

$$w(z) = w_0 \left(1 + \left(\frac{z}{z_0} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Der Abstand, $\pm z$, bei dem der Strahlquerschnitt dem doppelten Wert im Fokus entspricht, wird Rayleigh-Länge genannt und errechnet sich nach der Formel

$$\text{Rayleigh-Länge: } z_0 = \frac{\pi w_0^2}{\lambda},$$

wobei sich der Strahlradius erweitert zu

$$w(\pm z_0) = w_0 \sqrt{2}.$$

Die Strecke, b , zwischen den Orten $\pm z_0$ (Abb. 5.12) entspricht der doppelten Rayleigh-Länge und wird »konfokaler Parameter« genannt. Die Intensität bei $\pm z_0$ entspricht der Hälfte der Intensität im Fokus (Strahltaile).

Die Qualität eines Laserstrahls mit vielen Moden, der kein Gauß-Profil besitzt, wird mit M^2 bezeichnet und hängt von λ ab. Sie wird ausgedrückt als Verhältnis des Strahlparameterprodukts (Beam Parameter Product, BPP), dem Produkt der Strahldivergenz (halber Winkel) und dem Radius der Strahltaile, zu den Parametern eines Gauß-Strahls. BPP quantifiziert die Qualität eines Laserstrahls und wie gut er fokussiert werden kann. M^2 eines Gauß-Strahls ist exakt »eins«. Je kleiner M^2 eines Laserstrahls ist, desto kleiner ist der fokale Fleck.

$$M^2 = \frac{w\Theta}{\frac{\lambda}{\pi}}$$

$$\Theta_0 = \frac{\lambda}{\pi w_0}.$$

Wenn die Strahltaile eines Lasers der eines Gaußstrahls entspricht, dann ist

$$M^2 = \frac{\Theta}{\Theta_0} = 1$$

Wichtige Laserparameter sind in Tab. 5.2 zusammengefasst:

Eine Polarisation des Laserstrahls kann durch Einbringen von Polarisations-elementen in den Resonator erreicht werden. So z. B. Spiegel in einem gefalteten Resonator oder durch aktive Laserkristalle deren Enden unter dem Brewsterwinkel abgeschrägt sind (Abb. 5.13). Dieser Brewster-Resonator emittiert polarisiertes Licht. Von

Tab. 5.2 Wichtige Laserparameter

Physikalische Größe	Einheit	Laser
Wellenlänge λ	In nm oder μm	Photonenenergie
Leistung P	In Watt [W]	Für cw-Laser
Energie $E = P \times t$	In Joule [J]	Für gepulste Laser
Spitzenleistung P_{max}	In Watt [W]	Für gepulste Laser
Energie E pro Puls	In Joule [J]	Für gepulste Laser
Pulsdauer t	fs (10^{-15}) bis ms (10^{-3})	Für gepulste Laser
Effekte am Gewebe		
Energiedichte E/A (radiant exposure)	In J/cm^2 A = effektive Fläche	Für gepulste Laser
Leistungsdichte W/A (irradiance)	In W/cm^2 A = effektive Fläche	Für cw-Laser
Strahlqualität $L_w = 1/M^2$	Dimensionslos	Generell für Laser

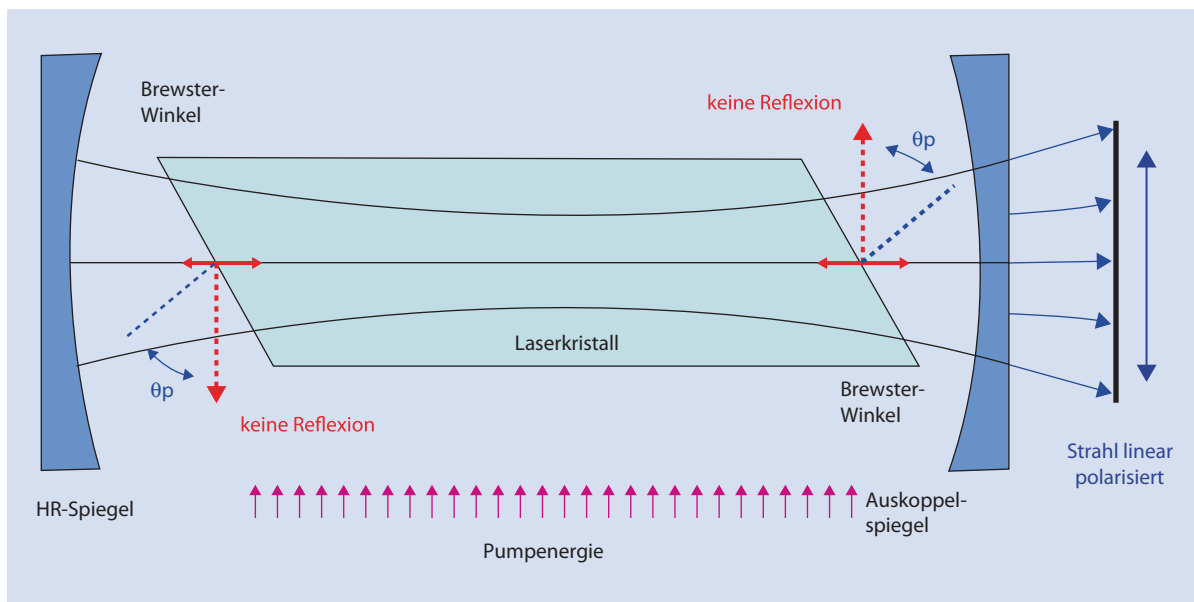


Abb. 5.13 Brewster-Resonator, der polarisiertes Laserlicht erzeugt. (Aus Steiner 2013a)

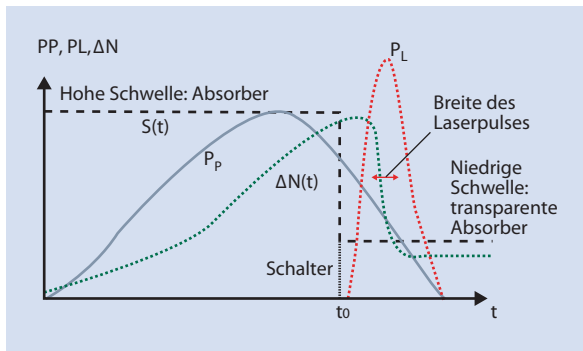
Nachteil können erhöhte Verluste im Resonator sein und somit eine geringere Ausgangsleistung.

Die Betriebsart des Lasers kann kontinuierlich strahlend (»continuous wave«, cw), oder gepulst als unterbrochener Strahl (in ms bis s), als freilaufend gepulster Laser (»free running«, in μs bis mehrere 100 μs), als gütegeschalteter Laser (»q-switched«, in ns) oder als aktiv bzw. passiv modengekoppelter Laser (»mode-locked«, in ps bis fs) sein.

Die unterbrochene, gepulste Strahlung eines cw-Lasers kann auf mechanische oder elektronische Art mit

entsprechender Einstellung der Pulslänge erzeugt werden. Die Pulsfrequenz ist gering bis etwa 100 Hz. Blitzlampengepumpte Festkörperlaser im freilaufenden Betrieb erreichen Pulsängen von mehreren μs bis einigen 100 μs . Pulse medizinischer Farbstofflaser können variabel von μs bis 50 ms eingestellt werden.

Kürzere Laserpulse mit sehr hoher Intensität im Nanosekundenbereich werden durch Güteschaltung (Q-switch) des Lasers erreicht. Zur Güteschaltung wird entweder ein aktives Element in den Resonator eingebracht oder sättigbare absorbierende Spiegel als passives Element verwendet.



■ **Abb. 5.14** Schema einer Güteschaltung des Lasers. P_p ist die Pumpleistung, $S(t)$ die Schwellenleistung, $\Delta N(t)$ die Inversion und P_L die Laserleistung des Pulses. (Aus Steiner 2013a)

Die Elemente reduzieren den Gütegrad des Resonators und erhöhen die Laserschwelle für kurze Zeit. Während dieser Zeit und kontinuierlichem Pumpen mit der Pumpleistung P_p kann sich die Inversion der angeregten Atome, $\Delta N(t)$, aufbauen (■ Abb. 5.14). Wenn der Güteschalter zum Zeitpunkt $t = 0$ öffnet, sinkt die Schwellenleistung, $S(t)$, augenblicklich, und die Verstärkung übersteigt die Verluste des Resonators. Ein intensiver Laserpuls entsteht mit kompletter Entleerung des oberen Laserniveaus (Saleh u. Teich 2007).

Die Leistung des Laserpulses kann mit folgender Formel abgeschätzt werden:

$$P(t) = h\nu T \left(\frac{c}{2L} \right) Vn(t) [W].$$

Hierbei ist h das Plank'sche Wirkungsquantum, ν die Frequenz für den Laserübergang, $T = 1 - R$ die Transmission des Ausgangsspiegels, V das Resonatorvolumen, $n(t)$ die Photonendichte und L die Länge des Resonators.

Einige typische Schaltelemente zur Güteschaltung sind in der ■ Tab. 5.3 zusammengestellt.

Ultrakurze Laserpulse werden durch Modenkopplung aufgrund der Kohärenzeigenschaften des Lasers erzeugt. Im Vergleich zur Güteschaltung, bei der die kürzeste Pulsdauer im Bereich der Resonatorperiode liegt, kann durch Modenkopplung eine noch kürzere Pulsdauer erzielt werden. Modenkopplung wird erreicht, indem eine feste Phasenbeziehung,

$$\Phi_{q+1} - \Phi_q = \Phi,$$

zwischen den longitudinalen Lasermode mit dem Abstand

$$\Delta \nu_{q,q+1} = \frac{c}{2L}$$

■ **Tab. 5.3** Typische Güteschalter (Q-switch) eines Lasers

Güteschaltung (Q-switch)	Schaltzeit
Rotierende Blende im Resonator	$> 10 \mu s$
Rotierender Spiegel oder Prisma	$< 1 \mu s$
FTIR Q-switch	$< 50 ns$
Elektrooptischer Schalter	$< 1 ns$
Akustooptischer Schalter	$< 50 ns$
Sättigbarer Absorber	$< 1 ns$

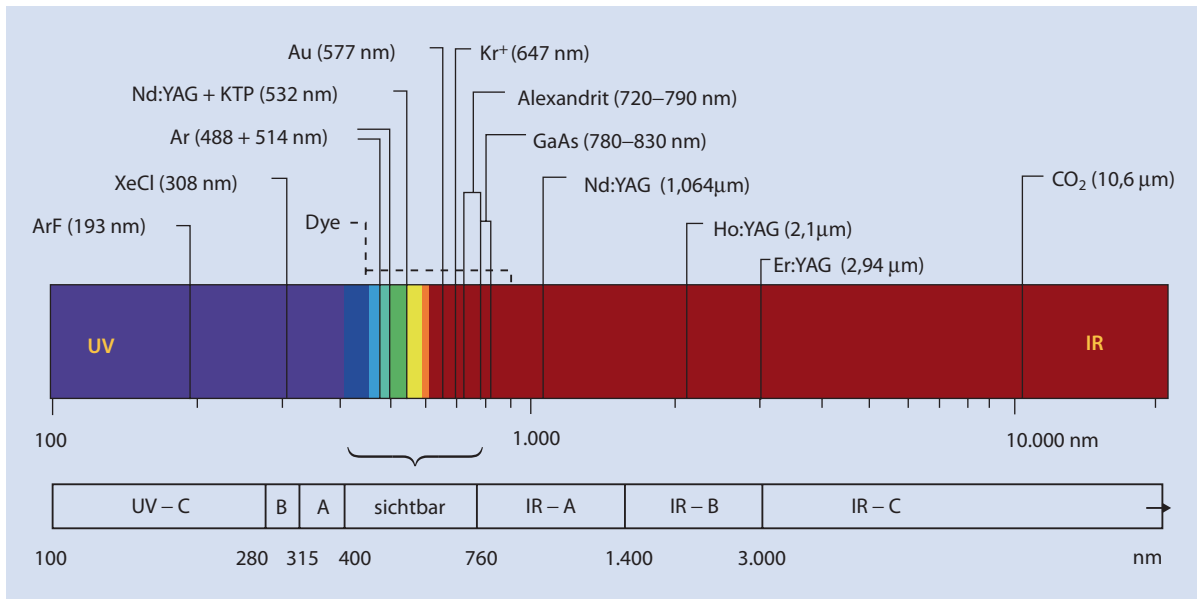
erzwungen wird (■ Abb. 5.10). Das geht einher mit Interferenzeffekten und Amplituden, die höher sind als bei individuellen Moden. Für weitere Informationen s. auch Diels u. Rudolph (2006).

5.6 Medizinische Lasersysteme

Seit der Erfindung des Lasers und der kommerziellen Verfügbarkeit von Lasersystemen wurden sie umgehend für medizinische Anwendungen eingesetzt, um Weich- und Hartgewebe zu behandeln. Angefangen bei UV, dem ArF-Excimer-Laser bei 193 nm für die Ophthalmologie bis zum IR-Spektralbereich, dem CO_2 -Laser bei 10 640 nm für chirurgische Eingriffe. Das ganze Spektrum der medizinischen Lasersysteme ist in ■ Abb. 5.15 dargestellt.

5.6.1 Nd:YAG-Laser

Der wichtigste Festkörperlaser ist der Nd:YAG-Laser mit Neodym als Laserionen (Nd^{3+}) bis 1–1,5 % in einem Yttrium-Aluminium-Granat-Kristall ($Y_3Al_5O_{12}$) dotiert. Seine Grundwellenlänge beträgt 1 064 nm. Die Frequenzverdopplung zu 532 nm (grünes Licht) erfolgt mit einem KTP-Kristall (Kaliumtitanylphosphat, $KTiOPO_4$). Die 3. und 4. Harmonische ergeben 355 nm bzw. 266 nm. Der Nd:YAG-Laser ist ein Vier-Niveau-System (■ Abb. 5.8). Weitere Wellenlängen des Nd-Lasers sind 1 320 nm und 1058,2 nm ($Nd:CaWO_4$). Die Gesamteffizienz eines Blitzlampen-gepumpten Nd:YAG-Lasers ist unter 2 %. Deshalb muss der Laser gekühlt werden, um die Wärme abzuführen. Diodenlaser-gepumpte Systeme (Laserdioden: 805 nm) erreichen eine Gesamteffizienz von ca. 15 % bei einer Ausgangsleistung von 10–15 W. Nd:YAG-Laser werden als kontinuierlich strahlende (cw-)Laser bis 100 W für chirurgische Anwendungen, als Langpuls-Laser bei dermatologischen Anwendungen oder als Q-switch-Laser mit 5–20 ns Pulsdauer zur Lithotripsie, zur Beseitigung von



■ Abb. 5.15 Medizinische Lasersysteme. (Aus Steiner 2013a)

Tätowierungen oder in der Augenheilkunde zur Nachstarbehandlung eingesetzt.

5.6.2 KTP-Laser

Unter KTP-Laser (z. B. GreenLight) versteht man den frequenzverdoppelten Nd:YAG-Laser, der durch Verwendung eines KTP-Kristalls (Kaliumtitanylphosphat, KTiOPO_4) im Resonator oder außerhalb bei einer Wellenlänge von 532 nm im grünen Bereich des sichtbaren Spektrums emittiert. Inzwischen wird statt KTP auch LBO (Lithiumtriborat) eingesetzt. Bereits in dritter Generation erreicht der Laser eine Ausgangsleistung bis 180 Watt. Diese Leistungen werden hauptsächlich in der Urologie zur Therapie der benignen Prostatahyperplasie, BPH, benötigt. Zur Behandlung von vaskulären Fehlbildungen sind wesentlich geringere Leistungen notwendig.

5.6.3 Er:YAG-Laser

Der Er:YAG-Laser mit 2,94 nm Wellenlänge ist sehr gut geeignet, um Weich- und Hartgewebe abzutragen, da diese Wellenlänge durch Wasser stark absorbiert wird ($\mu_a = 10^4 \text{ cm}^{-1}$). Erbiumionen sind in hohen Konzentrationen, $\sim 50 \%$, in YAG- oder anderen Kristallen (Er:YSGG: 2,78 μm ; Cr:Er:YSGG: 2,80 μm ; Cr:Tm:Er:YAG: 2,64 μm) dotiert. Der Grund, weshalb dieser Laser nur als gepulster Laser existiert, liegt in dem komplexen Schema der Energieniveaus des Erbiums mit Prozessen der Energy Transfer

Upconversion« (ETU, ■ Abb. 5.16) und Cross Relaxation (CR). Der Laserübergang geschieht vom Energieniveau $^4I_{11/2}$ nach $^4I_{13/2}$. Das untere Laserniveau besitzt eine lange Lebensdauer von 9 ms im Vergleich zum oberen Laserniveau. Nur durch hartes Pumpen und der »Upconversion-Prozesse« (Aufwärtskonvertierung) ist Laseraktivität möglich. Der ETU-Prozess ($^4I_{13/2}$, $^4I_{13/2}$) \rightarrow ($^4I_{15/2}$, $^4I_{9/2}$) führt zu einer schnellen Entvölkerung des unteren Laserniveaus. Der weitere Vorteil des ETU-Prozesses liegt darin, dass die Hälfte der Ionen dieses Prozesses in das Niveau $^4I_{9/2}$ aufwärts konvertiert werden und durch nachfolgende Multiphotonen-Relaxation das obere Laserniveau $^4I_{11/2}$ mit auffüllen, von wo aus ein zweites Laserphoton emittiert werden kann (Pollack u. Chang 1988; Pollnau u. Jackson 2001).

Gepulste Er:YAG-Lasersysteme (Pulsängen von 50 μs bis 500 μs) haben eine mittlere Leistung bis zu 30 W und Pulsfrequenzen bis zu 50/100 Hz bei einer Effizienz von 1 bis 2 %. Sie werden in dermatologischen Applikationen eingesetzt, um oberflächliche Hautveränderungen abzutragen, in der Zahnmedizin und in der minimalinvasiven Chirurgie. Der Laserstrahl wird entweder über einen Strahlgelenkarm oder Spezialfasern übertragen. Lichtleitfasern aus Germaniumoxid haben sich als stabil, auch in der klinischen Routine, erwiesen.

5.6.4 Alexandritlaser

Dieser Festkörperlaser ist abstimmbare im Wellenlängenbereich von 700–800 nm und wird normalerweise bei

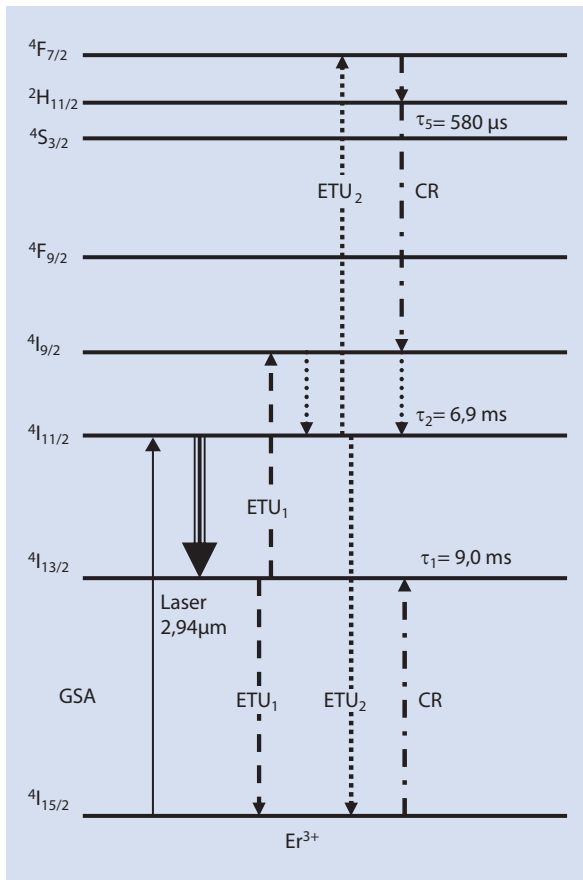


Abb. 5.16 Schema der Energieniveaus des Er:YAG-Lasers. GSA Absorption aus dem Grundzustand, ETU Energy Transfer Upconversion zwischen benachbarten Erbiumionen, CR Cross Relaxation. (Aus Steiner 2013a)

750 nm betrieben. Das Lasermedium des Alexandritlasers ist ein mit Chrom dotierter Chrysoberyll ($\text{Cr:BeAl}_2\text{O}_4$, Schmuckstein Alexandrit). Der Laser kann im cw-Modus (bis 100 W) oder gepulst betrieben werden. Da Licht dieser Wellenlänge von Melanin und Farbstoffen absorbiert wird, nicht aber wesentlich von Blut, wird der Laser zur Zerstörung von Melanin-enthaltenden Strukturen (Haarwurzeln, pigmentierte Hautveränderungen) eingesetzt. Erste Applikationen waren die Fragmentierung von Nierensteinen (Pearle et al. 1998). Es folgten Anwendungen zur Epilation.

Obwohl der Alexandritlaser kein echter Vier-Niveau-Laser ist, erlaubt der Vibrationsübergang, bei dem der Laser funktioniert, einen Vier-Niveau-ähnlichen Betrieb. Das Schema der Energieniveaus ist in **Abb. 5.17** dargestellt.

Das Vier-Niveau-Laserschema in **Abb. 5.17** zeigt einen vielfach entarteten Grundzustand, 4A_2 , vielfache Anregungszustände und ein mehrfach entartetes oberes Laserniveau, ähnlich einem Drei-Niveau-Lasersystem.

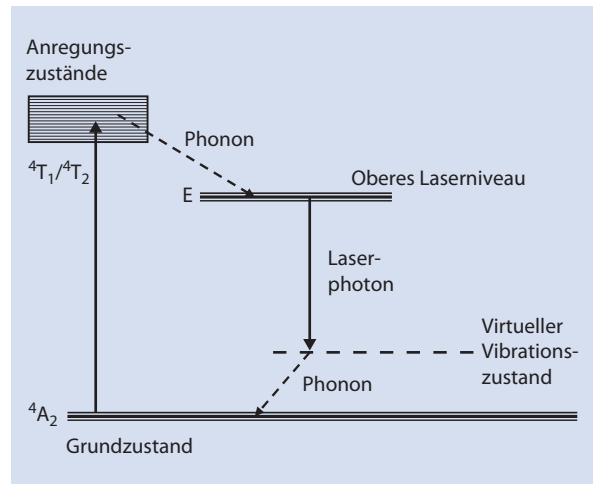


Abb. 5.17 Schema der Energieniveaus des Alexandritlasers. (Aus Steiner 2013a)

Aber im Gegensatz zum Drei-Niveau-System gibt es mit dem vielfach entarteten unteren Laserniveau ein 4. Niveau (virtueller Vibrationszustand), das deutlich über dem vielfach entarteten Grundzustand liegt. Da die Besetzungsdichte des Grundzustands nicht überwunden werden muss, ähnelt der $\text{Cr:BeAl}_2\text{O}_4$ -Betrieb aufgrund von Vibrationsübergängen dem eines Vier-Niveau-Lasers mit niedriger Laserschwelle.

5.6.5 Rubinlaser

Obwohl der Rubinlaser mit einer Emissionswellenlänge von 694 nm der erste Laser war, den Maiman 1961 entwickelt hatte, wurde er lange Zeit für medizinische Anwendungen ignoriert. Der Rubinlaser arbeitet als ein Drei-Niveau-System, und deshalb müssen mehr als 50 % der Ionen im Grundzustand angeregt werden, um eine Inversion zu erreichen. Nur durch starkes Pumpen mit Blitzlampen kann die Inversion erreicht werden. Moderne Lasersysteme mit fortschrittlicher Technologie erreichen Pulsenergien von bis zu 20 J. Das Laserlicht wird über Spiegelgelenkarme oder Lichtleitfasern übertragen. Die tiefrote Farbe des Laserlichts wird von Melanin und dunklen Pigmenten absorbiert. Daraus ergeben sich Anwendungen hauptsächlich in der Dermatologie, ähnlich wie beim Alexandritlaser, um Haare zu entfernen oder Tätowierungen mit blauer bzw. schwarzer Farbe.

Das laseraktive Ion ist Cr^{3+} , das Aluminiumionen, Al^{3+} , im Wirtskristall Saphir (Al_2O_3), ersetzt. Die Konzentration der Chromdotierung, Cr_2O_3 , beträgt 0,05 % AU. Die zwei starken Absorptionsbanden im Rubinkristall liegen bei 400 und 550 nm. Das optische Pumpen geschieht vom Grundzustand 4A_2 aus in die angeregten Zustände

des Chromions 4T_1 und 4T_2 , von wo aus ein schneller, strahlungsloser Übergang zum oberen Laserniveau, E, erfolgt. Die Laseremission erfolgt vom Energieniveau E zu dem Grundzustand 4A_2 .

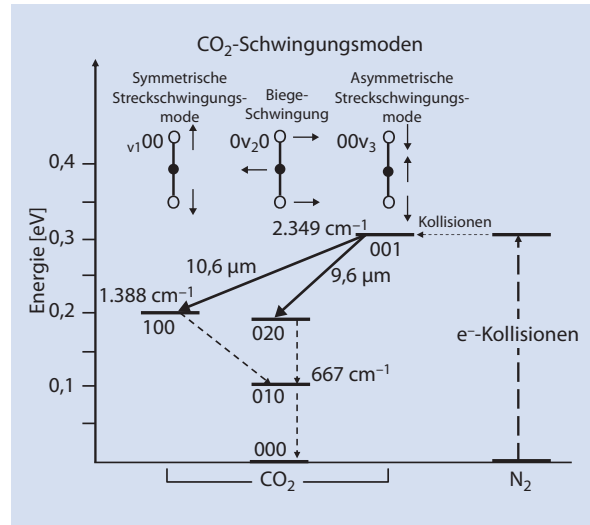
5.6.6 CO₂-Laser

■ Kohlendioxidlaser (CO₂-Laser)

Der Kohlendioxidlaser ist immer noch das Arbeitspferd bei der Laseranwendung in der Chirurgie, abgesehen von den zahlreichen Einsatzmöglichkeiten in der industriellen Produktion. Mit einem Leistungsspektrum von mW bis tausenden von Watt im cw-Modus und einer Effizienz bis zu 30 % sind Lasersysteme mittlerweile kompakt gebaut und ökonomisch im Betrieb. Die geschlossene Laseröhre wird mit einer Gasmischung aus CO₂ (1–9 %), N₂ (13–45 %) und Helium (60–85 %) gefüllt. Die Anregung erfolgt durch Gasentladung bei hoher Gleichspannung oder durch hohe Frequenzanregung (RF). Es sollte hier erwähnt werden, dass die Superpulstechnik nur mit Gleichspannung betriebenen Systemen möglich ist, die Pulslängen von < 1 ms erzeugen bei Pulsspitzenleistungen, die etwa 10-mal höher als die mittleren Leistungen sind. Die Gaskomponenten erleiden unterschiedliche Reaktionsmechanismen während des Laserprozesses.

Die Struktur des CO₂-Moleküls ist linear mit dem Kohlenstoffatom in der Mitte. Solche Molekülkonfigurationen können in symmetrischen oder asymmetrischen Streck-schwingungen vibrieren, aber auch in Biegeschwingungen (■ Abb. 5.18). Die Energiezustände in Verbindung mit den molekularen Vibrationen sind ebenso wie elektronische Energiezustände quantisiert. Deshalb sind nur gewisse Vibrationszustände möglich. Die möglichen Formen der resonanten Vibrationen werden als Vibrationsmoden eines Moleküls bezeichnet.

Während der Gasentladung kollidieren freie Elektronen mit N₂-Molekülen und regen diese an. Das Kohlendioxid wird durch Stoß mit dem angeregten N₂-Molekül angeregt. Der Energietransfer erfolgt durch einen resonanten Effekt. Da die Vibrationsenergieniveaus des N₂ metastabil sind und eine Energie ähnlich der des ersten Energieniveaus des asymmetrischen Streck-Schwingungszustands des CO₂-Moleküls besitzen, haben sie ausreichend Zeit, ihre Energie zu übertragen und das CO₂-Molekül anzuregen. Der Laserübergang erfolgt, wenn das CO₂-Molekül im angeregten asymmetrischen Schwingungsmodus in eine Biegeschwingung oder symmetrische Streck-schwingung übergeht. Das CO₂-Molekül fällt dann in den Grundzustand zurück, wenn seine Energie durch einen weiteren Stoß mit einem Heliumatom übertragen wird. Entsprechend dieses Laserprozesses entspricht der CO₂-Laser einem Drei-Niveau-Laser mit direktem Pum-



■ Abb. 5.18 Schema der Energieniveaus eines CO₂-Lasers und die Vibrationsmoden des linearen CO₂-Moleküls. (Aus Steiner 2013a)

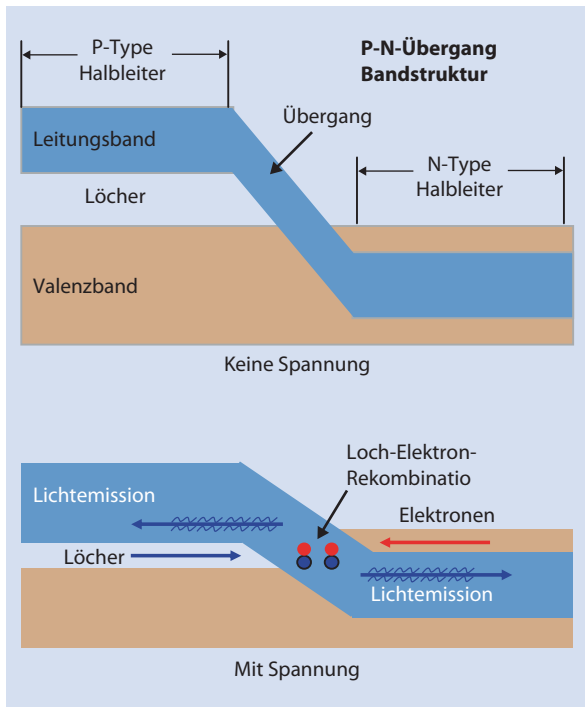
pen in das obere Laserniveau, während das untere Laserniveau sehr schnell durch die Gegenwart von Helium in hohen Konzentrationen entvölkert wird. Man erhält ein Bündel von Laserlinien um die zentralen Laserwellenlängen von 10,6 und 9,6 µm.

Eine spezielle Variante des CO₂-Lasers ist der TEA-CO₂-Laser (TEA = Transversely Excited Atmospheric Pressure). Hohe Spitzenleistung kann nur durch Erhöhung der Dichte des angeregten CO₂-Moleküls erreicht werden. Um eine zu hohe notwendige Spannung für den Gasdurchbruch in der longitudinalen Anordnung zu verhindern, erfand Beaulieu 1970 den TEA-Laser (Beaulieu 1970). Mechanisch gütegeschaltet kann der CO₂-Laser Pulse < 1 µs generieren bei kHz-Wiederholfrequenzen, um z. B. Hartgewebe wie Knochen zu schneiden (Ivanenko u. Hering 1998).

Die Transmission des CO₂-Laserlichts erfolgt gewöhnlich über einen Spiegelgelenkarm. Eine neue Fasertechnologie wurde am MIT, Cambridge, USA, entwickelt und von OmniGuide Inc. produziert. Es ist eine Wellenlängenskalierbare optische Hohlleiter von 750 nm bis 10,6 µm mit großen photonischen Bandlücken (Temelkuran et al. 2002), die eine flexible CO₂-Lasertransmission und auch endoskopische Applikationen ermöglicht.

5.6.7 Diodenlaser (Halbleiterlaser)

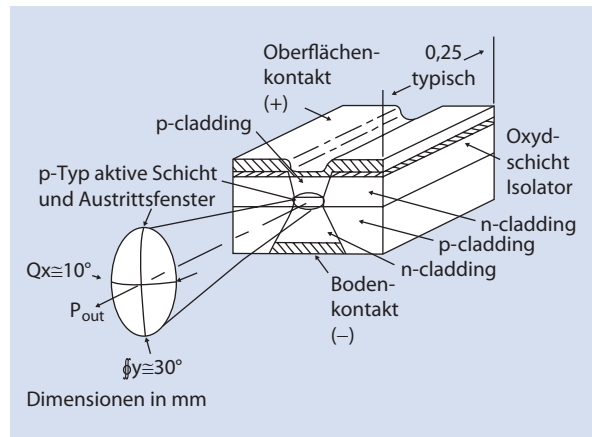
Robert N. Hall und sein Team bei General Electric demonstrierten 1962 als erste die Emission eines Diodenlasers (Hall et al. 1962).



■ Abb. 5.19 Bandlückenstruktur eines Diodenlasers. (Aus Steiner 2013a)

Diodenlaser werden durch Dotierung sehr dünner Schichten auf der Oberfläche von Kristall-Wafern hergestellt, um eine n-Typ-Region (negativ, Erhöhung freier negativer Ladungen – Elektronen) und eine p-Typ-Region (positiv, Erhöhung freier positiver Ladungen – Löcher) zu erzeugen, die, eine über der anderen, einen p-n-Übergang bilden. Durch Anlegen einer Vorspannung werden die beiden Ladungsträger – Löcher und Elektronen – von beiden Seiten des p-n-Übergangs in die entvölkerte Raumladungszone im Zentrum des Übergangs fließen. Die Löcher fließen von dem p-dotierten und Elektronen von dem n-dotierten Halbleiter in die Übergangszone (■ Abb. 5.19). Rekombination oder Auslöschung beider Ladungen führen zu einer spontanen Emission eines Photons mit der Energie, die der Differenz zwischen den beteiligten Elektronen- und Löcherzuständen entspricht.

Der Unterschied zwischen Photon-emittierenden Halbleiterlasern und konventionellen Dioden liegt in der Verwendung eines unterschiedlichen Typs von Halbleiter. Photon-emittierende Halbleiter sind sog. Direct-bandgap-Halbleiter. Diese Halbleiter sind im Gegensatz zu Silizium und Germanium zusammengesetzte Halbleiter, d. h. Halbleiter aus einem Element, die keine Photonen emittieren. Zusammengesetzte Halbleiter haben nahezu identische kristalline Strukturen wie Silizium oder Germanium, nutzen aber alternierende Anordnungen der zwei unter-



■ Abb. 5.20 Schematische Zeichnung einer Laserdiode mit asymmetrischer Lichtemission. Die emittierende Fläche ist ca. 1 μm hoch und 100 μm breit. (Aus Steiner 2013a)

schiedlichen atomaren Spezies wie ein Schachbrettmuster. Solche Materialien sind Galliumarsenid, Indiumphosphid, Galliumantimonid und Galliumnitrid.

Ohne Laseraktivität können die Löcher und Elektronen für eine gewisse Zeit (»upper-state lifetime« oder »recombination time«) in unmittelbarer Nachbarschaft existieren ohne zu rekombinieren – ungefähr eine Nanosekunde, bevor sie dann doch rekombinieren. Ein nahes Photon mit der Energie, die der Rekombinationsenergie entspricht, kann eine Rekombination durch stimulierte Emission erzwingen. Das erzeugt ein weiteres Photon mit derselben Frequenz, das sich in die gleiche Richtung, mit derselben Polarisation und Phase wie das erste Photon ausbreitet.

Diese stimulierte Emission erzeugt Lichtverstärkung in der Region des p-n Übergangs, die proportional zur Anzahl der Löcher und Elektronen ist, die in den Übergang fließen.

Eine einfache Form eines Diodenlasers besteht aus einem optischen Wellenleiter als optische Kavität (Resonator), die auf die Kristalloberfläche aufgebracht ist, sodass das Licht auf eine relativ schmale Linie eingengt wird (■ Abb. 5.20).

Wenn beide Kristallenden so gespalten werden, dass sie perfekt glatte und parallele Kanten haben, dann bilden sie einen Fabry-Perot-Resonator. Die Laserdiode beginnt Laserlicht auszusenden, wenn die Verluste (spontane Emission, Absorption, unvollständige Reflexion) durch die stimulierte Emission übertroffen werden.

Laserdioden sind mit einer Konversion des elektrischen Stroms zu Licht von über 60 % sehr effizient. Deshalb sind sie für die medizinische Anwendung sehr gut geeignet, da sie mit bis zu 100 W sehr leistungsstark,

kompakt gebaut und flexibel in der Wellenlänge sind. Laserdioden sind vom UV (zur Anregung von Chromophoren in der Mikroskopie) über das sichtbare Spektrum bis zum nahen Infraroten (940 nm) für chirurgische Anwendungen verfügbar.

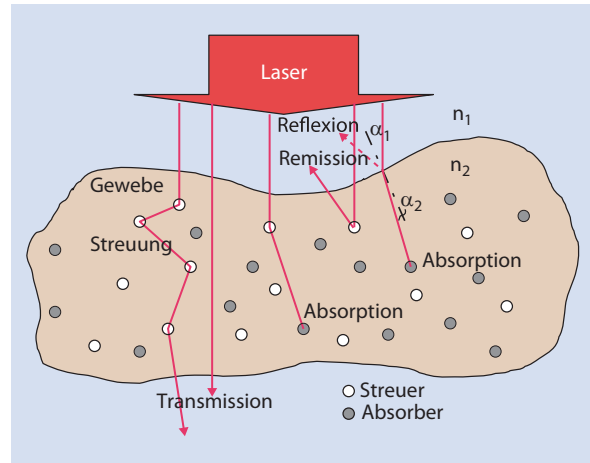
Laserdioden mit einem einzigen Emittor (■ Abb. 5.20) erreichen Ausgangsleistungen von 10 W bis zu 40 W. Zum Kühlen werden Peltierelemente eingesetzt, die in den meisten Fällen bereits integriert sind. Noch höhere Ausgangsleistungen werden durch Diodenzeilen mit 20–50 Einzelemittern, 100 µm breit, und einem Füllfaktor von 50 % erreicht. Solche Laserdiodenzeilen können übereinander zu einem Block angeordnet werden und erreichen dadurch Ausgangsleistungen von mehreren 100 Watt bis kWatt für den industriellen Einsatz.

5.6.8 Fraktionierter Laser (Fraxel-Technologie)

Die Fraxel-Technologie wurde im Jahr 2004 von Rox Anderson, Wellman Laboratories, am Mass. General Hospital, USA, eingeführt (Manstein et al. 2004). Der Unterschied zum flächenhaften Abtrag der Haut mit ablativen Lasern, dem Er:YAG- oder dem CO₂-Laser, besteht darin, dass der Laserstrahl über Mikrolinsenoptiken in zahlreiche Teilstrahlen zerlegt wird und dadurch eine Matrix von feinen Löchern in der Haut bis zur Dermis entsteht. Die Wundreaktion mit ihren Auswirkungen zur Straffung der Haut durch Kollagenneubildung oder die Behandlung von Narben und Altersflecken entspricht dem Verlauf der flächigen Ablation mit dem Unterschied, dass die Hautrötung schnell abklingt und der Heilprozess der Miniläsionen nur 3–4 Tage andauert (► Abschn. 5.8.3). Durch die geringere Nekrosezone bei der Anwendung des Er:YAG-Lasers kommt es hier zu einer etwas schnelleren Heilung als beim CO₂-Laser. Mehrere Firmen bieten Geräte mit fraktionierter Laserstrahlung an.

5.6.9 Holmium- und Thuliumlaser

Der Holmium- und Thuliumlaser (Wendt-Nordahl et al. 2008) sind mittlere Infrarotlaser, die bei 2,1 µm bzw. 1,9 µm emittieren. Beide Laser werden hauptsächlich in der Urologie zur Behandlung der BPH eingesetzt. Der Holmiumlaser als gepulster Laser erlaubt die Enukleation der Prostata, während der leistungsstarke Thulium-cw-Laser das Gewebe verdampft. Der gepulste Holmiumlaser kann darüber hinaus auch endoskopisch zur SteinfrAGMENTIERUNG eingesetzt werden.



■ Abb. 5.21 Optische Eigenschaften von Gewebe bei Bestrahlung mit Laserlicht. (Aus Steiner 2013b)

5.7 Optische Eigenschaften des Gewebes

Um die verschiedenen Laser-Gewebe-Wirkungen verstehen zu können, ist es notwendig, sich einen Überblick darüber zu verschaffen, wie Photonen sich im biologischen Gewebe ausbreiten und wie die Physik ihr Verhalten bestimmt. Wenn Photonen auf die Oberfläche des Gewebes auftreffen, wird durch die Änderung des Brechungsindex ein Teil (4–10 %) der Photonen abhängig vom Einfallswinkel reflektiert. Diejenigen Photonen, die in das Gewebe eindringen, unterliegen in ihrer Ausbreitungsrichtung einer Brechung entsprechend des Gesetzes von Snellius. Das Gesetz sagt aus, dass Photonen, die in ein Medium mit höherem Brechungsindex eindringen, zum Lot bezüglich der Oberfläche gebrochen werden (■ Abb. 5.21). Der Brechungsindex, n , von Gewebe entspricht etwa dem Wert $n_{\text{Gewebe}} \sim 1,5$.

Gesetz von Snellius: $\sin \alpha_1 / \sin \alpha_2 = n_2 / n_1 = n_{12}$

Im Gewebe werden die Photonen entweder gestreut, indem sie ihre Ausbreitungsrichtung gemäß einer Wahrscheinlichkeitsfunktion, dem Anisotropiefaktor g , ändern, oder sie werden absorbiert und regen dabei das absorbierende Molekül an. Dabei erleidet das Molekül einen elektronischen Übergang in einen Zustand höherer Energie.

5.7.1 Absorption

Die Energiezustände eines Moleküls sind quantisiert, deshalb werden nur Photonen absorbiert, deren Energie, $E = h\nu$, der Energiedifferenz zwischen zwei von solchen quantisierten Zuständen entspricht.

Die Absorption eines Photons durch ein Chromophor bedingt entweder eine quantisierte Änderung des

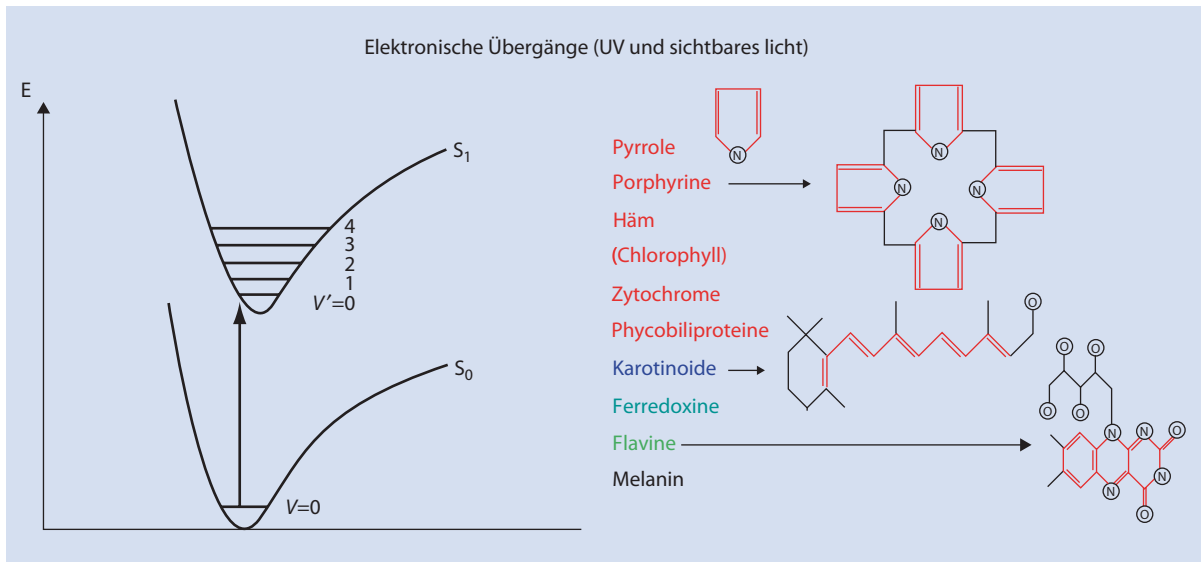


Abb. 5.22 Schema der elektronischen Anregung nach Absorption eines Photons und Liste einiger Chromophore des Gewebes mit Strukturformel. (Aus Steiner 2013b)

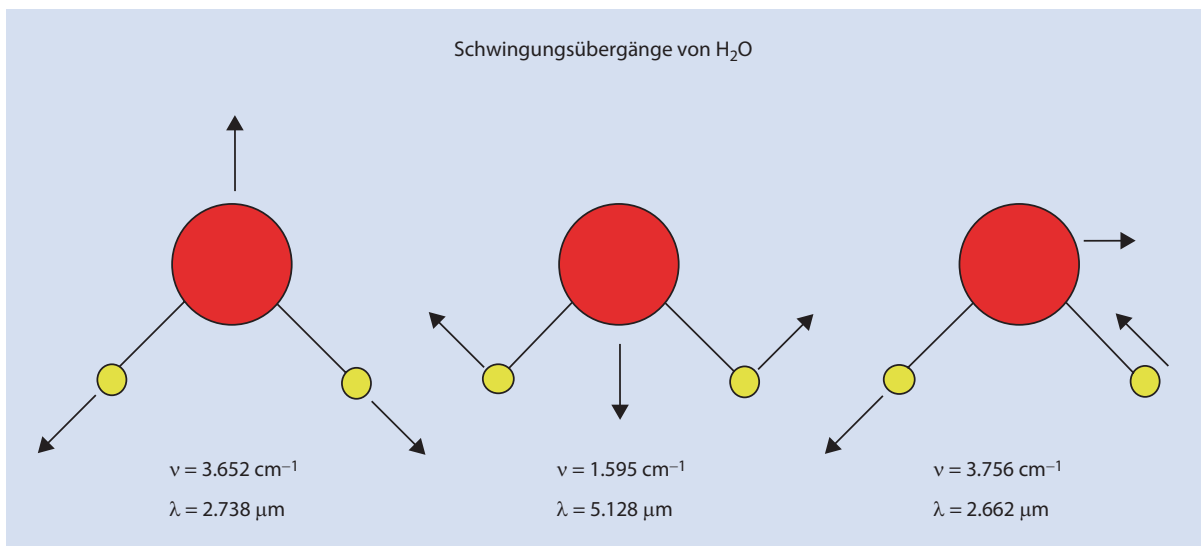


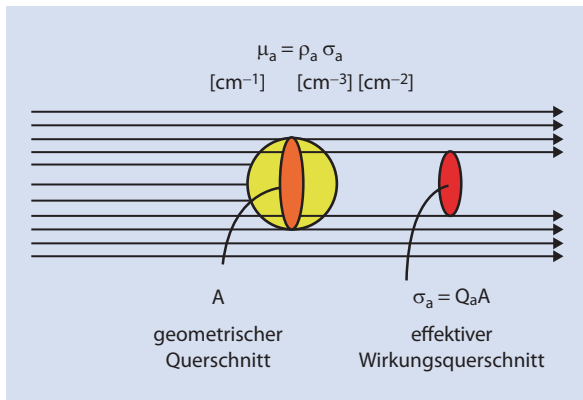
Abb. 5.23 Schwingungszustände und Übergänge eines Wassermoleküls mit seinen Absorptionsbanden. (Aus Steiner 2013b)

Abstands zwischen Ladungsträgern (elektronischer Übergang: UV oder sichtbares Spektrum, **Abb. 5.22**) oder eine quantisierte Änderung des molekularen Schwingungszustands (Schwingungsübergang: nahes Infrarot, NIR, **Abb. 5.23**).

Absorbierende molekulare Komponenten des Gewebes sind Porphyrine, Hämoglobin, Melanin, Flavin, Retinol, Nukleinsäuren DNA/RNA und NADH (reduziertes Nicotinamid-Adenin-Dinukleotid), bei denen elektronische Übergänge angeregt werden und die diskrete sowie intensive (breite) Absorptionsbanden besitzen. In

der nahen und mittleren (NIR und MIR) Infrarotregion dominiert die Wasserabsorption mit dem Maximum bei $3 \mu\text{m}$ Wellenlänge. Der Absorptionskoeffizient $\mu_a [\text{cm}^{-1}]$ charakterisiert die Absorption. Der inverse Betrag, l_a , definiert die Eindringtiefe (mittlere freie Weglänge) in das absorbierende Medium.

Zum besseren Verständnis des Absorptionsvorgangs kann man sich ein Chromophor vorstellen mit einer geometrischen Querschnittsfläche der Größe $A [\text{cm}^2]$, das sich in einem parallelen Laserstrahl befindet (**Abb. 5.24**). Sein Schatten, den es erzeugt, ist der effektive Wirkungs-



■ **Abb. 5.24** Definition des Absorptionskoeffizient über den Wirkungsquerschnitt von Chromophoren und deren Volumendichte. (Aus Steiner 2013b)

querschnitt σ_a [cm²], der in den meisten Fällen kleiner als die geometrische Querschnittsfläche A ist. Befinden sich viele Chromophore in einer Lösung mit der Volumendichte ρ_a [cm⁻³], dann lautet der Absorptionskoeffizient $\mu_a = \rho_a \sigma_a$ [cm⁻¹].

Chemiker benutzen normalerweise das Beer'sche Gesetz, wenn sie die Transmission des Lichts durch eine Küvette der Dimension d , gefüllt mit absorbierender Flüssigkeit, berechnen. Dann lautet der Ausdruck für die Transmission T :

$$T = \frac{I}{I_0} = 10^{-\varepsilon c d} = 10^{-\rho l}, \text{ wobei}$$

- ε : molarer Extinktionskoeffizient [l/mol·cm]
- c : Konzentration des Chromophors [mol/l]
- l : optische Weglänge [cm]
- ρ : optische Dichte (OD) oder Extinktion ist.

Physiker jedoch beschreiben die Transmission T als:

$$T = \frac{I}{I_0} = \exp(-\sigma_a N_a l) = \exp(-\mu_a l), \text{ wobei}$$

- σ_a : effektiver Wirkungsquerschnitt der Absorption [cm²]
- N_a : Dichte der absorbierenden Moleküle [cm⁻³]
- l : optische Weglänge [cm]
- μ_a : Absorptionskoeffizient [cm⁻¹] ist.

Die Absorptionsspektren verschiedener Chromophore des biologischen Gewebes und auch von Wasser sind in

■ **Abb. 5.25** dargestellt.

5.7.2 Streuung

Das Streuverhalten von biologischem Gewebe ist deshalb bedeutsam, weil es die Volumenverteilung der Lichtintensität im Gewebe bestimmt. Das ist das erste Ereignis der Gewebewechselwirkung gefolgt von der Absorption und der Wärmeerzeugung. Die Streuung eines Photons geht einher mit einer Richtungsänderung, ohne dabei Energie zu verlieren. Streuende Gewebestrukturen können makroskopisch sein wie Muskelfasern, Hautschichten oder Dentinkanäle, mikroskopisch wie Zellen oder intrazelluläre Strukturen und sogar sub-mikroskopisch, wenn Makromoleküle oder Nanopartikel berücksichtigt werden.

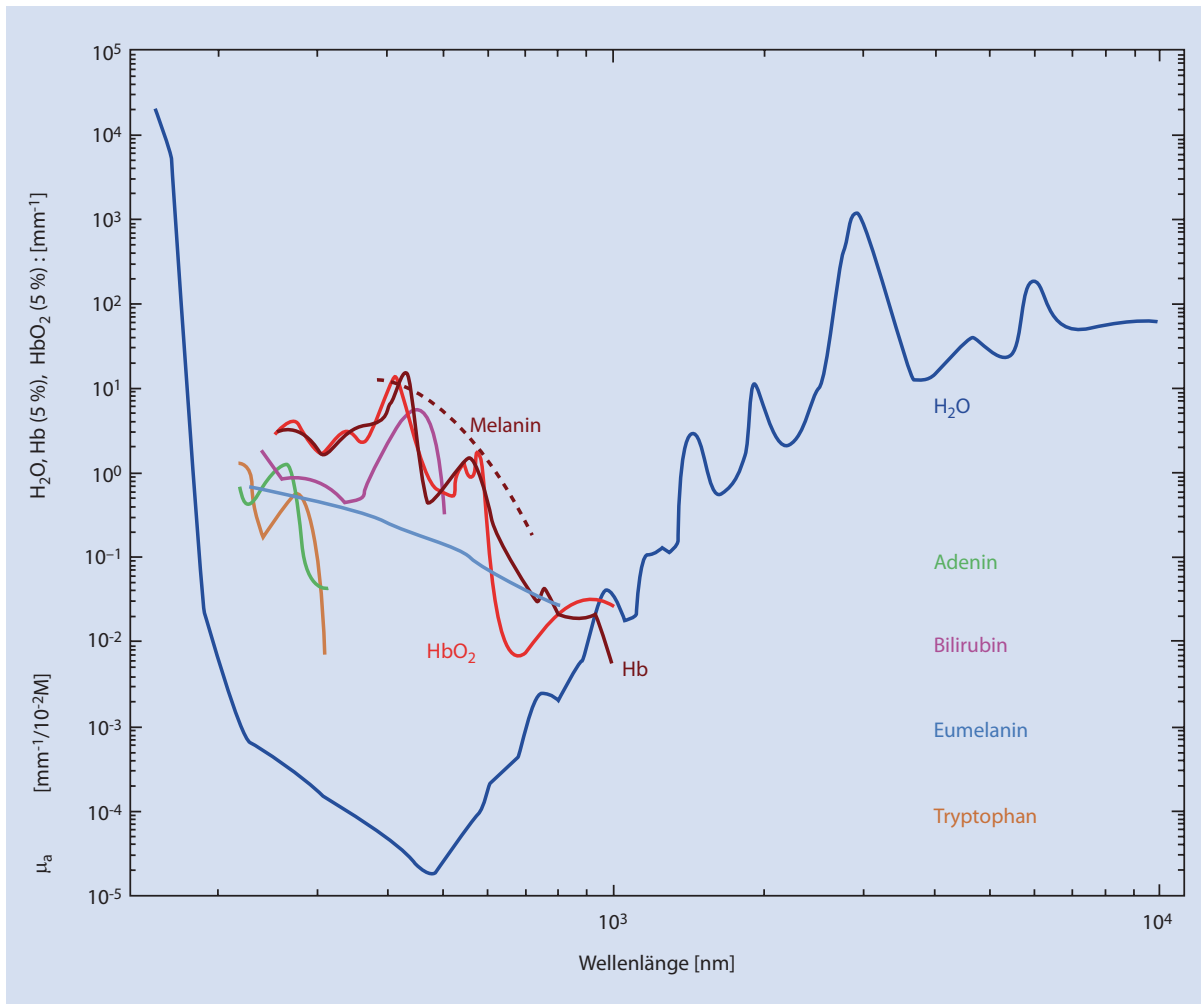
Entsprechend der Größe der streuenden Strukturen muss man zwischen Rayleigh-Streuung, $d < \lambda$, und Mie-Streuung, $d \geq \lambda$, unterscheiden. Streuung im Gewebe ist immer eine Mischung aus Rayleigh- und Mie-Streuung (■ **Abb. 5.26**) und hängt davon ab, welche Struktur dominant ist. Rayleigh-Streuung ist nahezu isotrop und wird nur von der Polarisierung und der Wellenlänge bedingt. Der Streuquerschnitt ist invers zu λ^4 , was den Himmel »blau« erscheinen lässt.

$$\text{Rayleigh – Streuung: } Q_s = \frac{128\pi^4 a^4}{3\lambda^4} \left| \frac{n_s^2 - n^2}{n_s^2 + 2n^2} \right|^2$$

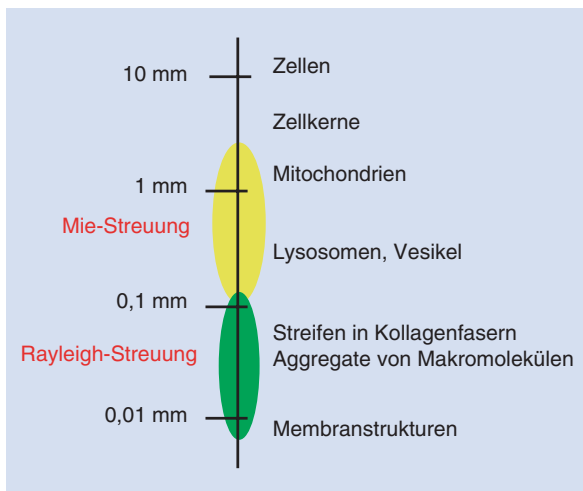
Mie-Streuung kann für das Nahfeld wie auch für das Fernfeld exakt mit der Monte-Carlo-Simulation (MCS) berechnet werden. Vorwärtsstreuung überwiegt dabei, wie in ■ **Abb. 5.27** dargestellt. Sie dient als Beispiel für das Streuverhalten eines Wassertropfens von 10 μm Durchmesser und einer Wellenlänge von 650 nm. Wegen der Größe des Tropfens interferiert das Streulicht ausgehend von unterschiedlichen Streuzentren innerhalb des Tropfens. Das führt zu Intensitätsmaxima wenn die winkelabhängige Streuung gemessen wird.

Die Streuung, ähnlich der Absorption, wird durch den Streukoeffizient μ_s [cm⁻¹] ausgedrückt. Der inverse Parameter, $1/\mu_s$ [cm], ist die mittlere freie Weglänge bis zum nächsten Streueignis. Als Faustregel betragen für die menschliche Haut und rotes Licht die mittlere freie Weglänge für die Absorption 50 μm und die Streuung 5 mm. Das bedeutet, dass ein Photon statistisch gesehen 100-mal gestreut wird, bevor es absorbiert wird.

Wir haben bei der Mie-Streuung gesehen, dass die Streuung nicht isotrop (gleiche Streuwahrscheinlichkeit für alle Winkel) ist. Die Vorwärtsstreuung dominiert im Gewebe. Diese Charakteristik wird durch den Anisotropiefaktor g beschrieben. Der Faktor g kann absolute Werte von 0 bis 1 annehmen. Für isotrope Streuung ist $g = 0$ und für direkte Vorwärtsstreuung ist $g = 1$. Negative Werte von g bedeuten Rückwärtsstreuung. Für biologisches Gewebe variiert g von 0,8 bis 0,99.



■ Abb. 5.25 Absorptionsspektren von Chromophoren des biologischen Weichgewebes und von Wasser. (Aus Steiner 2013b)



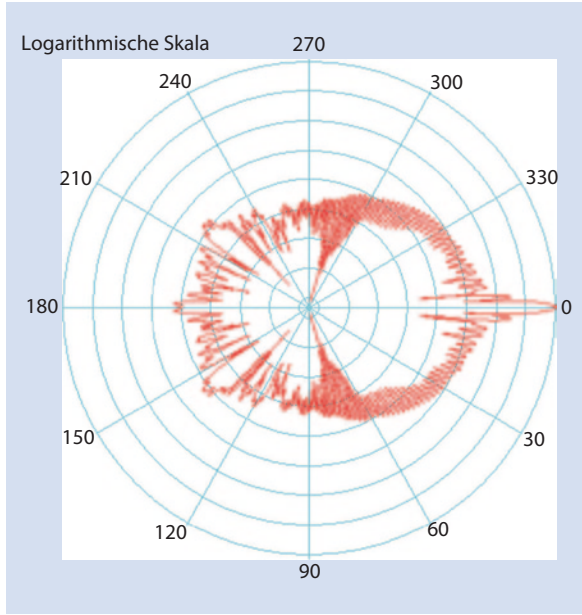
■ Abb. 5.26 Rayleigh- und Mie-Streuung von Gewebestrukturen. (Aus Steiner 2013b)

Anisotropiefaktor g : $0 \leq g \leq 1$. $G = 0$: isotrope Streuung; $g = 1$: Vorwärtsstreuung.

Mit Berücksichtigung des g -Werts wird der reduzierte Streukoeffizient, μ_s' [cm^{-1}], definiert:

$$\text{Reduzierter Streukoeffizient } \mu_s' = \mu_s(1 - g).$$

Bei Monte-Carlo-Simulationen muss man für g eine Wahrscheinlichkeitsfunktion berücksichtigen, in welche Richtung ein Photon gestreut wird. Die Henyey-Greenstein-Phasenfunktion wird oft benutzt, um die Winkelverteilung des gestreuten Lichts im Gewebe zu beschreiben. Sie ist durch den mittleren Kosinus $\langle \cos\theta \rangle$ des Streuwinkels, θ , charakterisiert. Da die Henyey-Greenstein-Phasenfunktion eine Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion ist, wird sie auf »1« normiert (■ Abb. 5.28). Dieses Modell wurde für zahlreiche Situationen angewandt, angefangen



■ **Abb. 5.27** Mie-Streuung von Wassertropfen, 10 µm groß bei $\lambda = 650$ nm. (Aus Steiner 2013b)

von der Lichtstreuung in biologischem Gewebe bis zur Streuung durch interstellare Staubwolken. Die Winkelverteilung $p(\theta)$ des Streulichts ist gegeben durch:

$$p(\theta) = \frac{1}{4\pi} \frac{1 - g^2}{(1 + g^2 - 2g \cos(\theta))^{3/2}}.$$

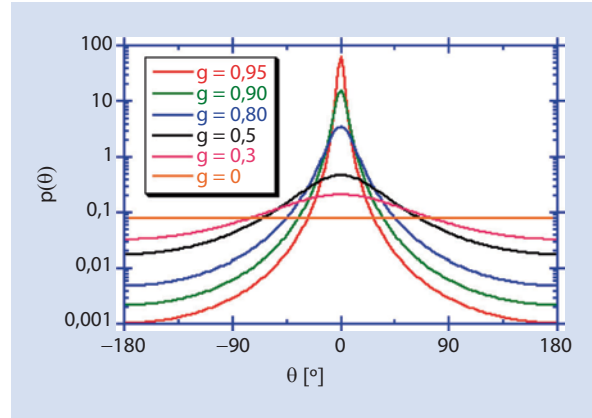
Der Parameter g charakterisiert die normalisierte Verteilung. Für einige Werte von g zeigt die ■ **Abb. 5.28** die Wahrscheinlichkeit der Streuung für $-180^\circ \leq \theta \leq +180^\circ$. Wenn g sich dem Wert 1 annähert, dann hat die Funktion ein spitzes Maximum um $\theta = 0$ (Vorwärtsstreuung). Im Fall isotroper Streuung, $g = 0$, ergibt sich ein konstanter Wert von $1/4\pi$ für alle Streuwinkel θ .

Die Summe aus μ_s und μ_a wird als totaler Abschwächungskoeffizient μ_t [cm^{-1}] bezeichnet.

Totaler Abschwächungskoeffizient:

$$\mu_t = \mu_s + \mu_a \quad [\text{cm}^{-1}]$$

Das Messen der optischen Konstanten von biologischem Gewebe ist keine einfache Aufgabe. Mit einer Messanordnung, bei der ein kollimierter Laserstrahl die Gewebeprobe mit definierter Dicke trifft und nur die transmittierten Photonen (ballistische Photonen) den Detektor erreichen, kann der totale Abschwächungskoeffizient μ_t gemessen werden.



■ **Abb. 5.28** Henyey-Greenstein-Wahrscheinlichkeitsfunktion für verschiedene g -Werte. (Aus Steiner 2013b)

Generell können die optischen Parameter des Gewebes, μ_a , μ_s und g , nicht direkt gemessen werden. Sehr komplexe Mess- und Evaluierungsprozesse sind notwendig, um diese Parameter zu bestimmen. Wenn eine dünne Gewebeschicht zwischen zwei Ulbrichtkugeln (»integrating spheres«) eingebracht wird, dann können die total transmittierten und reemittierten Strahlanteile gemessen werden. Die Monte-Carlo-Simulation hilft, die optischen Parameter durch Iterationsprozesse zu extrahieren.

Hilfreich sind weitere Ausdrücke, um die optischen Eigenschaften des biologischen Gewebes zu beschreiben. Der Anteil der Streuung μ_s zur totalen Abschwächung μ_t wird Albedo, a , genannt:

$$\text{Albedo } a = \frac{\mu_s}{\mu_s + \mu_a}.$$

Der effektive Dämpfungskoeffizient μ_{eff} ist definiert als:

Effektiver Dämpfungskoeffizient:

$$\mu_{\text{eff}} = \left(3\mu_a (\mu_s + \mu_a') \right)^{1/2} \quad [\text{cm}^{-1}]$$

Der inverse Wert $1/\mu_{\text{eff}}$ wird effektive Eindringtiefe d_{eff} des Laserlichts genannt:

$$\text{Effektive Eindringtiefe: } d_{\text{eff}} = \frac{1}{\mu_{\text{eff}} \quad [\text{cm}]},$$

und die effektive mittlere freie Weglänge X_{eff} ist:

$$X_{\text{eff}} = \frac{1}{\mu_a + \mu_s'} \quad [\text{cm}].$$

■ **Tab. 5.4** Zusammenfassung der Eindringtiefe in Muskelgewebe für verschiedene Wellenlängen

Wellenlänge [nm]	Eindringtiefe $1/\mu_a$ [μm]	Effektive optische Eindringtiefe $1/\mu_{\text{eff}}$ [μm]
193	≈ 10	≈ 1
308	50	6
532	830	240
1 064	2 500	1 900
2 060	286	250
2 940	3	3
10 600	17	17

Die Gleichung

$$I(d) \propto I_0 e^{-\sqrt{3\mu_a(\mu_a + \mu_s)}d} = I_0 e^{-\mu_{\text{eff}}d}$$

beschreibt näherungsweise den Anteil der Lichtintensität oder Photonendichte, die entlang einer Distanz d transportiert wird. Photonen können sich ungehindert ausbreiten oder den Detektor erst nach mehreren Streuprozessen erreichen. Wenn Streuung in Vorwärtsrichtung dominiert, dann ist der reduzierte Streukoeffizient μ_s' wesentlich kleiner als μ_s . Einzelne am Detektor ankommende Photonen können einen wesentlich längeren Weg durch Vielfachstreuung zurückgelegt haben als die Distanz d . Die Berechnung der Photonendichte im Gewebe erfolgt numerisch über die Transportgleichung (Romero et al. 2006; Vogel u. Venugopalan 2003; Wang et al. 1995) oder näherungsweise über die Diffusionsgleichung (s. auch Ihler 1992).

Die ■ Tab. 5.4 fasst die Eindringtiefe in Muskelgewebe bei verschiedenen Laserwellenlängen zusammen. Die mittlere freie Weglänge aufgrund der Absorption und die effektive Eindringtiefe wurden berücksichtigt (Boulnois 1986).

Es ist möglich, die Lichtverteilung innerhalb des Gewebes zu messen, indem eine miniaturisierte Messprobe von 100 μm Durchmesser über eine Kanüle in das Gewebe eingebracht wird. Die Messungen bestätigen das theoretisch abgeleitete Phänomen, dass die Lichtintensität direkt unter Gewebeoberfläche um den Faktor 2–4 gegenüber der einfallenden Lichtintensität verstärkt ist (Steiner et al. 1993). Die erhöhte Flussdichte (»fluence rate«) wird durch gestreute Photonen bewirkt, die sich mit den einfallenden Photonen im Messvolumen überlagern. Eine andere Beobachtung ist, dass durch den Streueffekt die Eindringtiefe der Photonen von der Größe der bestrahlten Fläche bei gleicher Beleuchtungsstärke (»irradiance«) abhängt. Fol-

lich verdoppelt sich die Eindringtiefe von einer bestrahlten Fläche mit 5 mm Durchmesser gegenüber einer solchen mit 1 mm Durchmesser. Dieser Effekt ist für dermatologische Anwendungen interessant und muss berücksichtigt werden. Um zur Behandlung von Feuermalen oder zur Epilation tief in das Gewebe einstrahlen zu können, sollte die Fleckgröße des auftreffenden Laserstrahls 10–15 mm Durchmesser haben.

Die gemessene Intensität innerhalb des Gewebes wird mit Flussdichte, »fluence rate«, bezeichnet. Sie ergibt sich aus der absorbierten Leistung dividiert durch den Querschnitt der kugeligen Messprobe $A = \pi R^2$.

$$\text{Flussdichte (»fluencerate«): } F = \frac{P}{A} \left[\frac{\text{W}}{\text{cm}^2} \right]$$

Die Eindringtiefe des Laserlichts in das Gewebe ist im Wellenlängenbereich von 700 bis 900 nm (optisches Fenster) am größten. Blut, Wasser und Melanin sind die hauptsächlich verantwortlichen Komponenten für die Absorption im Gewebe (■ Abb. 5.25). Deshalb interagieren Ar^+ -Laser, Farbstofflaser und Diodenlaser effektiv mit Blut, der Alexandritlaser mit Melanin und die MIR-Laser mit dem Wassergehalt des Gewebes.

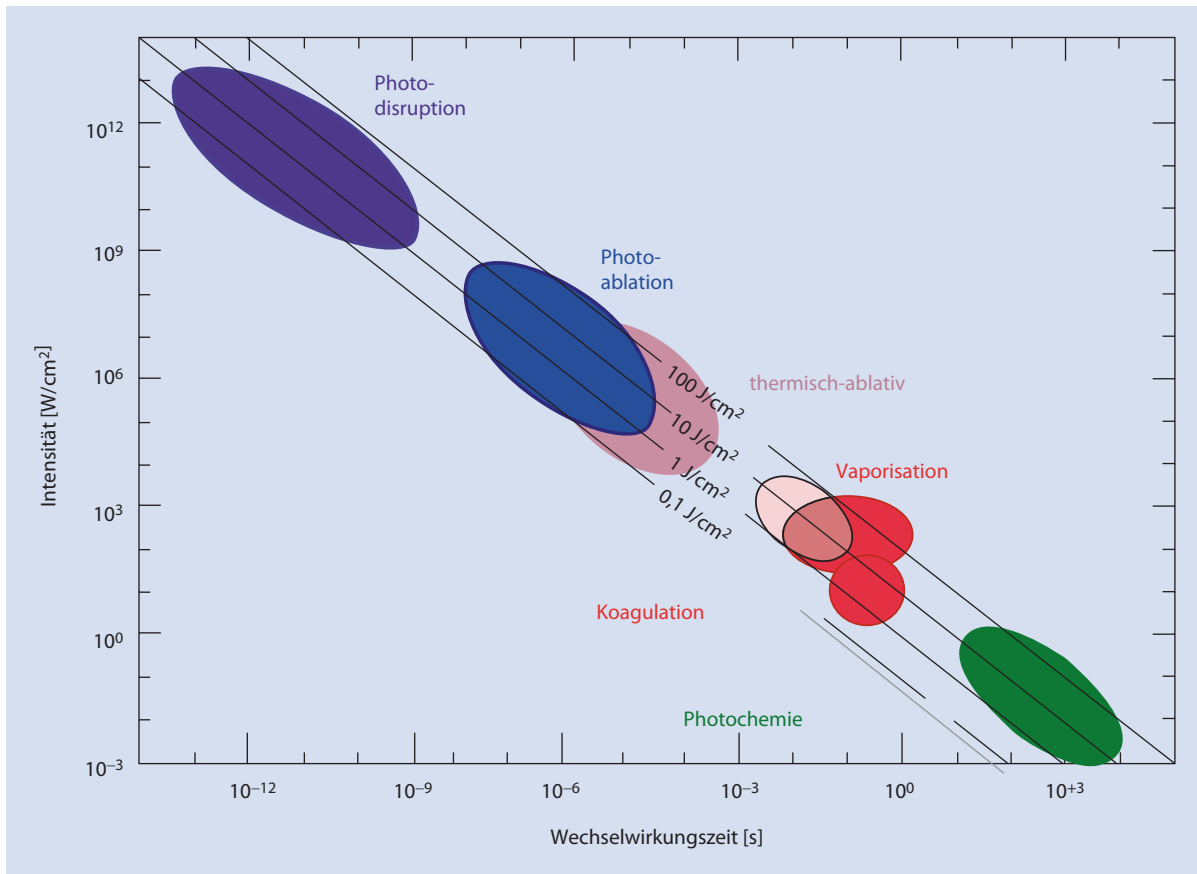
5.8 Reaktionsmechanismen

Die erste systematische Darstellung der Reaktionsmechanismen von Laserstrahlen im Zusammenhang mit biologischem Gewebe erfolgte 1986 von Boulnois (Boulnois 1986, ■ Abb. 5.29). Eine weitere wichtige Erkenntnis war die selektive Photothermolyse (Selective Photothermolysis, SP) durch Anderson und Parish im Jahr 1983 (Anderson u. Parish 1983; Anderson et al. 1989). Die selektive Photothermolyse behandelt die begrenzte Schädigung von Gewebestrukturen durch entsprechende Auswahl der Laserwellenlänge, der Pulsdauer und Pulsfrequenz.

Nachfolgend betrachten wir die einzelnen Mechanismen der Laser-Gewebe-Wechselwirkung.

5.8.1 Nichtthermische, chemische Reaktionen

Bei Bestrahlung von lebendem Gewebe mit niedriger Laserleistung können Photonen einen Einfluss auf die Proliferation von Zellen ausüben. Zahlreiche Literatur wurde in der Vergangenheit zur Interaktion von Photonen (He-Ne-Laser, 633 nm, oder Diodenlaser, 820 nm) mit In-vitro-Zellkulturen (Karu 2003) und Wundheilung durch Biostimulation veröffentlicht. Die meisten Ergebnisse sind jedoch nicht abgesichert oder unter nicht kontrollierbaren



■ **Abb. 5.29** Darstellung der Laser-Gewebe-Reaktionsmechanismen abhängig von der Interaktionszeit. (Aus Steiner 2013b; mod. nach Boulnois 1986)

Bedingungen entstanden. Intensive Forschung bringt allerdings auch durch kontrollierte klinische Untersuchungen Beweise, dass Photonen in vivo stimulierende Effekte auslösen können (Naeser u. Hamblin 2011).

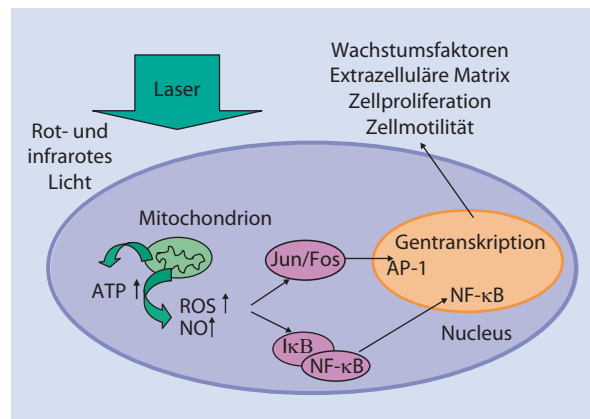
Biostimulation

Es ist anerkannt, dass die Energie von Photonen, wenn sie von Zellen oder Gewebe absorbiert werden, den zellulären Metabolismus oder Signalkaskaden in den Zellen beeinflussen können. Eine Übersicht ist in Hawkins u. Abrahamse (2009) gegeben.

Molekulare Zielstrukturen können Cytochrom-c-Oxidase (mit Absorption im nahen Infraroten) oder photoaktive Porphyrine sein. Zelluläre Zielstrukturen sind Mitochondrien mit dem Effekt erhöhter ATP-Produktion, Modulation der reaktiven Sauerstoffspezies (Reactive Oxygen Species, ROS) und dem Auslösen zellulärer Signale (Gao u. Xing 2009), wie in ■ Abb. 5.30 dargestellt.

Die Einflüsse der Biostimulation können sein:

- erhöhte Zellproliferation und Migration (besonders von Fibroblasten),



■ **Abb. 5.30** Zelluläre Signalwege durch LLLT (Low Level Laser Therapy) induziert. (Aus Steiner 2013b)

- Modulation der Cytokinkonzentration, Wachstumsfaktoren und Entzündungsfaktoren,
- Einfluss auf die Aktivität von »second messengers« (cAMP, Ca²⁺, NO),

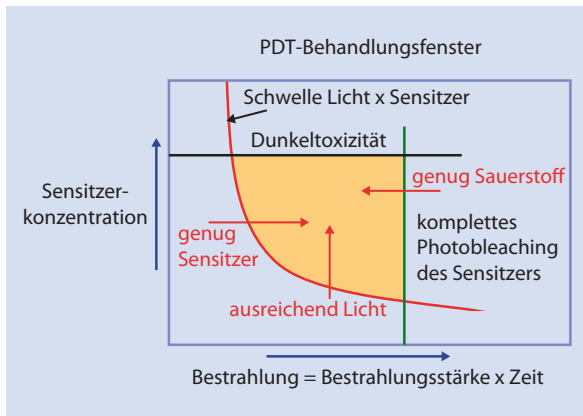


Abb. 5.31 Behandlungsfenster für die photodynamische Therapie (PDT). (Aus Steiner 2013b)

- erhöhte Sauerstoffanreicherung im Gewebe,
- Einfluss auf die Heilung chronischer Wunden, Verletzungen, Nervenschädigungen und auf die Schmerzreduktion.

In allen Fällen muss die Lichtdosis sorgfältig ermittelt und eingehalten werden, da mehr Licht nicht immer mehr Wirkung bedeutet. Spektralbereiche, die erhöhte Aktivität auslösen können, sind bei 633, 690, 810–820 und 900 nm.

Photodynamische Therapie (PDT)

Die Photodynamische Therapie beruht auf einer photochemischen Reaktion, die aus 3 Komponenten besteht:

1. einem Sensibilisator (Sensitizer),
2. molekularem Sauerstoff und
3. Licht zur Aktivierung.

Die Sensibilisatormoleküle werden durch erhöhte Aufnahme in den Zielstrukturen angereichert. Sie absorbieren Photonen und werden dadurch vom Grundzustand in einen Singulettzustand angeregt. Durch Intersystem-Crossing wird die Energie zu einem langlebigen Triplettzustand übertragen. Von dort wird die Energie auf ein Sauerstoffmolekül übertragen. Das angeregte Sauerstoffmolekül (Singulett-Sauerstoff oder Radikal) zerstört die Zelle. Diese phototoxische Reaktion wird zur Tumorbildung eingesetzt, aber auch zur Behandlung von Vorstadien von Tumoren oder bei nichtmalignen Veränderungen der Haut und des Gewebes. Sensitizer sind fluoreszierend, deshalb können sie auch zur Diagnose von Tumoren bildgebend eingesetzt werden, so z. B. in der Blase, um Blasentumoren in Frühstadien zu entdecken.

In Steiner (2013b) ist das Verfahren ausführlich beschrieben. Aus diesem Grund soll hier nur noch erwähnt und in **Abb. 5.31** erläutert werden, dass die PDT ein Behandlungsfenster in Abhängigkeit der Sensitizer-Konzen-

Tab. 5.5 Schädigung des Gewebes nach Grad der Erwärmung

Erwärmungsgrad [°C]	Gewebeschädigung
42–45	Beginn der Hyperthermie, Konformationsänderungen, Schrumpfen der Kollagene
50	Reduktion der enzymatischen Aktivität
60	Denaturierung von Proteinen, Koagulation der Kollagene, Membranpermeabilisierung
100	Gewebeaustrocknung und Vakuolenbildung
> 100	Beginn der Vaporisation und Karbonisierung des Gewebes
300–1 000	Thermoablation des Gewebes, Photoablation and Disruption

tration, der Dunkeltoxizität, der Bestrahlung mit Licht und der Sauerstoffverfügbarkeit besitzt. Die Dosimetrie ist für eine erfolgreiche Behandlung zur Kontrolle all dieser Parameter sehr wichtig, speziell bei dickeren Gewebeschichten. Die Sensibilisatorkonzentration, die sich im Zielgewebe angehäuft hat, und Ausbleicheffekte (»photobleaching«) während der Bestrahlung können durch ansteigende oder abklingende Fluoreszenzintensität überwacht werden.

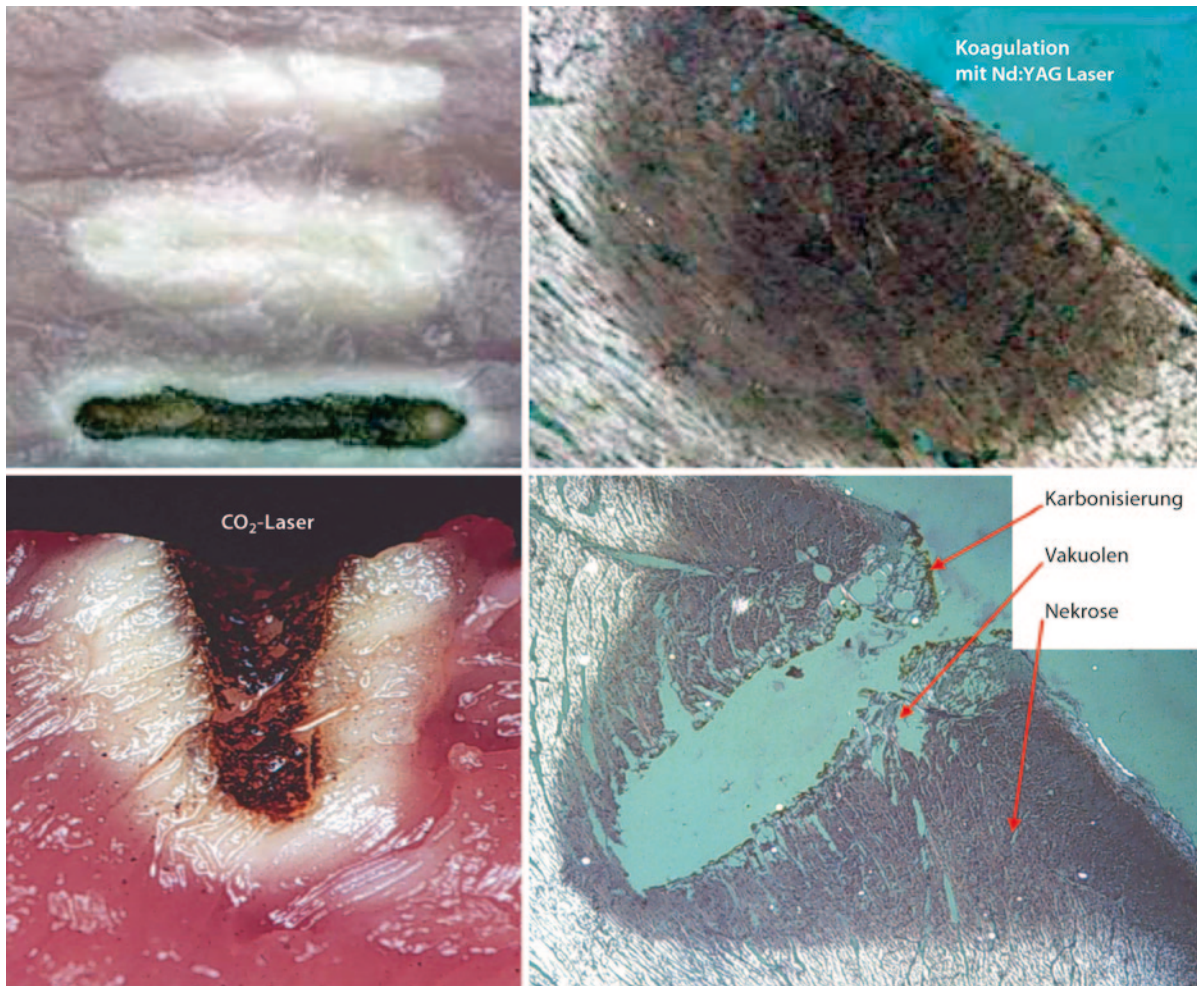
5.8.2 Thermische Reaktionen

Die Energie des Laserstrahls wird im Gewebe durch Absorption der Photonen in Wärme umgewandelt. Absorber sind je nach Wellenlänge DNA/RNA, Chromophore, Proteine, Enzyme und Wasser. Je nach Grad der Erwärmung kann eine schrittweise und selektive Schädigung der Gewebestrukturen erreicht werden (**Tab. 5.5**).

Die jeweilige pathologische Analyse der photothermischen Effekte ist in Thomsen (1991) hinreichend beschrieben. Beispiele für Koagulation und Vaporisation von Gewebe sind in **Abb. 5.32** gezeigt.

Die absorbierte Laserstrahlung erwärmt das Gewebe und die Temperaturerhöhung, ΔT , wird bestimmt durch die absorbierte thermische Energie pro Einheitsvolumen, Q [J/cm³], dividiert durch die Dichte, ρ [g/cm³], und die Wärmekapazität, c_w [J/g°K].

$$\text{Temperaturerhöhung: } \Delta T = \frac{Q}{\rho c_w} [\text{°K}]$$



■ **Abb. 5.32** Laser-Gewebe-Wirkung: Koagulation und Vaporisation mit entsprechenden Histologien. (Aus Steiner 2013b)

Thermische Diffusion ist verantwortlich für den Wärmefluss im Gewebe. Wenn die Belichtungszeit durch einen Laserpuls, t_p , kurz im Vergleich zur Diffusionszeit, t_d , ist, dann herrscht thermischer Einschluss (»thermal confinement«), und die Pulsenergie wird vollständig in Wärme umgesetzt in einem Gewebavolumen, das dem inversen Absorptionskoeffizienten, $1/\mu_a$, und dem Fleckdurchmesser, d , entspricht (Jacques 1993; Steiner 1994, 2003).

$$\text{Diffusionszeit: } t_d = \frac{1}{\kappa \mu_a^2} [\text{s}]$$

κ [m^2/s] ist hierbei der thermische Diffusionskoeffizient und wird bestimmt durch die thermische Leitfähigkeit, Λ [$\text{W}/\text{m}^\circ\text{K}$], dividiert durch die Dichte und die spezifische Wärmekapazität.

$$\text{Thermischer Diffusionskoeffizient: } \kappa = \frac{\Lambda}{\rho c_w} \left[\frac{\text{m}^2}{\text{s}} \right]$$

■ Tab. 5.6 fasst die thermischen Koeffizienten für verschiedene biologische Gewebe zusammen.

Thermische Diffusion und das Ausmaß an thermischer Nekrose stehen in Beziehung zueinander. Mit geringer Laserleistung und langer Bestrahlungszeit erhält man eine tiefe Nekrosezone. Verkürzung der Lasereinstrahlzeit reduziert die Zeit für die thermische Diffusion, und die Nekrosezone wird schmaler. Die minimale thermische Nekrose wird erreicht, wenn die Bestrahlungszeit gleich oder kürzer als die thermische Diffusionszeit oder die thermische Relaxationszeit ist. Sie wird jedoch nie kleiner als die Wellenlängen-abhängige Eindringtiefe, $1/\mu_a$, des Laserlichts in das Gewebe.

■ **Tab. 5.6** Thermische Konstanten für verschiedene biologische Gewebe und Materialien

Material	Dichte ρ [g/cm ³]	Wassergehalt [%]	c_w [J/g [°] K]	Λ [W/m ² K]
Wasser	1 000	100	4,183	0,58
Blut	900	55	3,22	0,62
Fett	900	–	1,93	0,3
Knorpel	1 225	60–70	3,06	0,36
Leber	1 200	80	3,42	0,44
Aorta	1 000	80	3,76	0,48
Kupfer	8 933	–	0,383	384
Diamant	3 510	–	0,502	33 000

Die thermische Schädigung des Gewebes wird durch die Arrhenius-Ratengleichung beschrieben. Die Konsequenz aus dieser Gleichung ist, dass die Schwelle für die Schädigung des Gewebes von der Laserleistung und der Applikationszeit abhängt. Diese Schwelle kann bei hoher Laserleistung in sehr kurzer Zeit (hohe Temperatur) erreicht werden oder mit geringerer Leistung (geringere Temperatur), aber dafür mit längerer Expositionszeit. ■ Abb. 5.33 erläutert diese Beziehung.

Beispiel Der CO₂-Laser wird chirurgisch zum Schneiden von Gewebe eingesetzt. Wir wollen die Schnitttiefe durch Vaporisation des Gewebes bei einer Leistung von $P = 60$ W wissen, wenn der Strahl auf eine Fleckgröße von $d = 0,4$ mm im Durchmesser fokussiert und mit einer Geschwindigkeit von $v = 2$ cm/s (Cammarata u. Wautelety 1999) bewegt wird. E_c sei die notwendige Energie zur Erhitzung des Gewebes zum Siedepunkt und E_v die latente Energie für die Vaporisation pro Einheitsvolumen.

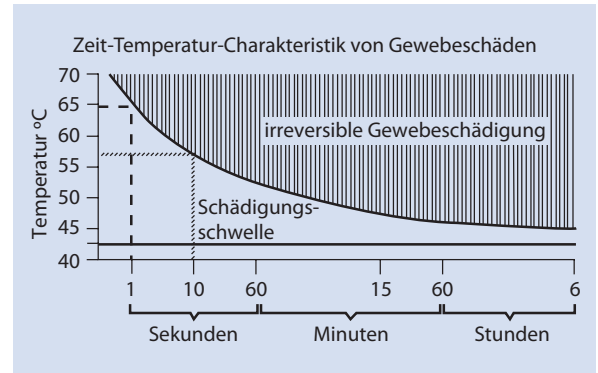
$$E_c = \rho c_w \Delta T [J],$$

wobei ρ die Dichte ist (hier 1 000 kg/m³ für Wasser), c_w ist die spezifische Wärmekapazität (4 200 J/kg[°]K), und ΔT ist die Differenz zwischen Körpertemperatur und Siedepunkt, ~ 63 °K.

$$E_v = \rho L_v,$$

wobei L_v die latente Wärme für Verdampfung ist ($2,3 \times 10^6$ J/kg). Das verdampfte Volumen pro Zeiteinheit ist dann:

$$V = \frac{P}{E_v + E_c} = d \times v \times d_{\text{cut}}. \text{ Somit ist}$$



■ **Abb. 5.33** Zeit-Temperatur-Charakteristik der Gewebeschädigung. Die Schwelle für die Gewebeschädigung bei verschiedenen Temperaturen hängt von der Laserleistung und der Bestrahlungszeit ab. Ein 1-s-Puls erreicht die Schwelle bei 65°C, wogegen ein 10-s-Puls die Schwelle schon bei 57°C erreicht. (Aus Steiner 2013b)

$$d_{\text{cut}} = \frac{P}{dv(E_v + E_c)}.$$

Mit den obigen Parametern für die Laserleistung P , der Fleckgröße d und der Geschwindigkeit v errechnet sich die Schnitttiefe zu $d_{\text{cut}} = 3$ mm.

Dieser Wert ist natürlich überbewertet, weil wir die Reflexion, andere Gewebekomponenten außer Wasser, Reabsorption durch vaporisiertes Material und den Energieabfluss nicht berücksichtigt haben. Trotzdem erhält man eine Abschätzung der Laserreaktion beim Schneiden von Gewebe.

■ Relaxationszeit

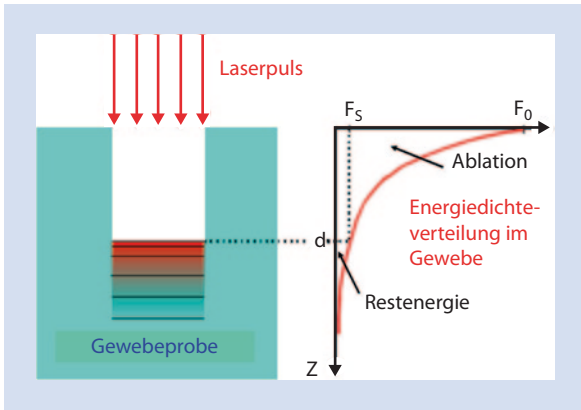
Wenn die thermische Diffusionslänge, L , gleich der optischen Eindringtiefe, $1/\mu_a$, ist, dann ergibt sich

$$L = (4\kappa t)^{\frac{1}{2}},$$

wobei κ die Diffusivität ist mit dem Wert für Wasser $1,4 \times 10^{-3}$ cm²/s. Wenn $t = 1$ s ist, dann wird $L = 0,8$ mm. Wenn wir die optische Eindringtiefe $1/\mu_a$ als charakteristische Größe annehmen, dann erhalten wir für die Relaxationszeit:

$$\text{Relaxationszeit: } \tau_R = \frac{1}{4\mu_a^2 \kappa}.$$

Für einen CO₂-Laser, Wellenlänge 10,6 μm, mit $\mu_a = 500$ cm⁻¹ und $\kappa = 10^{-3}$ cm²/s erhält man eine Relaxationszeit $\tau_R = 1$ ms.



■ Abb. 5.34 Schematische Darstellung des Blow-off-Modells. (Aus Steiner 2013b)

5.8.3 Gewebeablation

Die Voraussetzungen für Gewebeablation sind ein hoher Absorptionswert und sehr kurze Laserpulse. Es kommen also Excimer-, Er:YAG-, CO₂- und MIR-Laser (Mittelinfrarot-Laser) kurzer Pulsdauer in Frage. Analog zum thermischen Einschluss (»thermal confinement«) kann man einen Spannungseinschluss (»stress confinement«) definieren, wenn Gewebe so schnell erhitzt wird, dass die Pulsdauer kürzer als die Ausbreitungszeit, t_m , für die Spannungswelle durch das erhitzte Volumen ist. Die interne Spannung wird durch den Grüneisen-Koeffizienten, Γ , charakterisiert.

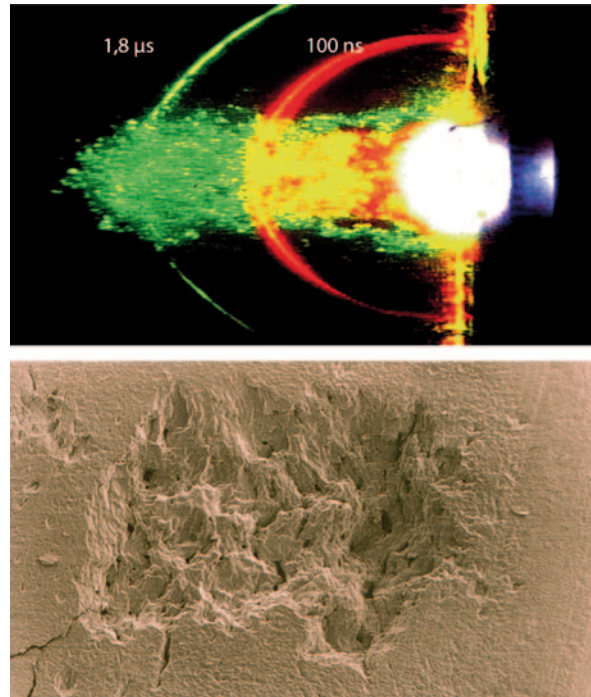
$$\text{Grüneisen – Koeffizient: } \Gamma = \frac{\alpha}{\rho c_w \kappa_T},$$

wobei α der Koeffizient für die thermische Ausdehnung, ρ die Dichte, c_w die spezifische Wärmekapazität und κ_T die isotherme Kompressibilität ist. Die Ausbreitungszeit t_m der Spannungswelle durch das erhitzte Volumen ist

$$t_m = \frac{1}{c_a \mu_a} [\text{s}],$$

wobei c_a die Schallgeschwindigkeit im Medium ist. Wenn die Spannungswelle mit der Geschwindigkeit c_a das erhitzte Volumen während des Laserpulses nicht verlassen kann, dann wird sie mit der Ablation des Materials aufgehoben, und das umgebende Gewebe wird nicht geschädigt.

Für den Photoablationsprozess wurde ein einfaches Modell abgeleitet, um die Ablationstiefe zu berechnen (Vogel u. Venugopalan 2003; Hibst 1997). Es wird Blow-



■ Abb. 5.35 Bild des Ablationsprozesses und der entstandene Krater im Zahnschmelz. (Aus Steiner 2013b)

off-Modell genannt. Um Gewebe ablatieren zu können, muss eine Schwelle überwunden werden. Die Ablationstiefe d pro Laserpuls wird durch die Pulsenergie bis zu einer Sättigungsschwelle bestimmt. Wir nehmen eine Schwelle $F_s(d)$ für die Energiedichte an. Unterhalb dieser Schwelle wird kein Gewebe abgetragen.

$$\text{Ablationsschwelle: } F_s(d) = F_0 \exp(-\mu_a d)$$

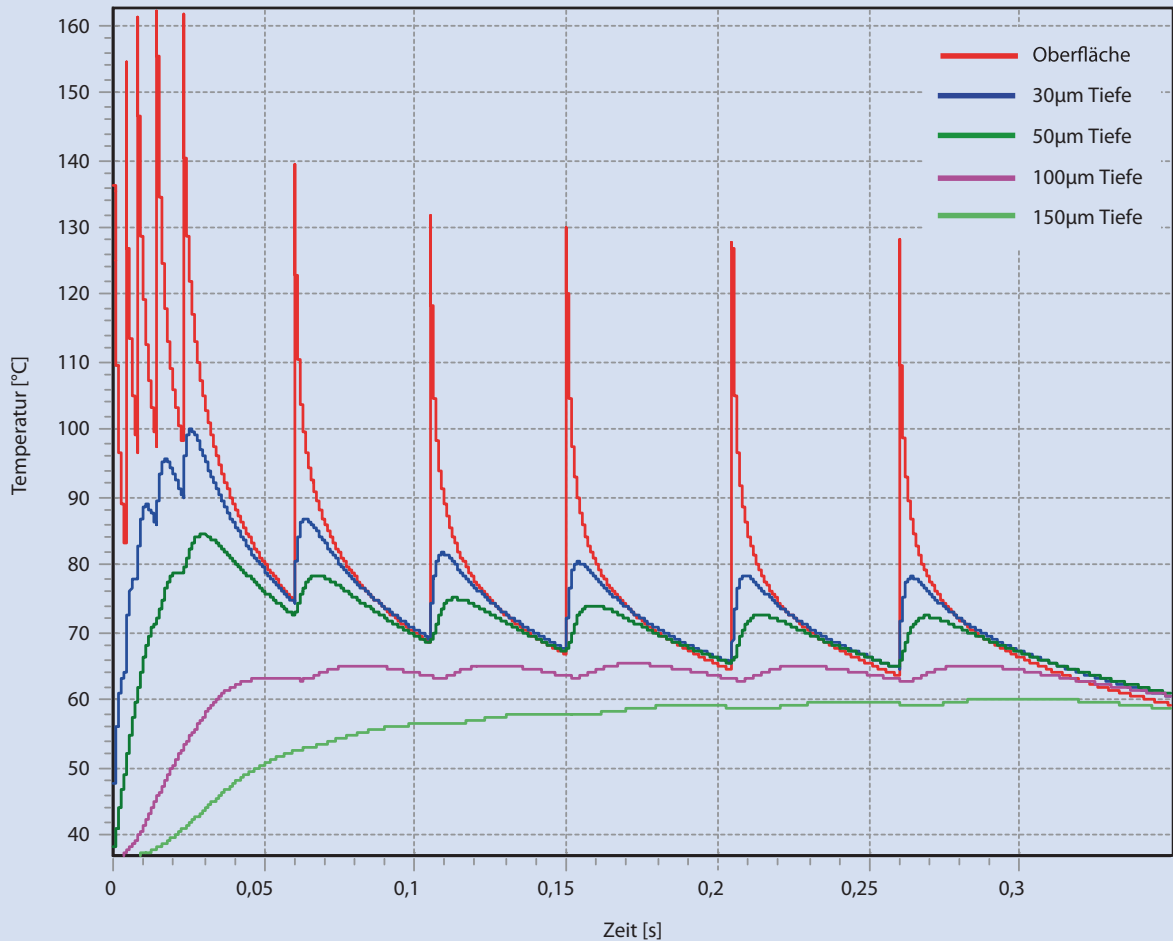
Die Lösung für die Ablationstiefe d ist einfach mit folgendem Ausdruck zu berechnen:

$$d = \left(\frac{1}{\mu_a} \right) \ln \left(\frac{F_0}{F_s} \right).$$

■ Abb. 5.34 erläutert grafisch das Schwellenverhalten.

■ Abb. 5.35 zeigt den Ablationsprozess, bei dem die Partikel mit Überschallgeschwindigkeit herausfliegen, und den Ablationskrater im Zahnhartgewebe. Nur UV-Laser (ArF-Excimer-Laser) und gepulste MIR-Laser werden so stark vom Gewebe absorbiert, dass sie als effiziente Ablationslaser eingesetzt werden können.

Das Schwellenverhalten hoch absorbierter Laserstrahlung, z. B. der des Er:YAG-Lasers bei 2 940 nm Wellenlänge, kann genutzt werden, um die Dicke der



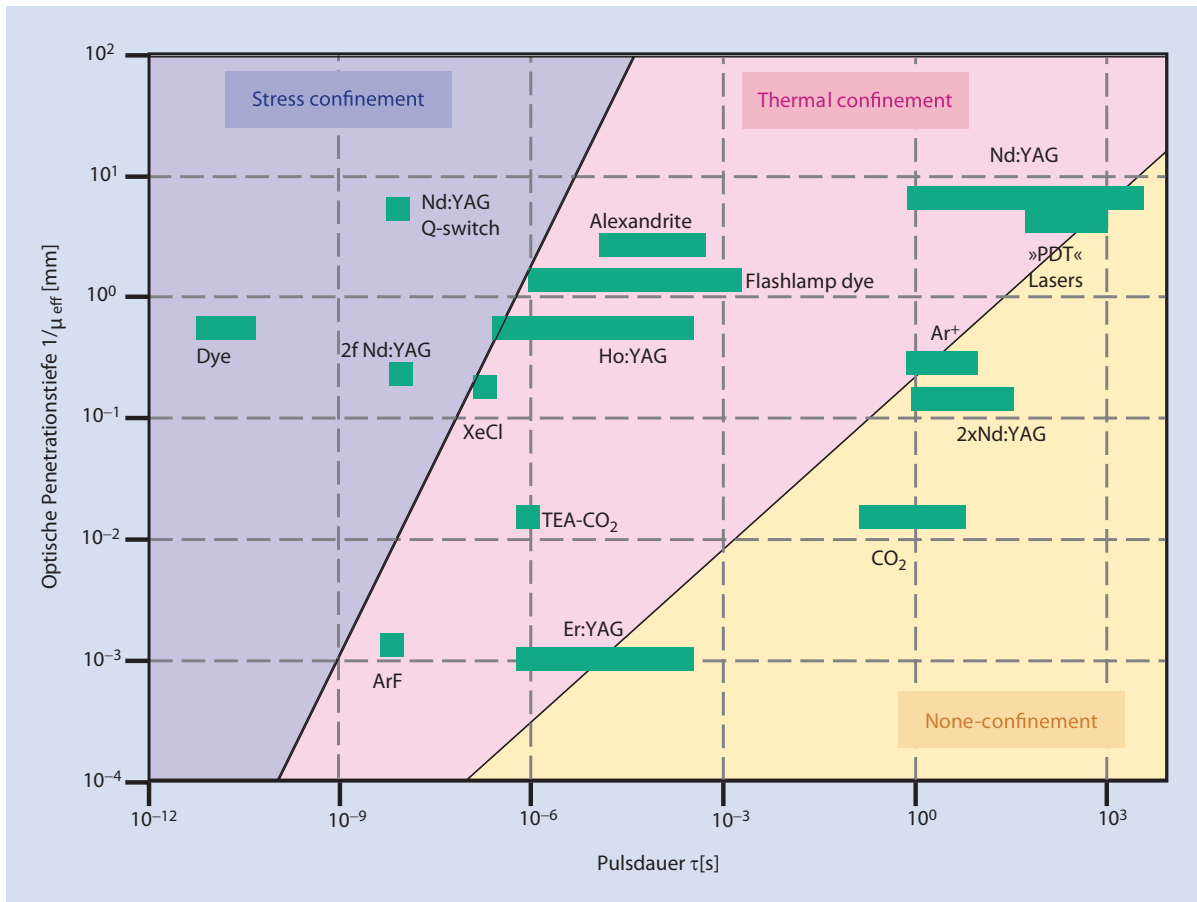
■ **Abb. 5.36** Temperaturprofile, die durch unterschwellige Er:YAG-Laserpulse erzeugt werden. (Aus Steiner 2013b)

Nekrosezone im Weichgewebe zu modulieren. Der normale gepulste Betrieb des Lasers erzeugt kaum eine thermische Nekrose und deshalb kann nicht durch Koagulation Blutung gestillt werden. Der Vorteil ist ein schneller Heilprozess mit minimaler Narbenbildung. Für präzise oberflächliche chirurgische Eingriffe wäre es jedoch hilfreich, wenn der Er:YAG-Laser auch koagulieren und Blutungen stillen könnte. Dies ist möglich, wenn zwischen den Ablationspulsen mit höherer Repetitionsrate unterschwellige Laserpulse appliziert werden. Die Energie solcher Pulse reicht für die Ablation nicht aus, wird aber in Wärme umgesetzt. Diese Wärme verursacht eine thermische Nekrose. Die Breite der Nekrosezone kann durch die Anzahl der unterschweligen Pulse moduliert werden. Einige Er:YAG-Lasersysteme haben solche Betriebsmodi

eingebaut, die für mikrochirurgische Anwendungen sehr geschätzt werden.

In ■ Abb. 5.36 ist die Aufaddition des Wärmeeffekts durch unterschwellige Laserpulse dargestellt. Gewisse Temperaturniveaus, die Nekrosezonen verursachen, können aufrechterhalten werden.

Eine gute Zusammenfassung und Übersicht der Laser-Gewebe-Interaktionen ist in der ■ Abb. 5.37 gegeben. Hier wurde die Dauer der Laserpulse für verschiedene Lasertypen gegen die Eindringtiefe in biologisches Gewebe aufgelistet. Die Flächen sind markiert für normale thermische Reaktionen (»thermal confinement«) – die Pulsdauer ist kürzer als die thermische Diffusionslänge oder thermische Relaxationszeit – und »stress confinement« für ultrakurze Laserpulse.



■ **Abb. 5.37** Einteilung der Lasertypen entsprechend ihrer Reaktionsmechanismen nach Pulsdauer und optischer Eindringtiefe. (Aus Steiner 2013b)

■ Fraktionierte Gewebeablation

Der fraktionierte Laserstrahl erzeugt durch Ablation eine Matrix von kleinen Löchern in der Haut, die bis zur Dermis reichen. Dadurch werden Wundheilungsprozesse angeregt, ohne die Haut großflächig abzutragen, wie es bei »skin resurfacing« (Hautstraffung) anfangs der Fall war. Der Vorteil dieser sog. Fraxel-Laserbehandlung sind schnellere Heilung und geringere Nebenwirkungen bei ähnlichem Effekt. Handstücke mit fraktionierter Laserstrahlung gibt es für Er:YAG- und CO₂-Laser. Ein Vergleich zeigen die ■ Abb. 5.38 und ■ Abb. 5.39.

In ■ Abb. 5.38a sind die gerasterten kleinen Ablationslöcher durch einen Er:YAG-Laser zu sehen. Die Hautoberfläche ist durch den Eingriff leicht gerötet. ■ Abb. 5.38b und c zeigen mikroskopisch die feinen Kanäle, die in 2,18 Tagen noch histologisch dargestellt sind. Die Abmessungen betragen 0,28 mm im Durchmesser und 0,3 mm Tiefe. Die Nekrosezone umfasst 15 μm und

ist kleiner als beim CO₂-Laser (■ Abb. 5.38d). Die Kanäle reichen bis in die Dermis und regen neben den Heilprozess die Neubildung von Kollagen an, was zu einer Straffung der Haut führt.

Der Vergleich einer Fraxel-Laserbehandlung mit dem CO₂-Laser ist in ■ Abb. 5.39 zu sehen. Die Ablationstiefe ist hier etwas geringer, die Nekrosezone jedoch breiter. Deshalb ist die Heilung gegenüber der Er:YAG-Laserbehandlung etwas verzögert.

5.8.4 Photodisruption

Fokussierte Laserpulse im Nanosekundenbereich (z. B. Q-switch-Nd:YAG-Laser), mit Pikosekunden-, ps, oder Femtosekunden-(fs)-Pulsdauer (Ti:Saphir-Laser) erzeugen Leistungsdichten von 10^{12} W/cm² und mehr. Die elektrische Feldstärke dieser fokussierten Strahlung ist stark

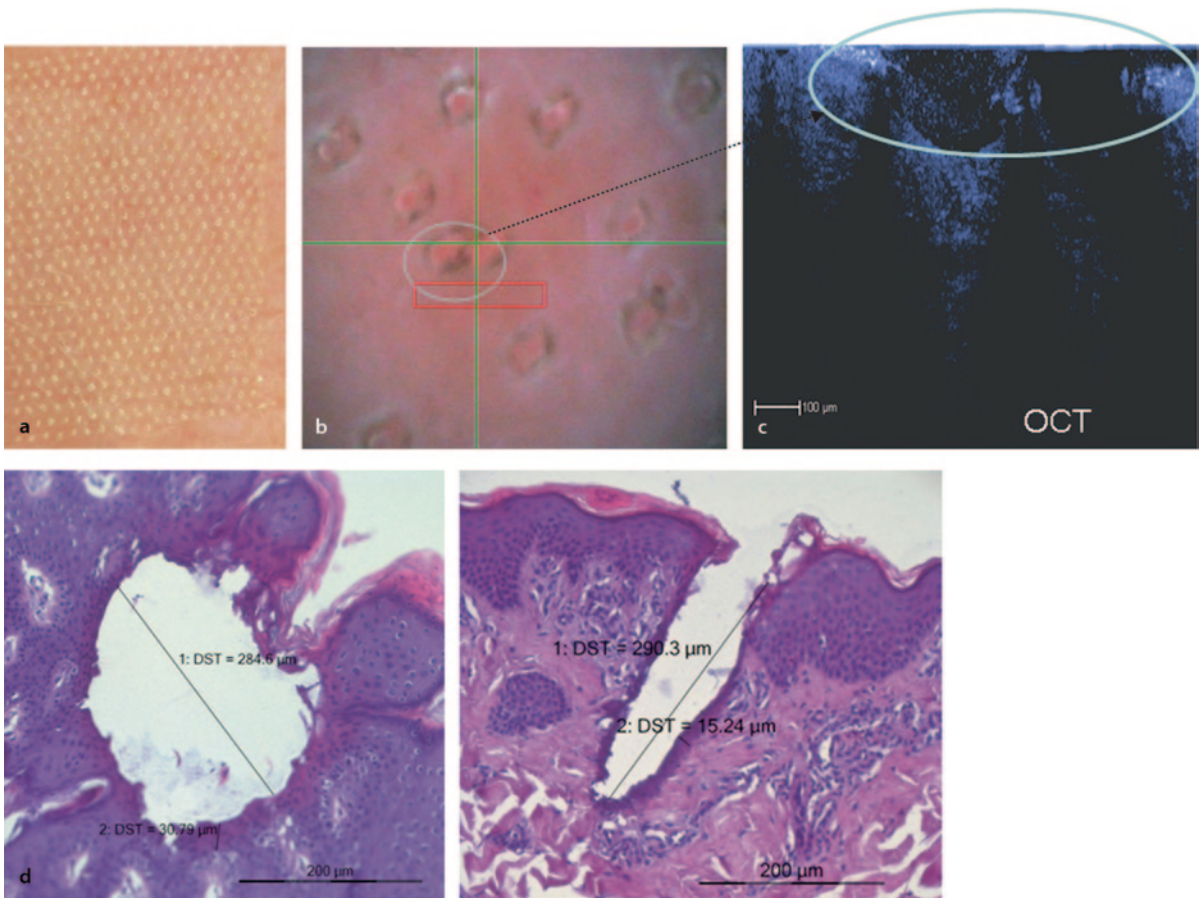


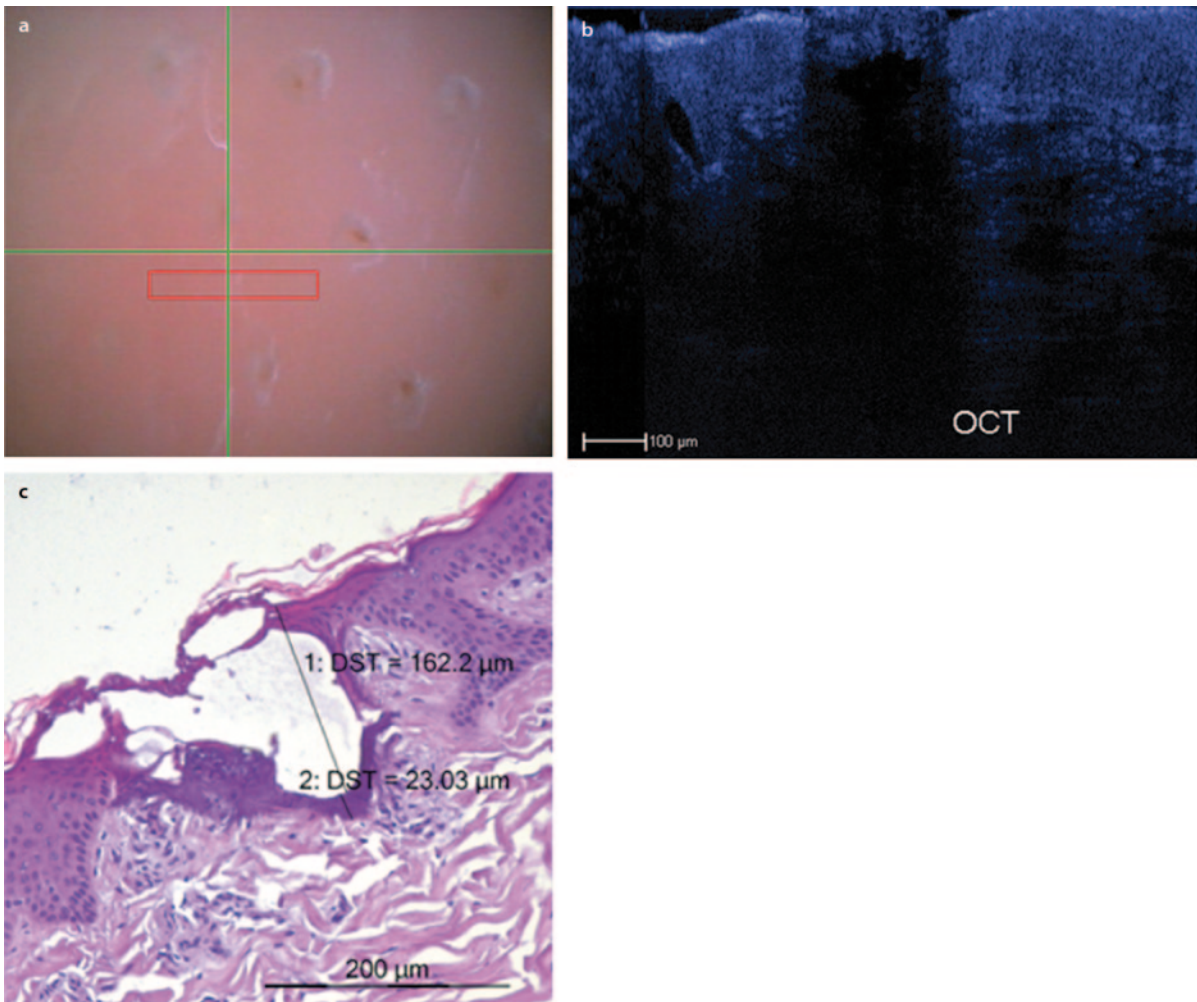
Abb. 5.38 Fraxel-Laseranwendung mit dem Er:YAG-Laser. **a** Rasterdarstellung der kleinen Ablationslöcher, **b** mikroskopische Darstellung der Löcher und **c** eine OCT-Aufnahme der Lochstruktur (OCT Optische Kohärenztomographie). Die Histologie in **d** gibt Aufschluss über die Dimensionen der Lochstruktur mit 0,28 mm Durchmesser und 0,3 mm Ablationstiefe

genug, um Elektronen aus den Atomen zu reißen, ein Plasma zu bilden und einen optischen Durchbruch mit Schockwellen zu erzeugen, die das Gewebe zerreißen. Der Prozess dieser photomechanischen Reaktion wird im Detail in Vogel u. Venugopalan (2003) und Boulnois (1986) beschrieben.

Oberhalb einer Lichtintensität von 10^{11} W/cm² findet eine erhöhte und nichtlineare Absorption des Lichtes statt, die von einem hellen Lichtblitz und einem akustischen Knall begleitet ist – ein optischer Durchbruch mit Plasmabildung entsteht. Multiphotonenabsorption ist verantwortlich für die Ionisation der Atome. Der Effekt ist intensitätsabhängig und skaliert mit I^4 . Die freien Elektronen werden in dem starken elektromagnetischen Feld beschleunigt (inverse Bremsstrahlung), und durch

Stoßionisation werden Sekundärelektronen erzeugt (Avalanche-Effekt, **Abb. 5.40**). Die aufgeheizten Elektronen und Ionen bilden das Plasma von 15 000–20 000 °K und erzeugen einen Druck von 20–60 bar. Es folgt eine Kavitationsblase aus Wasserdampf, deren Dimension von der Pulsenergie und der -dauer abhängt. Je kürzer der Puls, desto geringer kann die Energie sein, um einen optischen Durchbruch zu erzeugen. Somit wird auch die Kavitationsblase kleiner, und Nebeneffekte werden reduziert.

Die Länge des von einem fokussierten Gauß-Strahl erzeugten Plasmas, Z_{\max} , hängt von der Rayleigh-Länge des Fokus, Z_R , und der Relation der Pulsintensität zur Schwellenintensität, I_0/I_{th} , für einen optischen Durchbruch ab.



■ **Abb. 5.39** Fraxel-Laserbehandlung mit dem CO₂-Laser. **a, b** Die mikroskopische Darstellung zeigt die gerasterte Lochstruktur und das OCT-Bild, wobei der abgedeckte Kanal einen deutlichen Schatten hinterlässt. In **c** ist ein histologischer Schnitt dargestellt

$$\text{Plasmalänge: } Z_{\max} = Z_R \left(\frac{I_0}{I_{th}} - 1 \right)^{\frac{1}{2}},$$

wobei Z_R die Rayleigh-Länge ist, $Z_R = \frac{\pi \omega_0^2}{\lambda}$, mit der Strahltaile ω_0 und der Wellenlänge λ im Medium, korrigiert mit dem Brechungsindex.

Das Beispiel in ■ Abb. 5.41 ist mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommen und aus Ihler (1992) übernommen. Es zeigt die Reaktion eines ps-Laserpulses auf einen Gallenstein. Der Laserpuls wird durch eine Faser zum Stein transmittiert. Die Plasmaentwicklung und

die Kavitationsblase sind deutlich zu sehen. Die Kavitationsblase erreicht ihre maximale Ausdehnung nach etwa 300 µs, dann kollabiert sie und ein multipler Rebound-Effekt lässt die Kavitationsblase ausschwingen.

Medizinische Applikationen von ultrakurzen Laserpulsen (100 fs, Ti:Saphir-Laser) werden in der Ophthalmologie zum Schneiden von »flaps« aus der Hornhaut zur Korrektur der Fehlsichtigkeit durchgeführt. Der Abtrag von Weich- und Hartgewebe kann sehr präzise durchgeführt werden, aber die Effizienz ist nicht sehr hoch. In der Mikroskopie und Gewebediagnostik wird die Multiphotonenabsorption zur Fluoreszenzanregung dagegen sehr häufig und mit Erfolg eingesetzt.

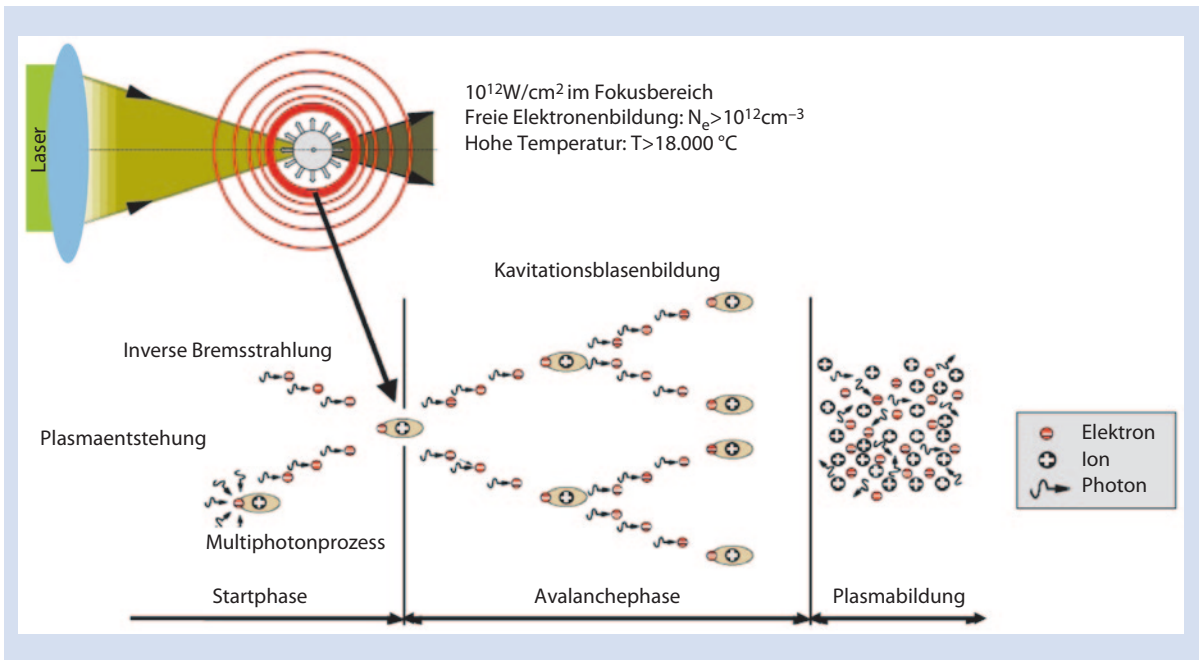


Abb. 5.40 Schematische Darstellung des Prozesses für einen optischen Durchbruch, der von einem ultrakurzen Laserpuls erzeugt wird. (Aus Steiner 2013b)

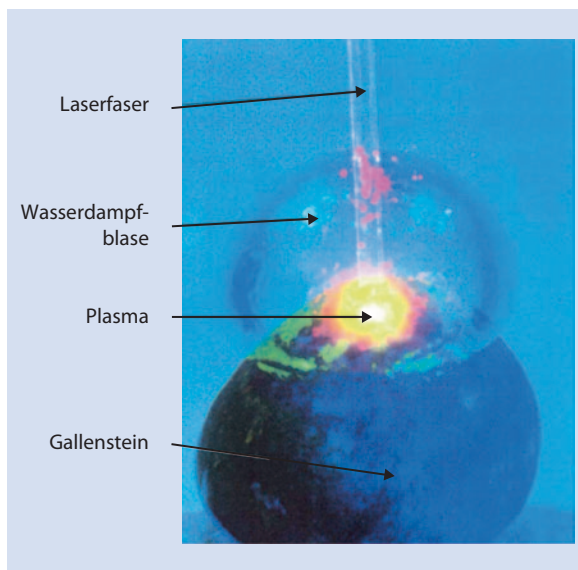


Abb. 5.41 Bild eines optischen Durchbruchs mit Plasma und Kavitationsblase. (Aus Ihler 1992; mit frdl. Genehmigung)

Literatur

- Anderson RR, Parish JA (1983) Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 220: 524–527
- Anderson RR, Margolis RJ, Watanabe S, Flotte T, Hruza GJ, Dover JS (1989) Selective Photothermolysis of Cutaneous Pigmmentation

- by Q-switched Nd:YAG Laser Pulses at 1064, 532 and 355 nm. *J Invest Dermatol* 93: 28–32
- Beaulieu AJ (1970) Transversely Excited Atmospheric Pressure CO₂ Lasers. *Appl Phys Lett* 16: 504–505
- Boulnois JL (1986) Photophysical processes in recent medical laser developments: a review. *Lasers Med Sci* 1: 47–66
- Cammarata F, Wautelety M (1999) Medical lasers and laser-tissue interactions. *Phys Educ* 34: 156–161
- Diels JC, Rudolph W (2006) *Ultrashort Laser Pulse Phenomena*. Academic Press
- Einstein A (1917) Zur Quantentheorie der Strahlung. *Physik Zeitschr* 18: 121–128
- Gao X, Xing D (2009) Molecular mechanisms of cell proliferation induced by low power laser irradiation. *J Biomed Sci* 16: 4
- Hall RN, Fenner GE, Kingsley JD, Soltys TJ, Carlson RO (1962) Coherent Light Emission From GaAs Junctions. *Physical Review Letters* 9: 366–369
- Hawkins-Evans D, Abrahamse H (2009) A review of laboratory-based methods to investigate second messengers in low-level laser therapy (LLLT). *Medical Laser Application* 24: 201–215
- Hibst R (1997) Technik, Wirkungsweise und medizinische Anwendungen von Holmium- und Erbium-Laser. In: Müller GJ, Berlien HP (Hrsg) *Fortschritte der Lasermedizin* 15. ecomed, Landsberg
- Hoffmann RM (2003) Laser Prostatectomy versus Transurethral Resection for Treating Benign Prostatic Obstruction: A Systematic Review. *J Urol* 169: 210–215
- Ihler B (1992) *Laser Lithotripsie-Untersuchung der in-vitro Fragmentierung mit Mikrosekunden-Impulsen*. Dissertation, Universität Karlsruhe
- Ivanenko MM, Hering P (1998) Wet bone ablation with mechanically Q-switched high-repetition-rate CO₂ laser. *Appl Phys B* 67: 395–397
- Jacques S (1993) The role of tissue optics and pulse duration during high-power laser irradiation. *Applied Optics* 32: 2447–2454

- Karu TI (2003) Low-power laser therapy. In: Vo-Dinh T (Hrsg) Biomedical photonics handbook. CRC Press London, S 48–250
- Maiman TH (1960) Stimulated optical radiation in ruby. *Nature* 187: 493–494
- Maiman TH (2000) The Laser Odyssey. Laser Press, Blaine, WA, USA
- Manstein D, Herron GS, Sink RK, Tanner H, Anderson RR (2004) Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers Surg Med* 34(5): 426–438
- Naeser MA, Hamblin MR (2011) Potential for Transcranial Laser or LED Therapy to Treat Stroke, Traumatic Brain Injury, and Neurodegenerative Disease. *Photomed Laser Surg* 29(7): 443–446
- Pearle MS, Drach GW, Roehrborn CG (1998) Safety and efficacy of the alexandrite laser for the treatment of renal and ureteral calculi. *Urology* 51: 33–38
- Pollack SA, Chang DB (1988) Ion-pair upconversion pumped laser emission in Er^{3+} ions in YAG, YLF, SrF_2 and CaF_2 crystals. *J Appl Phys* 64: 2885–2893
- Pollnau M, Jackson SD (2001) Erbium 3- μm Fiber Lasers. *IEEE* 7: 30–40
- Raulin C, Karsai S (2013) *Lasertherapie der Haut*. Springer, Berlin, S 3–39
- Romero LF, Trelles O, Trelles MA (2006) Real-Time Simulation for Laser-Tissue Interaction Model. *NIC Series* 33: 415–422
- Saleh BEA, Teich MC (2007) *Fundamentals of Photonics* (Wiley Series in Pure and Applied Optics). Wiley
- Schawlow AL, Townes CH (1958) Infrared and Optical Masers. *Phys Rev* 112: 1940–1949
- Steiner R (1994) Thermal and Non-Thermal Laser-Dissection. *End Surg* 2: 214–220
- Steiner R (2003) Interactions of Laser Radiation with Biological Tissue. In: Berlien HP, Müller GJ (Hrsg) *Applied Laser Medicine*. Springer, Berlin, S 101–106
- Steiner R (2013a) Grundlagen der Laserphysik. In: Raulin C, Karsai S (Hrsg) *Lasertherapie der Haut*. Springer, Berlin, S 3–23
- Steiner R (2013b) Laser-Gewebe-Wechselwirkungen. In: Raulin C, Karsai S (Hrsg) *Lasertherapie der Haut*. Springer, Berlin, S 25–39
- Steiner R, Melnik IS, Kienle A (1993) Light penetration in human skin: in-vivo measurements using isotropic detectors. *SPIE* 1881: 222–230
- Temelkuran B, Hart SD, Benoit G, Joannopoulos JD, Fink Y (2002) Wavelength-scalable hollow optical fibers with large photonic bandgaps for CO_2 laser transmission. *Nature* 420: 650–653
- Thomsen S (1991) Pathologic analysis of photothermal and photo-mechanical effects of laser-tissue interactions. *Photochem Photobiol* 53: 825–835
- Townes CH (2007) Obituary Theodore H. Maiman (1927–2007). Maker of the first laser. *Nature* 447: 654
- Vogel A, Venugopalan V (2003) Mechanisms of Pulsed Laser Ablation of Biological Tissues. *Chem Rev* 103: 577–644
- Wang L, Jacques SL, Zheng L (1995) MCML – Monte Carlo modeling of light transport in multi-layered tissues. *Computer Methods & Programs in Biomedicine* 47: 131–146
- Wendt-Nordahl G, Hucklele S, Honeck P et al. (2008) Systematic Evaluation of a Recent Introduced 2- μm Continuous-Wave Thulium Laser for Vaporesection of the Prostate. *J Endourol* 22: 1041–1046
- Wikipedia «Laguerre-gaussian» (2014) ► <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Laguerre-gaussian.png>. Zugriffen: 03.04.2014
- Elhilali M, Elzayat EA (2008) Laser Prostatic Surgery: An Update. *African J Urol*: 1–14
- Frank F, Wondrazek F (2003) Erbium:YAG-Laser. In: Berlien HP, Müller GJ (2003) *Applied Laser Medicine*. Springer, Berlin
- Gross H (2005/2006/2008) *Handbook of Optical systems*. Vol. 1 + 4, Wiley
- Hecht J (1992) *Laser Pioneers*. Academic Press
- Heney LG, Greenstein JL (1941) Diffuse radiation in the galaxy. *Astrophysics Journal* 93: 70–83
- Johnson DE (1992) Use of the Holmium:YAG Laser in Urology. *Lasers in Surgery and Medicine* 12: 353–363
- Moulton PF (1986) Spectroscopic and laser characterisation of $\text{Ti:Al}_2\text{O}_3$. *J Opt Soc Am B* 3: 125–133
- Nair LG (1982) Dye Lasers. *Prog Quantum Electron* 7: 153–268
- Riehle F (2004) *Frequency Standards – Basics and Applications*. Wiley-VCH, Weinheim

Weiterführende Literatur

- Basov NG, Danilychev VA, Popov YM (1971) Stimulated emission in the vacuum ultraviolet region. *Sov J Quantum Electron* 1: 18–22
- Demtröder W (2006) *Atoms, Molecules and Photons*. Springer, Berlin

Laserklinik

- | | |
|-------------------|---|
| Kapitel 6 | Expertenkonsens in der Ästhetischen Lasermedizin – 79
<i>S. Hammes, H.-R. Metelmann</i> |
| Kapitel 7 | Falten, Narben und Keloide – 87
<i>U. Paasch</i> |
| Kapitel 8 | Behandlung benigner Tumoren und organoider Naevi – 103
<i>S. Hammes</i> |
| Kapitel 9 | Facial Rejuvenation – 123
<i>U. Westermann</i> |
| Kapitel 10 | Facelift – 135
<i>W. Funk, F. Podmelle</i> |
| Kapitel 11 | Blepharoplastik – 147
<i>F. Podmelle, U. Westermann</i> |
| Kapitel 12 | Tätowierungen – 153
<i>S. Hammes</i> |
| Kapitel 13 | Bodycontouring, Laserlipolyse und Liposuktion – 157
<i>B. Sommer</i> |
| Kapitel 14 | Wundbehandlung – 167
<i>G. Daeschlein, C. F. Müller-Debus</i> |
| Kapitel 15 | Zahnmedizinische Ästhetik – 179
<i>G. Bach, W. Sümnick</i> |
| Kapitel 16 | Kühltechniken – 189
<i>S. Hammes</i> |

Expertenkonsens in der Ästhetischen Lasermedizin

S. Hammes, H.-R. Metelmann

6.1 Einführung – 80

6.2 Expertenkonsens dermatologisch-ästhetischer Laserindikationen – 80

- 6.2.1 Benigne pigmentierte Hautveränderungen – 80
- 6.2.2 Dyschromien – 80
- 6.2.3 Entzündliche Dermatosen und Erkrankungen des Bindegewebes – 81
- 6.2.4 Photoepilation – 81
- 6.2.5 Vaskuläre Hautveränderungen – 81
- 6.2.6 Virale Hautveränderungen – 81

6.3 Expertenkonsens in der ästhetisch-chirurgischen Laseranwendung – 81

- 6.3.1 Nasenmuschelreduktion – 81
- 6.3.2 Lokaltherapie chronischer Wunden – 82

6.4 Expertenkonsens gemeinsamer Laserindikationen – 82

- 6.4.1 Therapie von Falten und Aknenarben sowie Facial Rejuvenation – 82
- 6.4.2 Entfernung benigner Tumoren und organoide Naevi – 82
- 6.4.3 Laserassistierte Liposuktion (Laserlipolyse) – 83

Literatur – 83

6.1 Einführung

Auch wenn Ästhetische Chirurgen ihr Tun oft als ärztliche Kunst bezeichnen, muss es doch den Ansprüchen an eine Heilkunde – Kunde als niedrigste Stufe der Wissenschaften – Stand halten können. Die Frage lautet: Wie viel Wissenschaft steckt in der Ästhetischen Medizin? Diese Frage ist wichtig, weil die Entscheidung für Laser oder Skalpell in der Hand des Plastischen Chirurgen, HNO-Arzt oder MKG-Chirurgen auf wissenschaftliche Grundlagen gestellt werden sollte.

Was gut und richtig für einen Patienten und seine Behandlung ist, wurde vorzeiten vom Charisma des Arztes bestimmt. Mit dem Aufkommen von wissenschaftlichen Fachgesellschaften trat der Konsens der Experten an die Stelle der Einzelmeinung. Erst vor wenigen Jahrzehnten kam die Forderung nach »evidence based medicine« auf und wurde in Studienzentren kleinschrittig verwirklicht. Heute gewinnt dazu der Aspekt der Nutzenabwägung ärztlicher Maßnahmen immer mehr an Bedeutung: das Abwägen des Benefits für den Patienten im Verhältnis zu seinen Risiken und Belastungen und mit dem Blick auf den wirtschaftlichen Aufwand für das Gesundheitssystem und den Einzelnen.

Die Ästhetische Chirurgie findet sich in diesen aktuellen Nutzenabwägungen wieder: Laseranwendung ist bei vielen Eingriffen mit weniger Kosten, Risiken und auch weniger schweren Komplikationsmöglichkeiten verbunden als eine konventionelle Operation. An der Ausbreitung der »evidence based medicine« hat die Ästhetische Chirurgie allerdings bislang wenig Anteil. Wissenschaft in der Ästhetischen Medizin bedeutet zumeist konsentierter Expertenausspruch, und was wissenschaftliche Grundlagen bei den lasermedizinischen Indikationen in der Ästhetischen Chirurgie betrifft, beruhen sie vorwiegend auf Studien und fast ausschließlich auf dem Konsens dermatologischer Expertengruppen.

6.2 Expertenkonsens dermatologisch-ästhetischer Laserindikationen

Wenn sich Dermatologen für das Präparieren mit einem Laserinstrument entscheiden, lassen sie sich leiten von

- den Empfehlungen der Deutschen Dermatologischen Lasergesellschaft (DDL) (Bahmer et al. 2008),
- dem Gegenstandskatalog des Aufbaustudienganges Diploma in Aesthetic Laser Medicine (D.A.L.M.) der Universität Greifswald (Hammes 2011),
- den Leitlinien der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft (DDG, ► <http://www.derma.de/de/ddg/>) und

- der Deutschen Dermatologischen Akademie (DDA, ► <http://www.akademie-dda.de>).

Nachfolgend sind die wichtigsten Indikationen aufgeführt, die v. a. von Dermatologen behandelt werden und für Chirurgen nur untergeordnete Bedeutung haben oder chirurgisch gar nicht zugänglich sind (Hammes 2011).

6.2.1 Benigne pigmentierte Hautveränderungen

Indikationen wie Becker-Naevus, Lentigo benigna (Altersflecken), postinflammatorische Hyperpigmentierungen können in erster Linie mit dem gütegeschalteten Rubin- und Alexandritlaser behandelt werden (Raulin et al. 1996, 1998). Lentigines benignae lassen sich in 1–2 Sitzungen entfernen. Beim Becker-Naevus muss für einen Epilationseffekt die Therapie durch langgepulste Photoepilationslaser ergänzt werden. Die Rezidivrate ist insgesamt hoch. Ebenfalls bei Café-au-lait-Flecken und dem Chloasma (Hammes u. Raulin 2005).

6.2.2 Dyschromien

Hierunter werden Schmucktätowierungen, Permanent Make-up und Schmutztätowierungen (Fremdkörpereinsprengungen) subsummiert (Worret et al. 2008). Das Behandlungskonzept ist bei allen identisch. Die besten Wirkungen werden mit gütegeschalteten Lasern erreicht (Impulsdauern im Nanosekundenbereich). Diese kurzen Impulse sind notwendig, um nach dem Prinzip der selektiven Photothermolyse (Anderson u. Parrish 1983) die mikroskopisch kleinen Pigmentansammlungen zerstören zu können. Eine besondere Herausforderung ist die Auswahl des geeigneten Lasers für das jeweilige Pigment. Insbesondere für mehrfarbige Tätowierungen sind mehrere verschiedene Laser notwendig (Hammes et al. 2005). Ideal wäre ein durchstimmbarer Laser, der aber zurzeit noch nicht kommerziell mit ausreichender Leistung verfügbar ist. Die IPL-Technologie ist zur Entfernung von Tätowierungspigmenten nicht geeignet, da die erreichbaren Impulsdauern nicht kurz genug sind und das Emissionsspektrum nicht pigmentspezifisch ist (Pfaffmann et al. 2007).

Für die Therapie eignen sich je nach Farbe der Pigmente der gütegeschaltete Nd:YAG-Laser, der Rubinlaser, der KTP-Nd:YAG-Laser oder der Alexandritlaser. Bei Laientätowierungen sind in der Regel 5–10, bei Profitätowierungen 10–15 Sitzungen notwendig. Die Nebenwirkungen ähneln denen bei der Aufbringung einer Tätowierung. Gelegentlich werden Pigmentstörungen oder Texturän-

derungen nach Therapieende beobachtet. Residuen sind möglich.

6.2.3 Entzündliche Dermatosen und Erkrankungen des Bindegewebes

In dieser heterogenen Gruppe kann bspw. der Farbstofflaser zur Behandlung des Lupus erythematoses (Raulin et al. 1999a) oder der Striae distensae (Hammes et al. 2005, Jiménez et al. 2003) verwendet werden. Die Wirkung beruht wahrscheinlich auf einem immunmodulatorischen Effekt (Karsai et al. 2007b; Roos et al. 2006). Die Psoriasis vulgaris (Asawanonda et al. 2000) und in geringerem Maße die Vitiligo (Greve et al. 2006) sprechen auf eine Therapie mit dem Excimer-Laser oder hochenergetischen UV-Lampen an. Ein neuer Ansatz scheint der Einsatz der fraktionierten Photothermolyse (Manstein et al. 2004) zu sein. Am Beispiel des Granuloma anulare konnte eine gute Wirksamkeit gezeigt werden (Karsai et al. 2008).

6.2.4 Photoepilation

Diese Indikation kann mit langgepulsten Lasern (Alexandritlaser, Diodenlaser, Nd:YAG-Laser) oder der IPL-Technologie effektiv behandelt werden. Neuere Ansätze verwenden Kombinationen aus Licht- und Radiofrequenzanwendungen (Karsai et al. 2009) oder niedrige Energiedichten mit hoher Repetitionsrate (Hammes et al. 2010). Die Impulsdauern orientieren sich an der Dicke der Haare im Sinn der thermokinetischen Selektivität und liegen im Millisekundenbereich. Das Nebenwirkungsspektrum umfasst Rötungen, Ödeme, selten Krusten und noch seltener temporäre Hypopigmentierungen. Es können nur dicke, dunkle Haare effektiv behandelt werden. Die Anzahl der notwendigen Sitzungen liegt bei 7–12.

6.2.5 Vaskuläre Hautveränderungen

Dieses Indikationsgebiet ist sehr vielfältig. Dementsprechend existieren eine Reihe von Lasertypen, die indikationsbezogen eingesetzt werden müssen (Hammes et al. 2009). Für oberflächliche Gefäße wie Teleangiectasien bei der Rosacea teleangiectatica ist der gepulste Farbstofflaser (FPDL) besonders gut geeignet (Raulin et al. 2006). Ebenfalls sehr wirksam ist der langgepulste KTP-Nd:YAG-Laser, der jedoch bei dunkleren Hauttypen wegen der höheren Rate von Hypopigmentierungen nicht eingesetzt werden sollte. Für dickere und/oder tiefere Gefäße können der langgepulste Nd:YAG-Laser oder der Diodenlaser (Roos et al. 2007) zum Einsatz kommen. Ihre Energie wird

zwar nicht so gut vom oxygenierten Hämoglobin absorbiert wie die der anderen Lasertypen, sie haben jedoch eine größere Eindringtiefe und können wegen der geringeren Melaninabsorption auch bei dunkleren Hauttypen oder gebräunter Haut eingesetzt werden. Weitere Indikationen sind Naevus flammeus (Feuermale), Hämangiome (Blutschwämmchen), senile Angiome und Couperose. Der früher häufig verwendete Argonlaser ist aufgrund des hohen Narbenrisikos keine zeitgemäße Option mehr. Für elevierte benigne vaskuläre Tumoren kann der CO₂-Laser eingesetzt werden, da diese mit den gewöhnlichen Gefäßlasern oft nicht befriedigend behandelbar sind (Raulin et al. 2002).

6.2.6 Virale Hautveränderungen

Bei Condylomata acuminata, Mollusca contagiosa und Verrucae vulgares kommen im Wesentlichen zwei Therapieansätze zur Anwendung: Zum einen können die Hautveränderungen mit abtragenden Lasersystemen entfernt werden. Hierbei ist die Verwendung einer Absaugvorrichtung essenziell zur Reduktion der aerogenen Kontamination. Zum anderen wird der gepulste Farbstofflaser mit gutem Erfolg angesichts seiner immunmodulatorischen Wirkung eingesetzt (Hammes et al. 2001b; Ockenfels u. Hammes 2008; Schellhaas et al. 2008).

6.3 Expertenkonsens in der ästhetisch-chirurgischen Laseranwendung

Wenn sich Chirurgen für das Präparieren mit einem Laserinstrument entscheiden, finden sie beim gewohnten Blick in die Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF) nur wenig Rat, und zwar zur Nasenchirurgie und für die Lokaltherapie chronischer Wunden.

6.3.1 Nasenmuschelreduktion

Die Hals-Nasen-Ohren-Ärzte haben federführend gemeinsam mit den Mund-Kiefer-Gesichts-Chirurgen und den Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgen eine Leitlinie zur Therapie der Formstörungen der inneren und/oder äußeren Nase mit funktioneller und/oder relevanter ästhetischer Beeinträchtigung (AWMF 2010) formuliert auf der Entwicklungsstufe 2 k, also konsensual. Ablative Laser finden danach in der Chirurgie der Nase ihren Platz bei der Nasenmuschelreduktion, insbesondere zur submukösen Koagulation. Es wird darauf hingewiesen, dass solche transmukösen Verfahren flächige

Schleimhautnarben hinterlassen können mit der Folge von Durchblutungsstörungen und Beeinträchtigungen des mukoziliaren Transports und deshalb nur begrenzt an der kaudalen und lateralen Muschelfläche zum Einsatz kommen sollten (Hol u. Hulzing 2000).

6.3.2 Lokalthherapie chronischer Wunden

Die Deutsche Gesellschaft für Chirurgie und die Deutsche Gesellschaft der Plastischen, Rekonstruktiven und Ästhetischen Chirurgen haben zusammen mit den Dermatologen und unter der Federführung der Deutschen Gesellschaft für Wundheilung und Wundbehandlung eine Leitlinie mit dem höchsten Verbindlichkeitsgrad, S3, herausgebracht zur Lokalthherapie chronischer Wunden bei Patienten mit den Risiken der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit, Diabetes mellitus und der chronischen venösen Insuffizienz. Dabei kommt die Softlasertherapie zur Sprache (AWMF 2012). Ausgewertet wurden Bestrahlungen mit Lasern geringer Leistung (< 500 mW), die im infrarotnahen Spektrum arbeiten. Es wird angenommen, dass die Bestrahlung von Zellen im Rahmen dieser Phototherapie vorteilhaft auf Zellmigration und -proliferation wirken und somit die Wundheilung beeinflussen könnte (Flemming u. Cullum 2000).

6.4 Expertenkonsens gemeinsamer Laserindikationen

6.4.1 Therapie von Falten und Aknenarben sowie Facial Rejuvenation

Goldstandard für die Behandlung von Falten und Aknenarben ist der Einsatz des CO₂- und Er:YAG-Lasers im Sinn eines Resurfacings (Hammes et al. 2001a). Mit diesen Geräten ist eine effektive Reduktion der störenden Hautveränderungen möglich, besonders bei durch Kollagenverlust bedingten Falten (Hammes et al. 2002b). Allerdings entstehen obligat deutliche Krusten, die etwa 5–7 Tage verbleiben und für den Patienten eine Ausfallzeit mit sich bringen (Hammes et al. 2002a).

In den letzten Jahren sind daher Verfahren untersucht worden, die diese Ausfallzeit verkürzen oder vermeiden sollen. Ein früher Ansatz war das sog. Subsurfacing. Ziel war die Erhaltung der Integrität der Epidermis und eine Induktion von subepidermalen Prozessen, bspw. der Kollagenneogenese. Trotz vielfältiger Therapieansätze und Lasergeräte konnte dieser Ansatz bisher nicht überzeugen (Grema et al. 2003). Auch Kombinationstherapien mit

Licht- und Radiofrequenzsystemen wurden mit mäßigem Erfolg angewendet (Hammes et al. 2004, 2006). Eine aktuelle Entwicklung zur Behandlung dieser Indikationsgruppe bildet die fraktionierte Photothermolyse (Manstein et al. 2004). Seit der Erstbeschreibung des Verfahrens im Jahr 2004 sind bereits eine Reihe von praktischen Umsetzungen auf dem Markt erhältlich. Durch multiple Mikrotraumatisierungen soll eine Kollagenneogenese angeregt werden und hierdurch unter möglichst weitgehendem Erhalt der Epidermisintegrität eine Straffung von Falten und eine Glättung von Aknenarben erreicht werden. Die bisherigen Ergebnisse zeigen eine bessere Wirkung als das Subsurfacing, erreichen jedoch in keiner Weise die des konventionellen Resurfacings. Als Vorteil erscheinen die relativ gering ausgeprägten Begleiterscheinungen (Ödem und Erythem für einige Stunden bis 2 Tage). In manchen Fällen ist bei Faltenbehandlungen die Kombination einer Lasertherapie mit der Applikation von Botulinumtoxin besser wirksam als eine Monotherapie (Beer u. Waibel 2007; Karsai et al. 2007a).

Je nach Ausprägung der Falten ist jedoch auch ein ggf. zusätzliches chirurgisches Vorgehen von Vorteil, wenn der Elastizitätsverlust einen bestimmten Umfang übersteigt. Ein adjuvantes laserchirurgisches Vorgehen kann in solchen Fällen dennoch von Vorteil sein.

6.4.2 Entfernung benigner Tumoren und organoider Naevi

CO₂- und Er:YAG-Laser mit kontinuierlichem oder gepulstem Energiefluss eignen sich für viele Eingriffe, bei denen blutrockenes Schneiden oder präzise Mikroablation geschätzt werden. Weitere Vorteile dieser Technik sind, dass ein CO₂-Laser wenig Ödem-anregend wirkt, primär aseptisch ist, bei defokussiertem Arbeiten Schorf bildet als natürlichen Wundverband und v. a. immer dann berührungslos schneiden kann, wenn schon das Aufsetzen einer Klinge die Hautkonfiguration als Planungsparameter der Schnittführung verzerren würde.

Mit dem Ausgangsbefund in der Dermatologie gilt dies insbesondere für benigne Tumoren und organoide Naevi, die unter Sicht operiert werden und wo das instrumentelle Erfühlen eines Gewebewiderstands wie bei der Skalpellführung keine Rolle spielt. Ziel ist eine schonende Gewebeabtragung unter größtmöglicher Schonung der Umgebung. Bei korrekter Anwendung sind narben- und hypopigmentierungsfreie Ablationen möglich, die durch konventionelle Chirurgie i. Allg. nicht geleistet werden können (Hammes 2009).

Häufige Indikationen zur Laserablation

- Adenoma sebaceum (Boixeda et al. 1994)
- Birt-Hogg-Dubé-Syndrom (Jakob u. Dover 2001)
- Ekkrines Hydroszystom (Tanzi u. Alster 2001)
- Epidermaler Naevus (Dmosek-Olup u. Vedlin 1997; Hohenleutner u. Landthaler 1993)
- Epithelioma adenoides cysticum (Sajben u. Ross 1999)
- Fibröse Nasenpapil/Angiofibrom (Hoffmann et al. 1993)
- Koenen-Tumoren (Berlin u. Billick 2002)
- Mukoide Dorsalzyste (Karrer et al. 1999)
- Naevus sebaceus (Ashinoff 1993)
- Neurofibrom (Becker 1991; Kardorff 1998)
- Papillomatöser dermaler Naevus (Olbricht 1993; Kaufmann u. Hibst 1996; Hellwig et al. 1998; Hammes et al. 2008)
- Rhinophym (Gjuric u. Rettinger 1993; Bohigian et al. 1988)
- Schleimhautfibrom (Frame 1985a; Luomanen 1992)
- Seborrhoische Keratose (Fitzpatrick et al. 1994; Werner et al. 1996; Raulin et al. 1998)
- Steatocystoma multiplex (Krahenbuhl et al. 1991)
- Syringom (Apfelberg et al. 1987; Castro et al. 1993; Riedel et al. 1998)
- Talgdrüsenhyperplasie (Schönermark et al. 1997; Gonzalez et al. 1999)
- Traumatische Schleimzyste (Frame 1985b)
- Xanthelasma palpebrarum (Drosner u. Vogt 1991; Raulin et al. 1996; Schönermark et al. 1996)
- Zungenpapillom (Nammour u. Dourov 1992)

Im Einzelfall kann bei der traumatischen Schleimzyste die chirurgische Abtragung von Vorteil sein, weil danach Rezidive weit weniger wahrscheinlich sind als bei der alleinigen laserchirurgischen Abtragung.

6.4.3 Laserassistierte Liposuktion (Laserlipolyse)

Die interstitielle Anwendung von Lasersonden zum Abbau von Adipozyten (eigentliche Laserlipolyse) wurde durch Blugerman und Schavelzon in den späten 1990er Jahren initiiert (Blugerman 2000; Goldman et al. 2002, 2003). Der Ansatz dabei war, dass das Fettgewebe durch die Laserenergie »geschmolzen« werden sollte, um es besser chirurgisch absaugbar zu machen. Sie setzten hierzu einen 1 064-nm-Nd:YAG-Laser sowie einen Diodenlaser ein.

Folgende prinzipielle Einsatzmöglichkeiten der Laserlipolyse sind möglich:

- Reine Laserlipolyse ohne begleitende Absaugung kann bei kleinen umschriebenen Regionen versucht werden, wie z. B. dem Kinn. Hier kann der kleine Behandlungsradius der Laserenergie in Kombination mit dem Straffungseffekt ausreichend sein. Der im geringen Umfang anfallende Zelldebris wird vom Körper »entsorgt«.
- Vorbehandlung des Gewebes durch Laserlipolyse mit anschließender Absaugung des Zelldebris durch konventionelle Liposuktion, z. B. als Vorbereitung bei stark fibrösen Arealen.
- Nachbehandlung einer abgesaugten Region zum »Feintuning« und um den gewebestraffenden sowie gefäßkoagulierenden Effekt vor Abschluss des Eingriffs zu nutzen.

Literatur

- Anderson RR, Parrish JA (1983) Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 220(4596): 524–527
- Apfelberg DB, Maser MR, Lash H, White H, Cosman B (1987) Superpulsed CO₂ laser treatment of facial syringomas. *Lasers Surg Med* 7: 533–537
- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2010) AWMF-Leitlinien-Register. Nr. 017/070
- Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (2012) AWMF-Leitlinien-Register. Nr. 091/001
- Asawanonda P, Anderson RR, Chang Y, Taylor CR (2000) 308-nm excimer laser for the treatment of psoriasis: a dose-response study. *Arch Dermatol* 136(5): 619–624
- Ashinoff R (1993) Linear nevus sebaceus of Jadassohn treated with the carbon dioxide laser. *Pediatr Dermatol* 10: 189–189
- Bahmer F, Drosner M, Hohenleutner U, Kaufmann R, Kautz G, Kimmig W, Landthaler M, Neumann R, Raulin Ch, Seeber N (2008) Recommendations for medical and aesthetic treatment of the skin using laser or intense pulsed light (IPL) systems. *Medical Laser Application* 23: 105–114
- Becker DW (1991) Use of the carbon dioxide laser in treating multiple cutaneous neurofibromas. *Ann Plast Surg* 26: 582–586
- Beer K, Waibel J (2007) Botulinum toxin type A enhances the outcome of fractional resurfacing of the cheek. *J Drugs Dermatol* 6(11): 1151–1152
- Berlin AL, Billick RC (2002) Use of CO₂ laser in the treatment of periorbital fibromas associated with tuberous sclerosis. *Dermatol Surg* 28(5): 434–436
- Blugerman G (2000) Laser lipolysis for the treatment of localized adiposity and cellulite. Abstracts of World Congress on Liposuction Surgery 2000, Dearborn, USA
- Bohigian RK, Shapshay SM, Hybels RL (1988) Management of rhinophyma with carbon dioxide laser: Lahey Clinic experience. *Lasers Surg Med* 8: 397–401
- Boixeda P, Sanchez-Mirallas E, Azana JM, Arrazola JM, Moreno R, Ledo A (1994) CO₂, argon, and pulsed dye laser treatment of angiofibromas. *J Dermatol Surg Oncol* 20: 808–812
- Castro DJ, Soudant J, Saxton RE (1993) The surgical management of facial syringomas using the superpulsed CO₂-Laser. *J Clin Laser Med Surg* 11: 33–37

- Dmosek-Olup B, Vedlin B (1997) Use of the Er:YAG laser for benign skin disorders. *Lasers Surg Med* 21: 13–19
- Drosner M, Vogt HJ (1991) Xanthelasma palpebrarum. Behandlung mit dem Argonlaser. *Z Hautkr* 67: 144–147
- Fitzpatrick RE, Goldman MP, Ruiz-Esparza J (1994) Clinical advantage of the CO₂ laser superpulsed mode. Treatment of verruca vulgaris, seborrheic keratoses, lentigines, and actinic cheilitis. *Dermatol Surg Oncol* 20: 449–456
- Flemming K, Cullum N (2000) Laser therapy for venous leg ulcers. *Cochrane Database Syst Rev* (2): CD001182
- Frame JW (1985a) Carbon dioxide laser surgery for benign oral lesions. *Br Dent J* 158: 125–128
- Frame JW (1985b) Removal of oral soft tissue pathology with the CO₂ laser. *J Oral Maxillofac Surg* 43: 850–855
- Gjuric M, Rettinger G (1993) Comparison of carbon dioxide laser and electrosurgery in the treatment of rhinophyma. *Rhinology* 31: 37–39
- Goldman A, Schavelzon D, Blugerman G (2002) Laserlipolysis: liposuction using Nd:YAG laser. *Rev Soc Bras Chir Plast* 17: 17–26
- Goldman A, Schavelzon D, Blugerman G (2003) Liposuction using neodymium:yttrium aluminium garnet laser. *Plast Reconstr Surg* 111: 2497
- Gonzalez S, White WM, Rajadhyaksha M, Anderson RR, Gonzalez E (1999) Confocal imaging of sebaceous gland hyperplasia in vivo to assess efficacy and mechanism of pulsed dye laser treatment. *Lasers Surg Med* 25: 8–12
- Grema H, Greve B, Raulin C (2003) Facial Rhytides – Resurfacing or Subsurfacing? A Review. *Lasers Surg Med* 32: 405–412
- Greve B, Raulin C, Fischer E (2006) Excimer-Laser bei Vitiligo – Kritische Wertung eigener retrospektiver Behandlungsergebnisse und Literaturübersicht. *JDDG* (4): 32–40
- Hammes S (2009) Benign Tumors and Organoid Nevi. In: Raulin C, Karsai S (Hrsg) *Laser and IPL Technology in Dermatology and Aesthetic Medicine*. Springer, Heidelberg: 43–59
- Hammes S (2011) Qualitätssicherung in der ästhetischen Medizin durch universitäre Weiterbildung: Diploma in Aesthetic Laser Medicine (DALM). Springer, Heidelberg
- Hammes S, Raulin C (2005) Behandlung bei Chloasma, Striae distensae und Zellulite. *Derm* 11: 408–409
- Hammes S, Grema H, Raulin C (2001a) Lasertherapie bei Falten und Aknenarben. *Kosmetische Medizin* 6: 278–283
- Hammes S, Greve B, Raulin C (2001b) Mollusca contagiosa - Behandlung durch gepulsten Farbstofflaser. *Der Hautarzt* 52: 38–42
- Hammes S, Greve B, Raulin C (2002a) CO₂- und Er:YAG-Laser in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin. *Der Hautarzt* 53(7): 447–455
- Hammes S, Hartschuh W, Raulin C (2002b) Sonnen(-licht) unter dermo(-logischen) Gesichtspunkten. *derm* 3: 23–36
- Hammes S, Greve B, Raulin C (2004) ELOS™-Technologie für die nicht-ablative Faltenbehandlung. *Kosmetische Medizin* 4: 174–176
- Hammes S, Greve B, Raulin C (2005) Tattoo und Piercing: heute in, morgen out - und dann? *Kinderärztliche Praxis* 1: 6–13
- Hammes S, Greve B, Raulin C (2006) Electro-Optical-Synergy (ELOS™)-Technology for non-ablative skin rejuvenation: A preliminary prospective study. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 20(9): 1070–1075
- Hammes S, Raulin C, Karsai S, Bernt R, Ockenfels HM (2008) Management papillomatöser intradermaler Nävi: Laser ja oder nein? Eine Prospektivstudie. *Hautarzt* 59(2): 101–107
- Hammes S, Greve B, Raulin C (2009) Laser- und Lichttherapie von vaskulären Hautveränderungen. *Ästhetische Dermatologie und Kosmetologie* 1: 38–46
- Hammes S, Ockenfels HM, Metelmann HR, Raulin C, Karsai S (2010) Ein neuer Ansatz in der Photoepilation: SHR (Super Hair Removal) im Vergleich mit dem Alexandritlaser. *Der Hautarzt* 61(10): 880–884
- Hellwig S, Petzoldt D, König K, Raulin C (1998) Aktueller Stand der Lasertherapie in der Dermatologie. *Hautarzt* 49: 690–704
- Hoffman SJ, Walsh P, Morelli JG (1993) Treatment of angiofibroma with the pulsed tunable dye laser. *J Am Acad Dermatol* 29: 790–791
- Hohenleutner U, Landthaler M (1993) Laser therapy of verrucous epidermal naevi. *Clin Exp Dermatol* 18: 124–127
- Hol MK, Hulzing EH (2000) Treatment of inferior turbinate pathology: a review and critical evaluation of the different techniques. *Rhinology* 38: 157–166
- Jacob CI, Dover JS (2001) Birt-Hogg-Dube syndrome: treatment of cutaneous manifestations with laser skin resurfacing. *Arch Dermatol* 137(1): 98–99
- Jiménez GP, Flores F, Berman B, Gunja-Smith Z (2003) Treatment of striae rubra and striae alba with the 585-nm pulsed-dye laser. *Dermatol Surg* 29(4): 362–365
- Kardorff B (1998) Neurofibromatose Typ I (Morbus Recklinghausen): Kombinierte Erbium:YAG-Laser- und Exzisionstherapie von kutanen Neurofibromen. *derm* 4: 404–406
- Karrer S, Hohenleutner U, Szeimies RM, Landthaler M (1999) Treatment of digital mucous cysts with a carbon dioxide laser. *Acta Derm Venereol* 79: 224–225
- Karsai S, Adrian R, Hammes S, Thimm J, Raulin C (2007a) A randomized double-blinded study of the effect of Dysport®/Reloxin® and Botox® on forehead wrinkles and EMG activity. *Arch Dermatol* 143(11): 1447–1449
- Karsai S, Roos S, Hammes S, Raulin C (2007b) The pulsed dye laser: What's new in non-vascular lesions? *J Eur Acad Dermatol Venereol* 21: 877–890
- Karsai S, Schmitt L, Raulin C, Hammes S (2009) Combination of short- and long-pulsed mode of electro-optical synergy (ELOS™) technology for photoepilation: A retrospective study with short- and long-term follow-up. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 23(1): 46–51
- Karsai S, Hammes S, Rütten A, Raulin C (2008) Fractional photothermolysis for the treatment of granuloma annulare: a case report. *Lasers Surg Med* 40(5): 319–322
- Kaufmann R, Hibst R (1996) Pulsed Erbium:YAG laser ablation in cutaneous surgery. *Lasers Surg Med* 19: 324–330
- Krahenbuhl A, Eichmann A, Pfaltz M (1991) CO₂ laser therapy for steatocystoma multiplex. *Dermatologica* 183: 294–296
- Luomanen M (1992) Experience with a carbon dioxide laser for removal of benign oral soft-tissue lesions. *Proc Finn Dent Soc* 88: 49–55
- Manstein D, Herron GS, Sink RK, Tanner H, Anderson RR (2004) Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers Surg Med* 34(5): 426–438
- Nammour S, Dourov N (1992) Removal of benign tumors using the CO₂ laser. *J Clin Laser Med Surg* 10: 109–113
- Ockenfels HM, Hammes S (2008) Laser in der Therapie der Warzen. *Der Hautarzt* 59(2): 116–123
- Oilbricht SM (1993) Use of the carbon dioxide laser in dermatologic surgery. A clinically relevant update for 1993. *J Dermatol Surg Oncol* 19: 364–369
- Pfirrmann G, Karsai S, Roos S, Hammes S, Raulin C (2007) Tätowierungsentfernung – State of the Art. *JDDG* 5: 889–897
- Raulin C, Hellwig S, Petzoldt D (1996) Lentigo benigna – Entfernung durch den gütegeschalteten Rubinlaser. *Der Hautarzt* 47: 44–46

- Raulin C, Schönermark MP, Greve B, Werner S (1998) Q-switched ruby laser treatment of tattoos and benign pigmented skin lesions: A critical review. *Ann Plast Surg* 41: 555–565
- Raulin C, Schmidt C, Hellwig S (1999a) Cutaneous Lupus Erythematosus – Treatment with pulsed dye laser. *Br J Dermatol* 141(6): 1046–1050
- Raulin C, Schönermark MP, Werner S, Greve B (1999b) Xanthelasma palpebrarum: treatment with the ultrapulsed CO₂ laser. *Lasers Surg Med* 24: 122–127
- Raulin C, Greve B, Hammes S (2002) The Combined Continuous Wave/Pulsed Carbon Dioxide Laser for Treatment of Pyogenic Granuloma. *Arch Dermatol* 138: 33–37
- Raulin C, Gebert S, Karsai S, Hammes S (2006) Gepulster Farbstofflaser – Aktueller Stand und Aussichten. *HAUT* 2: 65
- Riedel F, Kanafani N, Windberger J, Stein E (1998) Entfernung von Syringomen mit dem Erbium:YAG Laser-System. *Akt Dermatol* 24: 20–22
- Roos S, Karsai S, Hammes S, Boixeda P, Raulin C (2006) Gepulster Farbstofflaser – Einsatzgebiete in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin. *Derm* 12: 1–13
- Roos S, Raulin C, Ockenfels HM, Hammes S (2007) Behandlung von Lippenrandangiomen mit einer Kombination aus Diodenlaser (910 nm) und Radiofrequenzenergie. *Der Hautarzt* 58: 679–683
- Sajben FP, Ross EV (1999) The use of the 1.0 mm handpiece in high energy, pulsed CO₂ laser destruction of facial adnexal tumors. *Dermatol Surg* 25: 41–44
- Schellhaas U, Gerber W, Hammes S, Ockenfels HM (2008) Pulsed Dye Laser Treatment is Effective in the Treatment of Recalcitrant Viral Warts. *Dermatol Surg* 34: 67–72
- Schönermark MP, Raulin C (1996) Treatment of xanthelasma palpebrarum with the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 19: 336–339
- Schönermark MP, Schmidt C, Raulin C (1997) Treatment of sebaceous gland hyperplasia with the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 21: 313–316
- Tanzi E, Alster TS (2001) Pulsed dye laser treatment of multiple eccrine hidrocystomas: a novel approach. *Dermatol Surg* 27: 898–900
- Werner S, Hellwig S, Raulin C (1996) Behandlung seborrhoischer Keratosen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser. *Akt Dermatol*
- Worret WI, Raulin C, Greve B, Hammes S (2008) Piercing, Tätowierungen, Permanent Make-Up. In: Worret WI, Gehring W (Hrsg) *Kosmetische Medizin*, 2. Aufl. Springer, Heidelberg, S 355–368

Weiterführende Literatur

- Ellis DL (1996) Treatment of telangiectasia macularis eruptiva perstans with the 585-nm flashlamp-pumped dye laser. *Dermatol Surg* 22: 33–37
- Landthaler M, Hohenleutner U (1999) Benigne Tumoren. In: Landthaler M, Hohenleutner U (Hrsg) *Lasertherapie in der Dermatologie. Lehrbuch und Atlas*, 1. Aufl. Springer, Berlin, S 97–102

Falten, Narben und Keloide

U. Paasch

7.1 Diagnose Falten – 88

- 7.1.1 Indikationen – 88
- 7.1.2 Praktisches Vorgehen – 88
- 7.1.3 Nachbehandlung – 89
- 7.1.4 Epikrise – 90
- 7.1.5 Fallbeispiel – 90

7.2 Diagnose Narben – 90

- 7.2.1 Indikationen Aknenarben – 90
- 7.2.2 Praktisches Vorgehen – 91
- 7.2.3 Nachbehandlung – 92
- 7.2.4 Epikrise – 92
- 7.2.5 Fallbeispiel – 92
- 7.2.6 Indikationen Hypertrophe Narben – 92
- 7.2.7 Praktisches Vorgehen – 92
- 7.2.8 Nachbehandlung – 93
- 7.2.9 Epikrise – 94
- 7.2.10 Fallbeispiel – 94

7.3 Diagnose Keloide – 94

- 7.3.1 Indikationen Keloide – 94
- 7.3.2 Praktisches Vorgehen – 95
- 7.3.3 Nachbehandlung – 97
- 7.3.4 Epikrise – 97
- 7.3.5 Fallbeispiele – 98

Literaturverzeichnis – 100

7.1 Diagnose Falten

Im Lauf des Lebens altert das größte Organ des Menschen, indem u. a. Falten sichtbar werden. Genetische (intrinsische) und von außen einwirkende (extrinsische) Faktoren bestimmen den Zeitpunkt und das Ausmaß erheblich. Zur extrinsischen Hautalterung tragen UV-Exposition, Rauchen, ionisierende Strahlungen, Alkoholabusus, Mangel- und Fehlernährung, psychischer Stress uvm. bei (Boyd et al. 1999; Helfrich et al. 2007). Bei hellen Hauttypen erscheint die extrinsisch gealterte Haut eher atrophiert, während bei dunkleren Hauttypen im Wesentlichen Verdickungen anzutreffen sind. Asiaten zeigen in der Regel eine Faltenbildung im Gesicht wesentlich später im Leben, als dies bei Kaukasiern der Fall ist. Es finden sich grobe und feine Falten, darunter solche, die den Gesichtsausdruck prägen, eine insgesamt schlaffer wirkende Gesichtshaut, eine solare Elastose, Pigmentierungsstörungen, Teleangiectasien, Ekchymosen und Entzündungen (■ Abb. 7.1) (Wulf et al. 2004). Die Zahl der Haarfollikel, Schweiß- und Talgdrüsen, reduziert sich und damit auch die Funktions- und Kompensationsfähigkeit des Organs. Der Verlust der orthologen Faserstruktur des Bindegewebes ist ein typisches histologisches Merkmal. Obwohl die UV-bedingte Alterung unabhängig vom biologischen Alter auftritt und insbesondere durch ihren Elastizitätsverlust gekennzeichnet ist, wurde der Begriff der senilen Elastose lange verwendet und erst später durch aktinische Elastose ersetzt (Kligman 1969), da insbesondere mit der Entwicklung der Mikroskopie die besondere Schädigung elastischer Fasern nachweisbar war (Gillman et al. 1955). Bei stark fragmentierten elastischen Fasern finden sich gelegentlich sog. aktinische Granulome (■ Abb. 7.2).

7.1.1 Indikationen

Faltige Altershaut ist seit der Einführung der fraktionierten Laser eine geeignete Indikation, wenn der richtige Faltenyp ausgewählt und das gewünschte Maß der Reduktion in Relation zu den Möglichkeiten gehalten wird. In allererster Linie kann die nichtmyogen induzierte, extrinsisch gealterte Haut adressiert werden (■ Abb. 7.3).

Das Konzept der fraktionierten Laser besteht beinahe seit 10 Jahren und wurde mit großem Erfolg in die Ästhetik eingeführt (Manstein et al. 2004). Es gilt, dass fraktionierte Laser heute Standardlaser sind (Grunewald et al. 2010). Das Konzept ist zukunftsorientiert und bei Weitem noch nicht vollständig ausgereizt. Grundpfeiler der Wirkung ist die Möglichkeit, bei fraktionierter Hautablation von unter 50 % der Hautoberfläche eine narbenfreie thermomechanische Induktion der kutanen Neogenese sicherzustellen. Voraussetzung ist, dass die Einzelläsionen nicht größer als

ca. 0,3 mm im Durchmesser sind. Dieses Regenerationspotenzial der Haut variiert natürlich von Patient zu Patient und muss in Relation zur Intensität der geplanten Lasertherapie gebracht werden.

Die Kombination mit einer Botulinumtoxin-A-Therapie (BTX) und mit Fillern ist ideal, um das kosmetische Ergebnis zu perfektionieren. BTX, 10–14 Tage vor dem Lasereingriff appliziert, wird durch die Laserintervention nicht in der seiner Wirkung gehemmt, potenziert oder anderweitig moduliert (Semchyshyn u. Kilmer 2005). Die Wundheilung in den myogen inaktiven Hautarealen läuft besser und ungestört ab und erlaubt dem neu gebildeten Kollagen, sich ohne Einwirkung von muskulären Kräften auszuformen.

Fraktionierte Laser zeigen im Wesentlichen dieselben biophysikalischen Interaktionen wie konventionelle Laser gleicher Wellenlänge. Es bestehen aber wichtige Unterschiede im technischen Aufbau und daraus folgernd im Heilungsverlauf. Auch die Unterscheidung in nichtablativ (NAFXL) und ablativ wirkende fraktionierte Systeme (AFXL) ist wichtig, da sie Gemeinsamkeiten und aber auch Spezifika im Aufbau, ihrem Einsatzgebiet und insbesondere der posttherapeutischen Wundheilung auszeichnen. Die Kenntnis der Details ist für einen effizienten und qualitätsgesicherten Einsatz unabdingbar (Paasch et al. 2012).

7.1.2 Praktisches Vorgehen

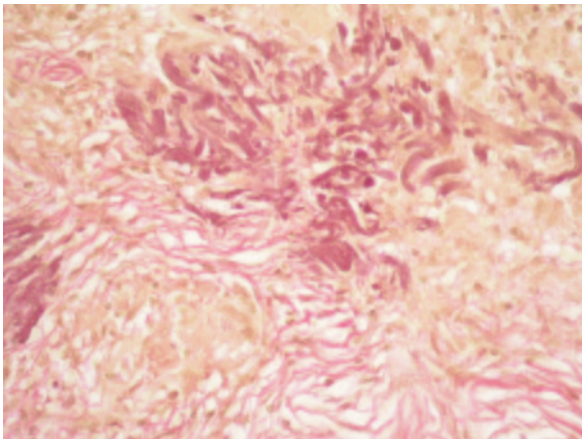
Die Wahl des Verfahrens wird v. a. durch die Ausprägung der Falten, dem gewünschten Maß der Korrektur und der Akzeptanz der Dauer der Abheilung bestimmt.

Die NAFXL ist gut geeignet für wenig ausgeprägte Falten oder besser Fältchen. Nach der derzeit verfügbaren Datenlage sind 3–6 Behandlungen im Abstand von 4 Wochen zu empfehlen.

Tiefe und dynamische Falten können kaum mit gutem Erfolg therapiert werden. Hier bedarf es der AFXL und ggf. der Kombination mit BTX (Doshi u. Alster 2005; Fournier u. Mordon 2005; Goldberg 2000; Hardaway et al. 2002; Menaker et al. 1999; Sadick u. Trelles 2005). In-vivo-Wundheilungsstudien haben gezeigt, dass das Remodeling langsam abläuft und Ergebnisse erst nach Monaten sichtbar werden (Grunewald et al. 2011). Während die ersten 3 Behandlungen den größten Effekt auf die Faltenreduktion zeigen, kann mit bis zu 6 Therapien im Abstand von 4 Wochen ein zunehmender Effekt beobachtet werden. Insgesamt ist im Gesichtsbereich ein besseres Ansprechen als in anderen Regionen zu beobachten (Wanner et al. 2007). Besonders schwierig zu behandeln sind periorale Falten. In diesem speziellen Fall wird das Ergebnis wahrscheinlich nicht die Qualität eines tiefen Resurfacing erreichen können (Bass 2005). Letzteres wurde in

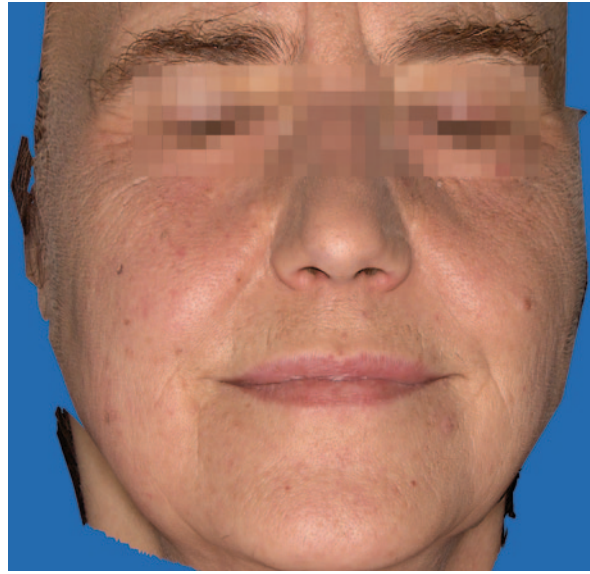


■ **Abb. 7.1** Gealterte Haut des Gesichts. Es finden sich grobe und feine Falten, darunter solche, die den Gesichtsausdruck prägen, eine insgesamt schlaffer wirkende Gesichtshaut, eine solare Elastose, Pigmentierungsstörungen, Teleangiektasien, Ekchymosen und Entzündungen



■ **Abb. 7.2** Aktinisches Granulom in der Elastica-van-Gieson-Färbung. Elastische Fasern (*schwarz*) sind umgeben von mehrkernigen Riesenzellen

der Vergangenheit in Ermangelung fraktionierter Laser quasi als Standard eingesetzt, war jedoch mit einer hohen Rate an Komplikationen und Nebenwirkungen verbunden. Im Zweifel sollten hier von vornherein mehrere Sitzungen einer intensiven AFXL geplant werden.



■ **Abb. 7.3** Mit der Technik der fraktionierten Laser kann die nicht-myogen induzierte, extrinsisch gealterte Haut sehr gut adressiert werden

Die Ausführung einer fraktionierten Lasertherapie sollte unabhängig vom Verfahren (ablativ oder nichtablativ) einem systematischen Ablauf folgen, dessen Inhalt detailliert publiziert ist (Paasch et al. 2012). Im Besonderen sind die Patientenselektion, Aufklärung über die Spezifika und die koordinierte Nachbehandlung wichtig. Das Handling der obligaten Begleiterscheinungen wie Erythem, Blutungen, Krusten und die MEND sollten beherrscht werden (■ Abb. 7.4).

7.1.3 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung kann als ebenso wichtig wie die Vorbereitung des Patienten gesehen werden, wenngleich mit Einführung des Konzepts der fraktionierten Faltenbehandlung sich die Intensität der notwendigen Aktivitäten reduziert hat. Die Konsensempfehlungen aus einem Zeitraum von 36 Monaten an über 500 behandelten Patienten zielen auf die Adhärenz zu einem festgelegten Nachsorgeschema (Grunewald et al. 2012).

Das Nachkühlen angepasst an die Aggressivität der Behandlung ist von höchster Wichtigkeit. Häufig wird dazu eine Gebläsekühlung eingesetzt, aber auch auf 4–6 °C (nicht gefroren) temperierte Kühlakkus oder Masken, die auch den Verdunstungseffekt nutzen (Liquid Ice Mask, Liquid Ice CosMedicals AG, Schweiz), finden Verwendung. Bei der Verwendung von Leitungswasser besteht die Gefahr der Superinfektion (Palm et al. 2010). Aufgrund des Nachweises eines besseren Schussprofils ex vivo sowie der



Abb. 7.4 Die fraktionierte Lasertherapie wird von obligaten Nebenwirkungen wie Erytheme, Blutungen, Krusten sowie MENDs und vielen anderen begleitet. Bei einer AFXL treten die Blutungen neben einem ausgeprägteren Erythem immer dann auf, wenn mit höheren Energien gearbeitet wird

verbesserten klinischen Toleranz wird die On-time-Kühlung (schon während der Laserapplikation) empfohlen (Grunewald et al. 2012).

Zur Linderung des postinterventionell auftretenden Spannungsgefühls der Haut wird ein geeignetes Externum aufgetragen. Ein spezifisches Externum konnte auch im Hinblick auf die temporäre Penetrationserhöhung nicht herausgearbeitet werden (Grunewald et al. 2012). Weiterhin wichtig in der Nachsorge ist das Schmerzmanagement und die HSV-Prophylaxe sowie das Beherrschen der Nebenwirkungen (Paasch et al. 2012).

7.1.4 Epikrise

Zur Therapie der Falten (Tab. 7.1) wird zusammenfassend nach publizierter Evidenz als First-line-Therapie die ablativ-fraktionierte CO₂-Laser-/Erbium-Lasertherapie (Evidenz A) und als Second-line-Therapie die nichtab-

Tab. 7.1 Empfehlungen zur Faltentherapie mit fraktioniert-ablativen Lasern

Therapie	Laser	Evidenz
First line	CO ₂	A
Second line	Er:YSGG/Er:YAG thermoablativ	C
Third line	Er:YAG ablativ	A

lative fraktionierte Lasertherapie (Evidenz C) empfohlen (Paasch et al. 2012).

Für mit diesen Methoden nicht ausreichend adressierbare Fälle sehr ausgeprägter Faltenbildung ist das klassische Resurfacing für geübte Behandler zu empfehlen.

7.1.5 Fallbeispiel

Patientin, 60 Jahre, zunehmende intrinsische und mäßig extrinsische Hautalterung (Raucherin) mit Faltenbildung Glogau III. Die Patientin wünscht keine Applikation von BTX und Fillern. Die Indikation zur AFXL besteht. Nach Aufklärung und Fotodokumentation erfolgt die Lokalanästhesie mit EMLA für 90 min. Die Therapie wurde einmal mit einem fraktionierten CO₂-Laser (Alma-Laser, vormals Quantel-Derma, Erlangen) unter Nutzung von 40 mJ/cm², 1 ms, 250 MAZ, Paintbrush, 1 Pass, On-time-Kühlung und Absaugung durchgeführt. Nachkühlung mit Hydrogel-Kühlpack 5 °C für 10 min, Auftragen von Ungt. Acidi lactici 0,4 % L/W SR, Lichtschutz LSF 50 UVA/UVB für 4 Wochen, HSV Prophylaxe, Wobenzym P und Analgetica bei Bedarf. Wiedervorstellung am Tag 3 post operationem (Abb. 7.5, Abb. 7.6, Abb. 7.7). Bis zu 5 weitere Therapien verbessern den Effekt.

7.2 Diagnose Narben

7.2.1 Indikationen Aknenarben

Aknenarben sind sehr weit verbreitet und mit einem hohen Leidensdruck vergesellschaftet. Mittels Lasertherapie können bei bis zu 80 % der Patienten Strukturverbesserungen mittels NAFXL erreicht werden (Alam u. Dover 2006). Allerdings erfordern deutlicher ausgeprägte Aknenarben meist eine intensivere Therapie unter Verwendung der AFXL. Die ablative fraktionierte Therapie von Aknenarben auf allen Hauttypen ist aufgrund von relativ zahlreichen Studien bereits als gesichert einzustufen. Bei mehr als 2/3 der Patienten kann eine Verbesserung erwartet werden, möglicherweise auch bei älteren Narben. Auch hier gilt, dass mit höherer Energie bessere Ergebnisse zu



■ **Abb.7.5** Klinisches Bild nach einer AFXL am Tag 3 mit Erythem, Schwellung und Externa



■ **Abb. 7.6** Klinisches Bild nach einer AFXL am Tag 10, wo keine weiteren Nebenwirkungen der Therapie sichtbar sind



■ **Abb. 7.7** Klinisches Bild nach einer AFXL am Tag 30 mit sichtbar zufriedener Patientin, die zunächst keine weitere Therapie wünschte

erzielen sind, damit aber auch mehr Nebenwirkungen auftreten. Ausgeprägte Narben sprechen besser an, wenn intensiver und häufiger therapiert wird (Samuthrsindh et al. 2011). Die Kombinationstherapie mit langgepulsten Er:YAG-Lasern hat keinen zusätzlichen Erfolg ergeben (Paasch et al. 2012).

Ist die fraktionierte Lasertherapie nicht einsetzbar und werden rein thermal wirkende Laser verwendet, braucht es längere Zeit, um die gewünschten Effekte zu erzielen (Wagner et al. 2011). Eine sehr sinnvolle Kombination ist die Subzision, wenn starke Vertiefungen vorliegen (Fulchiero Jr. et al. 2004) und insbesondere bei »rolling acne scars« (Jacob et al. 2001). Die »ultima ratio« bleibt das ablativ Resurfacing mit den oben beschriebenen Nachteilen. Gelegentlich bestehen hyperpigmentierte Anteile im Narbengebiet, die bei Nichtansprechen auf fraktionierte Laser mit einem gütegeschalteten Laser therapiert werden können. Selten kann ein Pseudoleukoderm nach klassischem Resurfacing entstehen. Hier empfiehlt sich die Pigmentinduktion mit einem Excimer-Laser, einem 308-nm-Excimer-System oder anderen UV-Quellen.

7.2.2 Praktisches Vorgehen

Der Grad der Vernarbung nach Akne bestimmt die Wahl des Lasersystems und des anzuwendenden Verfahrens. Eine aktive Akne sollte weitestgehend zur Ruhe gebracht

Tab. 7.2 Empfehlungen zur Aknenarbentherapie mit fraktionierten Lasern

Therapie	Laser	Evidenz
First line	Ablative fraktionierte Lasertherapie (CO ₂)	A
Second line	Nichtablative fraktionierte Lasertherapie	A
Third line	Ablative Lasertherapie (Erbium ablativ/thermoablative)	E

werden, wenn nicht anders möglich. Vorsicht ist bei einer parallelen Therapie mit Retinoiden (z. B. 13-cis-Retinsäure), auch topisch appliziert, geboten.

Sind Wünsche des Patienten und therapeutische Möglichkeiten in Übereinstimmung gebracht und alle notwendigen Vorkehrungen des Lasereingriffs getroffen worden, erfolgt im Zielgebiet im Fall der Anwendung fraktionierter Laser die Therapie wie bei Falten, jedoch mit höherer Energie und/oder Intensität (Grunewald et al. 2012). Letzteres bedingt ein sicheres Schmerzmanagement, ggf. sind Nervenblöcke erforderlich.

7.2.3 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung folgt bei Applikation fraktionierter ablativer Laser den Empfehlungen wie bei Falten, jedoch ist mit prolongierten Erythemen, intensivierten MENDs und Krusten zu rechnen. Ebenso werden häufiger und intensiver Schmerzen auftreten. Bewährt hat sich die intensive Nachkühlung auch über längere Zeit zu Hause unter vorherigem Auftrag von z. B. Ungt. zinci oxidati SR oder anderen für die Wundheilung konzipierten Produkten.

7.2.4 Epikrise

Die Empfehlungen zur Therapie der Aknenarben mit fraktionierten Lasern sind in [Tab. 7.2](#) zusammengefasst (Paasch et al. 2012).

7.2.5 Fallbeispiel

Patient 32 Jahre, Aknenarben seit vielen Jahren, wenige inflammatorische Läsionen und Komedonen. Der Patient wünscht eine optische Glättung der Wangenpartien ([Abb. 7.8](#)). Die 3-D-Fotodokumentation (Canfield Vectra M1, Canfield Imaging Systems, USA) erlaubt zusammen mit der Software Mirror die Evaluation der Vaskularisation und Pigmentierung. Damit können Ent-

zündungen und Pigmentstörungen vor dem Eingriff gut abgegrenzt werden.

Die Indikation zur AFXL besteht. Nach Aufklärung und Fotodokumentation erfolgt die Lokalanästhesie mit EMLA für 90 min. Die Therapie wurde mit einem fraktionierten CO₂-Laser (Alma-Laser, vormals Quantel-Derma, Erlangen) unter Nutzung von 60 mJ/cm², 2 ms, 250 MAZ, Paintbrush, 1 Pass, On-time-Kühlung und Absaugung durchgeführt. Nachkühlung mit Hydrogelkühlpack 5 °C für 10 min, Auftragen von Ungt. Acidi lactici 0,4 % L/W SR, Lichtschutz LSF 50 UVA/UVB für 4 Wochen, HSV-Prophylaxe, Wobenzym P und Analgetica bei Bedarf. Wiedervorstellung am Tag 3 post operationem bei Bedarf und Wiederholung der Therapie alle 4 Wochen bis zu 6 Sitzungen ([Abb. 7.9](#)).

7.2.6 Indikationen Hypertrophe Narben

Hypertrophe Narben sind im Gegensatz zu den idealerweise im Hautniveau liegenden Narben aufgeworfen, bleiben aber auf die Fläche der einst verletzten Haut begrenzt und haben keine Tendenz zur Ausbreitung. Hypertrophe Narben sind oft gut vaskularisiert und entstehen häufig nach Verbrennungen ([Abb. 7.10](#)). Auf zellulärer Ebene ist eine t-lymphozytäre Antwort bei pathologischer Narbenbildung nachweisbar (Wagner 2008).

Die Empfehlungen zur Therapie pathologischer Narben sind in den aktuellen Leitlinien festgehalten, wobei die Verwendung von Lasern nunmehr ebenfalls aufgenommen wurde (Nast et al. 2012). Wichtig ist die Unterscheidung zwischen hypertrophen Narben, die sich auch spontan zurückbilden können, und aktiv proliferierenden Keloide. Während sich inaktive Narben mit ablativen Lasern sehr exakt planieren lassen, besteht trotzdem ein sehr hohes Rezidivrisiko, worüber die Patienten aufgeklärt werden sollten. Der praktischen Erfahrung nach ist die Kombination mit Triamcinolon sehr sinnvoll. Alternativ zu den klassischen Injektionen und zur Applikation mit dem Dermojet kann die kristalloide Suspension auch mittels Hydroporation (JetPeel, TavTec, Israel) schnell, homogen und schmerzärmer appliziert werden ([Abb. 7.11](#)).

7.2.7 Praktisches Vorgehen

Idealerweise sind die Narben zur Ruhe gekommen, d. h., es besteht keine Proliferationstendenz. Entsprechend der Ausprägung können die verschiedenen Komponenten wie Erythem, Teleangiektasien bzw. das überschüssige Gewebe sequenziell therapiert werden. Gelegentlich genügt den Patienten die reine Aufhellung oder auch nur die Abflachung im Fall einer mechanischen Beeinträchtigung.



■ **Abb. 7.8** Patient mit Aknenarben vor der Therapie mit Darstellung der Gefäße, möglicher entzündlicher Aktivitäten und der Pigmentierung



■ **Abb. 7.9** Klinisches Bild 4 Wochen nach einmaliger Lasertherapie mit einem fraktionierten CO₂-Laser (Alma-Laser, vormals Quantel-Derma, Erlangen, 60 mJ/cm², 2 ms, 250 MAZ, Paintbrush, 1 Pass, On-time-Kühlung und Absaugung)

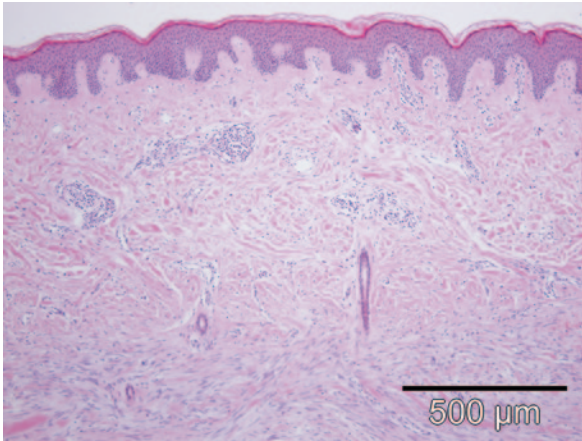
Sollen nur Rötungen und/oder Gefäße behandelt werden, empfehlen sich die klassischen Gefäßlaser wie der gepulste Farbstofflaser, der 532-nm-KTP-/LBO-Laser oder, wenn noch vorhanden, der Argonlaser. Bei sehr tief liegenden bzw. großen Gefäßen kann der langgepulste 1064-nm-Nd:YAG-Laser hilfreich sein. Für diffuse Rötungen sind wahrscheinlich sehr gute IPL-Systeme am effektivsten.

Während die hypertrophen Anteile auch mit fraktionierten Lasern in Grenzen gut unter Kontrolle gebracht werden können, empfiehlt sich bei ausgeprägten und klassischen Therapien gegenüber refraktären Befunden ein einzeitiges Vorgehen mit Exzision/Laserabtragung und

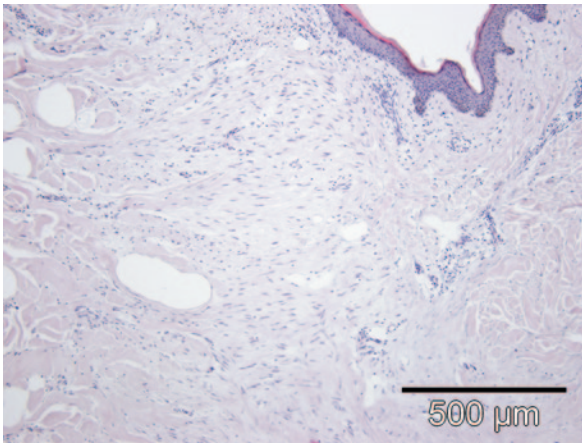
konsekutiver Triamcinolonunterspritzung (Wagner et. al., Abstract zur DDG 2013 eingereicht). Die additive Therapie mit dem langgepulsten Er:YAG-Laser bzw. 595-nm-LED zeigte in dieser Studie keine Unterschiede.

7.2.8 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung bei invasiver Therapie hypertropher Narben hat einen enormen Einfluss auf den weiteren Heilungsverlauf. Während die Therapie mit nichtablativen fraktionierten Lasern aufgrund geringerer Effizienz hier



■ **Abb. 7.10** Histologie einer hypertrophen Narbe (HE 10x)

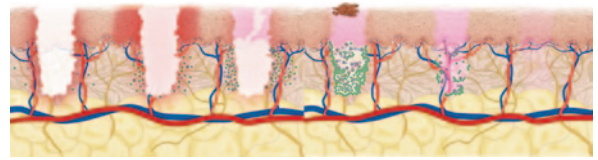


■ **Abb. 7.11** Histologisches Bild nach Triamcinolonapplikation mittels Hydroporation (JetPeel, HE 10x). Die Vakuolen kennzeichnen die eingebrachten Steroidreservoirs

weniger anspruchsvoll ist, sollte ein definiertes Protokoll regelhaft eingesetzt werden, um das Ansprechen bewerten zu können. In der Praxis haben sich Silikongele und Auflagen bewährt. Im Bereich der Ohrläppchen bieten sich druckvermittelnde »Austernclips« an.

7.2.9 Epikrise

Zur Therapie hypertropher Narben empfehlen sich ablativ Laser, fraktionierte Laser und solche zur Gefäßentfernung in Kombination mit anderen Therapieverfahren wie den thermischen Er:YAG-Laser und die Wundheilung fördernde Lichtquellen (LED 585 nm) (Barolet 2008; Kim et al. 2011). Bei inaktiven hypertrophen Anteilen, die gerötet sind, wo Stufen, Brücken oder Zügel funktionsbehindernd und ästhetisch störend sind, reichen meist einfach



■ **Abb. 7.12** Spatiotemporale Sequenz der Wundheilung nach ablativ-fraktionierter Lasertherapie. (Aus Paasch et al. 2012; mit frdl. Genehmigung)

kombinierte Verfahren, während ausgedehnte Befunde wahrscheinlich immer von einer begleitenden Steroidapplikation profitieren. Die Nachsorge sollte ebenso konsequent erfolgen. Die typische Wundheilungssequenz nach AFXL mit einem ca. 24-h-Zeitfenster für die kutane Substanzapplikation sollte z. B. genutzt werden, um kristalloide Steroidsuspensionen einfach einzusetzen (■ Abb. 7.12).

7.2.10 Fallbeispiel

Patient, 58 Jahre, mit Verbrennung vor vielen Jahren. Zahlreiche OPs zur Defektdeckung. Residuale atrophe, hypertrophe und hypervaskularisierte Narbenareale im Bereich mit Hauttransplantaten innerhalb des gesamten Gesichts (■ Abb. 7.13). Zahlreiche Lasertherapien (ca. 35) mit dem gepulsten Farbstofflaser (Candela, VBeam), thermischen Er:YAG-Laser (Alma Laser GmbH, vormals Quantel-Derma und Wavelight) und fraktionierten Er:YAG- und CO₂-Lasern (Alma Laser GmbH). Unter Anwendung des Farbstofflasers konnte bei temporärer Induktion einer Purpura (■ Abb. 7.14) eine deutliche Reduktion der Rötung erreicht werden (■ Abb. 7.15). Die weitere Homogenisierung des Hautreliefs wird mittels AFXL angestrebt. In der Nachbehandlung haben sich Cicaplast (La Roche-Posay) und Bepanthen® Wund- und Heilsalbe (Bayer) bewährt.

7.3 Diagnose Keloide

7.3.1 Indikationen Keloide

Keloide sind prominente Narbenbildungen, die über das flächige Maß des eigentlichen Traumas an der Haut hinausgehen. Keloide können spontan auf gesunder Haut, nach Entzündungen oder nach Traumata entstehen (■ Abb. 7.16). Besonders intensiv ausgeprägte Keloide entstehen oft im Rahmen einer ausgeprägten extrafazialen Akne (■ Abb. 7.17). Keloide zeigen darüber hinaus auf histologischer Ebene zusätzliche Merkmale wie die Hyalinisation, die eine Unterscheidung zu normalem Narbengewebe möglich macht (■ Abb. 7.18).



■ **Abb. 7.13** Klinisches Bild eines Patienten mit Zustand nach Verbrennung und stattgehabten Operationen vor ästhetischer Intervention



■ **Abb. 7.14** Klinisches Bild nach Farbstofflasertherapie mit Purpurainduktion

7.3.2 Praktisches Vorgehen

Für die Therapie von Keloiden stehen viele Optionen zur Verfügung, wobei Algorithmen in der neuesten Leitlinie vorgeschlagen werden (Nast et al. 2012). Daneben bestehen jedoch zahlreiche weitere Möglichkeiten, die aufgrund des Mangels an publizierter Evidenz noch nicht Eingang in die Empfehlungen gefunden haben. Beispielhaft seien hier die fraktionierten Laser genannt, die wahrscheinlich in naher Zukunft Eingang in die Standardtherapie von Keloiden finden werden (Paasch et al. 2012). Damit wird einmal mehr deutlich, dass das Konzept der fraktionierten Therapie auch auf die erkrankte Haut übertragbar ist.



Abb. 7.15 Klinisches Bild nach ca. 35 Lasertherapien mit dem gepulsten Farbstofflaser, thermischem Er:YAG-Laser und fraktionierten CO₂-Lasern

Bei Vorhandensein von Zugspannung sollte diese zunächst, wenn möglich, beseitigt werden. Operative Eingriffe sind hier sicher in erster Linie zielführend, gelegentlich lassen sich kleinere Zügel auch mit ablativen Lasern gut beseitigen. Die Exzision überstehender Anteile operativ oder mittels Laser gefolgt von topischer

Steroidtherapie (in der Regel Triamcinoloninjektionen/Inkorporationen) in Kombination mit dem Farbstofflaser oder der AFXL stellt derzeit das am besten wirkende multimodale Therapiekonzept bei inaktiven Keloiden dar. Die Kryotherapie, Kompressionen, Radiatio und die Applikation von 5-Fluoruracil ergänzen die Möglich-

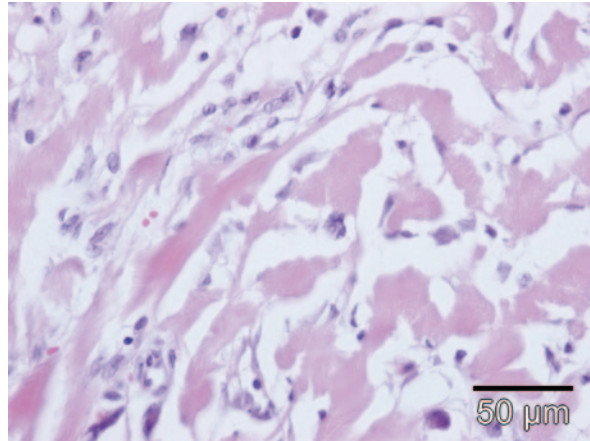


■ **Abb. 7.16** Klinisches Bild einer fazialen Keloidbildung im Rahmen einer floriden Akne



■ **Abb. 7.17** Klinisches Bild einer extra-fazialen Keloidbildung nach Akne

keiten nach Leitlinienempfehlung. Nach der aktuellen Leitlinie wird beim Ausbleiben eines zufriedenstellenden Behandlungserfolgs nach 3–6 Behandlungen/3–6



■ **Abb. 7.18** Histologisches Bild eines Keloides mit typischer Hyalinisierung (HE 60x)

Monaten eine Modifikation der Behandlungsstrategie (Kombination/Umstellung/Dosiserhöhung) empfohlen (Nast et al. 2012).

7.3.3 Nachbehandlung

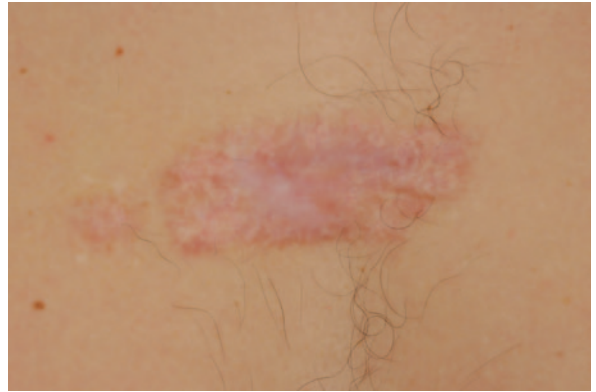
Die Nachbehandlung bei invasiver Therapie von Keloiden hat einen enormen Einfluss auf den weiteren Heilungsverlauf. Unmittelbar nach der Lasertherapie ist die konsequente Kühlung der Epidermis wichtig, um Kollateralschäden zu vermeiden. Häufig wird dazu eine Gebläsekühlung eingesetzt, aber auch auf 4–6 °C (nicht gefroren) temperierte Kühlakkus oder Masken finden Verwendung. Das Nachsorgeschema sollte standardisiert werden und Externa enthalten, die die entzündungsgehemmte Wundheilung fördern (Grunewald et al. 2012). Wichtig ist die Vereinbarung zu Wiedervorstellungsterminen, da mit einer einzelnen Behandlung kaum durchgreifende Therapieerfolge zu verzeichnen sein werden.

7.3.4 Epikrise

Der Einsatz von Lasern in der Therapie von Keloiden erfolgt demnach eingebettet in eine Gesamtstrategie und sollte sorgfältig geplant werden. Sind Wünsche des Patienten und therapeutische Möglichkeiten in Übereinstimmung gebracht und alle notwendigen Vorkehrungen des Lasereingriffs getroffen, erfolgt im Zielgebiet je nach führender Merkmalsausprägung in mehreren Sitzungen die Reduktion der Rötungen bzw. die Induktion des epidermalen/dermalen Remodellings mittel NAFXL oder AFXL,



■ **Abb. 7.19** Klinisches Bild eines seit 6 Jahren bestehenden sternalen Keloids nach Motorradunfall



■ **Abb. 7.20** Klinisches Bild nach Laserablation und halbseitiger Therapie der Wunde unter 4-maliger Anwendung eines Er:YAG-Lasers rechts und einer 585-nm-LED-Bestrahlung links sowie konsekutiven Triamcinoloninjektionen

nachdem überschüssige Anteile bei Bedarf exzidiert oder mittels Laser abgetragen wurden und Triamcinolon eingebracht wurde.

7.3.5 Fallbeispiele

Patient, 36 Jahre, mit seit 6 Jahren bestehendem sternalen Keloid nach Motorradunfall (■ Abb. 7.19). Therapie-regime mit Er:YAG-Ablation und weiteren 4 Sitzungen. Narbe gesplittet rechts: Er:YAG-Laser (Burane FXL, Alma Laser, ehemals Quantel Derma GmbH, Erlangen) im thermischen (Narben-)Mode 4 J/cm², 5-mm-Spot, 55–92 Pulse pro Sitzung. Links: 585-nm-LED-Bestrahlung (LEDA-TT, LED 585 nm, Alma Laser, ehemals Quantel Derma GmbH, Erlangen) mit 40 mJ/cm² für 26:40 min gepulst (0,5 s an/0,2 s aus) (■ Abb. 7.20). Darunter kein Erfolg und weitere Therapie mit Exzision, Triamcinoloneinjektionen und ggf. AFXL geplant.

67-jährige Patienten mit Zustand nach Keloidbildung nach Mammaréduktionsplastik bei Zustand nach operativer Narbenkorrektur und erneutem Rezidiv. Therapieregime mit chirurgischer Exzision beidseits mit intraoperativer Triamcinoloninjektion gefolgt von 4 Sitzungen, beginnend 1 Woche post operationem alle 14 Tage mit einem Er:YAG-Laser (Burane FXL, Alma Laser, ehemals Quantel Derma GmbH, Erlangen) im thermischen (Narben-)Mode 4 J/cm², 5-mm-Spot rechts und 585-nm-LED-Bestrahlung (LEDA-TT, LED 585 nm,

Alma Laser, ehemals Quantel Derma GmbH, Erlangen) mit 40 mJ/cm² für 26:40 min gepulst (0,5 s an / 0,2 s aus) links. Zu jeder Sitzung wurde parallel Triamcinolon injiziert (■ Abb. 7.21).

26-jährige Patienten mit Zustand nach Thyreoidektomie und resultierendem Keloid. Therapieregime mit chirurgischer Exzision mit intraoperativer Triamcinoloninjektion gefolgt von 4 Sitzungen, beginnend 1 Woche post operationem alle 14 Tage mit einem Er:YAG-Laser (Burane FXL, Alma Laser, ehemals Quantel Derma GmbH, Erlangen) im thermischen (Narben-)Mode 4 J/cm², 5-mm-Spot rechts und 585-nm-LED-Bestrahlung (LEDA-TT, LED 585 nm, Alma Laser, ehemals Quantel Derma GmbH, Erlangen) mit 40 mJ/cm² für 26:40 min gepulst (0,5 s an/0,2 s aus) links. Zu jeder Sitzung wurde parallel Triamcinolon injiziert (■ Abb. 7.22).

18-jährige Patienten mit Aknekeloiden in starker Ausprägung. Bisher zahlreiche konventionelle Therapien mit frustanem Ausgang. Therapieversuch bei einzelnen Läsionen mit chirurgischer Exzision und intraoperativer Triamcinoloninjektion gefolgt von 4 Sitzungen, beginnend 1 Woche post operationem alle 14 Tage mit einem Er:YAG-Laser (Burane FXL, Alma Laser, ehemals Quantel Derma GmbH, Erlangen) im thermischen (Narben-)Mode 4 J/cm², 5-mm-Spot rechts und 585-nm-LED-Bestrahlung (LEDA-TT, LED 585 nm, Alma Laser, ehemals Quantel Derma GmbH, Erlangen) mit 40 mJ/cm² für 26:40 min gepulst (0,5 s an/0,2 s aus) links. Zu jeder Sitzung wurde parallel Triamcinolon injiziert (■ Abb. 7.23).



■ **Abb. 7.21** Klinische 3-D-Bilder von Keloidbildungen nach Mammareduktionsplastik bei Zustand nach operativer Narbenkorrektur und erneutem Rezidiv vor und nach Kombinationstherapie mit Exzision, Triamcinoloninjektionen und thermischer Er:YAG-Lasertherapie rechts bzw. LED-Bestrahlung links sowie konsekutiver Triamcinoloninjektionen



Abb. 7.22 Klinische 3-D-Bilder bei Zustand nach Thyreoidektomie und resultierendem Keloid. Therapieregime mit chirurgischer Exzision mit intraoperativer Triamcinoloninjektion gefolgt von einer thermischen Er:YAG-Lasertherapie rechts bzw. LED-Bestrahlung links sowie konsekutiver Triamcinoloninjektionen

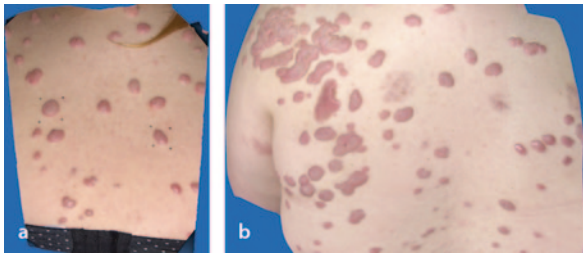


Abb. 7.23 Klinische 3-D-Bilder eines 18-jährigen Patienten mit Aknekeloiden in starker Ausprägung. Therapieversuch bei einzelnen Läsionen mit chirurgischer Exzision mit intraoperativer Triamcinoloninjektion gefolgt von einem thermischen Er:YAG-Lasertherapie-Spot rechts bzw. LED-Bestrahlungs-Spot links sowie konsekutiver Triamcinoloninjektionen

Literaturverzeichnis

- Alam M, Dover JS (2006) Treatment of acne scarring. *Skin Therapy Lett* 11: 7–9
- Barolet D (2008) Light-emitting diodes (LEDs) in dermatology. *Semin Cutan Med Surg* 27: 227–238
- Bass LS (2005) Rejuvenation of the aging face using Fraxel laser treatment. *Aesthet Surg J* 25: 307–309
- Boyd AS, Stasko T, King LE Jr, Cameron GS, Pearse AD, Gaskell SA (1999) Cigarette smoking-associated elastotic changes in the skin. *J Am Acad Dermatol* 41: 23–26
- Doshi SN, Alster TS (2005) 1,450 nm long-pulsed diode laser for non-ablative skin rejuvenation. *Dermatol Surg* 31: 1223–1226
- Fournier N, Mordon S (2005) Nonablative remodeling with a 1,540 nm erbium:glass laser. *Dermatol Surg* 31: 1227–1235
- Fulchiero GJ Jr, Parham-Vetter PC, Obagi S (2004) Subcision and 1320-nm Nd:YAG nonablative laser resurfacing for the treatment of acne scars: a simultaneous split-face single patient trial. *Dermatol Surg* 30: 1356–1359
- Gillman T, Penn J, Bronks D, Roux M (1955) Abnormal elastic fibers; appearance in cutaneous carcinoma, irradiation injuries, and arterial and other degenerative connective tissue lesions in man. *AMA Arch Pathol* 59: 733–749
- Goldberg DJ (2000) Full-face nonablative dermal remodeling with a 1320 nm Nd:YAG laser. *Dermatol Surg* 26: 915–918
- Grunewald S, Bodendorf M, Illes M, Kendler M, Simon JC, Paasch U (2011) In vivo wound healing and dermal matrix remodelling in response to fractional CO₂ laser intervention: Clinicopathological correlation in non-facial skin. *Int J Hyperthermia* 27: 811–818
- Grunewald S, Bodendorf MO, Elsner J, Steinberger T, Vogelsang J, Mayer K et al. (2012) Ablative fractional laser treatment – practical recommendations. *Kosmetische Praxis* 12: 8–14
- Grunewald S, Bodendorf MO, Simon JC, Paasch U (2010) Update dermatologic laser therapy. *J Dtsch Dermatol Ges* 9: 146–159
- Hardaway CA, Ross EV, Barnette DJ, Paithankar DY (2002) Non-ablative cutaneous remodeling with a 1.45 microm mid-infrared diode laser: phase I. *J Cosmet Laser Ther* 4: 3–8
- Helfrich YR, Yu L, Ofori A, Hamilton TA, Lambert J, King A et al. (2007) Effect of smoking on aging of photoprotected skin: evidence gathered using a new photonic scale. *Arch Dermatol* 143: 397–402
- Jacob CI, Dover JS, Kaminer MS (2001) Acne scarring: a classification system and review of treatment options. *J Am Acad Dermatol* 45: 109–117
- Kim HS, Kim BJ, Lee JY, Kim HO, Park YM (2011) Effect of the 595-nm pulsed dye laser and ablative 2940-nm Er:YAG fractional laser on fresh surgical scars: an uncontrolled pilot study. *J Cosmet Laser Ther* 13: 176–179
- Kligman AM (1969) Early destructive effect of sunlight on human skin. *JAMA* 210: 2377–2380
- Manstein D, Herron GS, Sink RK, Tanner H, Anderson RR (2004) Fractional photothermolysis: a new concept for cutaneous remodeling using microscopic patterns of thermal injury. *Lasers Surg Med* 34: 426–438
- Menaker GM, Wrone DA, Williams RM, Moy RL (1999) Treatment of facial rhytids with a nonablative laser: a clinical and histologic study. *Dermatol Surg* 25: 440–444
- Nast A, Eming S, Fluhr J, Fritz K, Gauglitz GG, Hohenleutner S et al. (2012) Therapie pathologischer Narben (hypertrophe Narben und Keloide). *AWMF-Leitlinie S2k 013/30*: 1–43
- Paasch U, Bodendorf MO, Grunewald S (2012) Dermatologische Lasertherapie B und 1: Fraktionale Laser, 1. Aufl. KVM, Berlin
- Palm MD, Butterwick KJ, Goldman MP (2010) Mycobacterium chelonae Infection After Fractionated Carbon Dioxide Facial Resurfacing (Presenting as an Atypical Acneiform Eruption): Case Report and Literature Review. *Dermatol Surg* 36: 1473–1481
- Sadick NS, Trelles MA (2005) Nonablative wrinkle treatment of the face and neck using a combined diode laser and radiofrequency technology. *Dermatol Surg* 31: 1695–1699

- Samuthrsindh K, Helbig D, Paasch U, Thanasarnaksorn W, Sutthipisal N (2011) Prospective, uncontrolled examination of ablative fractional photothermolysis on Asian and Caucasian skin. *Medical laser application* 26: 3–9
- Semchyshyn NL, Kilmer SL (2005) Does laser inactivate botulinum toxin? *Dermatol Surg* 31: 399–404
- Wagner JA (2008) T-Lymphocytes in Tendon Adhesions and Hypertrophic Scarring: Clinical Trial. VDM, Saarbrücken
- Wagner JA, Paasch U, Bodendorf MO, Simon JC, Grunewald S (2011) Treatment of keloids and hypertrophic scars wit the triple mode Er:YAG laser: A pilot study. *Medical laser application* 26: 10–15
- Wanner M, Tanzi EL, Alster TS (2007) Fractional photothermolysis: treatment of facial and nonfacial cutaneous photodamage with a 1,550-nm erbium-doped fiber laser. *Dermatol Surg* 33: 23–28
- Wulf HC, Sandby-Moller J, Kobayasi T, Gniadecki R (2004) Skin aging and natural photoprotection. *Micron* 35: 185–191

Behandlung benigner Tumoren und organoider Naevi

S. Hammes

- 8.1 Adenoma sebaceum – 105
- 8.2 Hornstein-Knickenberg-Syndrom (Birt-Hogg-Dubé-Syndrom) – 105
- 8.3 Epidermaler/organoider Naevus – 106
- 8.4 Epithelioma adenoides cysticum – 107
- 8.5 Fibröse Nasenpapel – 107
- 8.6 Koenen-Tumoren – 108
- 8.7 Naevus sebaceus – 108
- 8.8 Neurofibrome – 109
- 8.9 Papillomatöser dermaler Naevus – 110
- 8.10 Rhinophym – 110
- 8.11 Schleimhautfibrom – 112
- 8.12 Seborrhoische Keratose – 112
- 8.13 Syringome – 112
- 8.14 Talgdrüsenhyperplasien – 113
- 8.15 Xanthelasma – 113
- 8.16 Zungenpapillom – 115
- 8.17 Zysten (ekkrines Hidrozystom) – 116

Das Kapitel basiert auf Beiträgen aus Raulin C, Greve B (Hrsg) Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin (s. Raulin u. Greve 2003); mit frdl. Genehmigung von Schattauer, Stuttgart sowie aus Raulin C, Karsai S (Hrsg) Lasertherapie der Haut (s. Hammes 2013); mit frdl. Genehmigung der Herausgeber.

- 8.18 Zysten (mukoide Dorsalzyste) – 117
- 8.19 Zysten (Steatocystoma multiplex, Eruptive Vellushaarzysten) – 117
- 8.20 Zysten (Traumatische Schleimzyste, Mukozele) – 118
- 8.21 »Take Home Messages« – 118
- Literatur – 119

- Die Indikationsgruppe der benignen Tumoren und organoiden Naevi ist sehr heterogen.
- Zur Therapie werden hauptsächlich ablativ Laser (CO₂- und Erbium:YAG-Laser) angewendet.
- Falls eine Gefäßkomponente hinzukommt, ist der (zusätzliche) Einsatz von gefäßspezifischen Lasern sinnvoll (langgepulster Nd:YAG- und Farbstofflaser).
- Die Rezidivraten sind oft nicht zu vernachlässigen.
- Ein suffizienter Sonnenschutz ist besonders wichtig nach tieferen Ablationen.
- Prätherapeutische Biopsien sind wichtig.

8.1 Adenoma sebaceum

■ Indikation

Das Adenoma sebaceum tritt isoliert oder als Teilsymptom naevoider Systemerkrankungen, der sog. Phakomatosen (Morbus Pringle, Morbus Bourneville/Tuberöse Hirnsklerose), auf. Charakteristisch sind multiple kleine Angiofibrome, die sich symmetrisch über Nase, Nasolabialfalten, Wangen und Kinn verteilen. Im Lauf des Lebens kommt es langsam zur Vermehrung und Vergrößerung. Exzision, Elektrokoagulation, Kryoverfahren und Dermabrasion waren die bisherigen Therapiemöglichkeiten. Der Laser hat zwar die Ergebnisse deutlich verbessert und die Behandlung vereinfacht, die Rezidivrate jedoch fast unverändert gelassen.

■ Praktisches Vorgehen

Der CO₂-Laser (cw/gepulst) hat bislang zu den besten Ergebnissen geführt. Der Grund hierfür liegt in seiner Fähigkeit zur flächenhaften und gleichmäßigen Gewebeabtragung bei gleichzeitiger Blutstillung. Der Argonlaser wird bevorzugt für vereinzelte rote, aber auch hautfarbene Papeln empfohlen. Bei dunklen Hauttypen werden allerdings aufgrund verstärkter Melaninabsorption schlechtere Resultate erzielt. Der gepulste Farbstofflaser eignet sich ausschließlich für die Behandlung von flachen (<1 mm) roten Angiofibromen. Über den erfolgreichen Einsatz des Erbium:YAG-Lasers wurde (Kaufmann u. Hibst 1996) in 6 Fällen (3 Adenoma sebaceum/3 isolierte Angiofibrome) berichtet. Wegen der Blutungsneigung der Angiofibrome ist jedoch unserer Erfahrung nach die Kombination mit einem CO₂-Laser sinnvoll, um eine ausreichende Abtragungstiefe zu gewährleisten (Arndt 1982; Boixeda et al. 1994; Janniger u. Goldberg 1990; Song et al. 1999; Spenler et al. 1988; Weston et al. 1985).

■ Nachbehandlung


Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Aufgrund der Schmerzhaftigkeit einer Laserbehandlung ist bei flächenhafter Ausdehnung und bei Patienten mit geistiger Retardierung (Morbus Bourneville) ein Vorgehen in Vollnarkose zu erwägen.

Leider gelingt trotz mehrfacher Behandlungen mit keinem der Systeme eine dauerhafte vollständige Entfernung. Rezidive treten meist nach 1–2 Jahren auf. Der Patient ist deshalb eingehend darüber aufzuklären, dass eine Lasertherapie nur zu einer vorübergehenden kosmetischen Verbesserung führen kann.

■ Fallbeispiel

In  Abb. 8.1 wurden sehr flache, rötliche Angiofibrome mittels gepulsten Farbstofflasers in drei Sitzungen behandelt.

8.2 Hornstein-Knickenberg-Syndrom (Birt-Hogg-Dubé-Syndrom)

■ Indikation

Das 1977 erstmals beschriebene Birt-Hogg-Dubé-Syndrom ist eine autosomal-dominante genetische Erkrankung, die durch das Auftreten von multiplen Adnextumoren gekennzeichnet ist (Birt et al. 1977). Ein Zusammenhang mit intestinalen Neoplasmen wurde beschrieben (Junkins-Hopkins u. Cooper 1994; Rongioletti et al. 1988). Aktuell werden die bei diesem Syndrom auftretenden Hautläsionen als verschiedene Entwicklungsstufen eines Hamartoms mit seborrhöischer Differenzierung, ein sog. Mantelom, interpretiert. Die genannten Adnextumoren sind zwar durchweg gutartig, können aber durch ihr multiples Auftreten, vornehmlich im Gesicht und am Hals, ein erhebliches kosmetisches Problem für die Betroffenen darstellen.

■ Praktisches Vorgehen

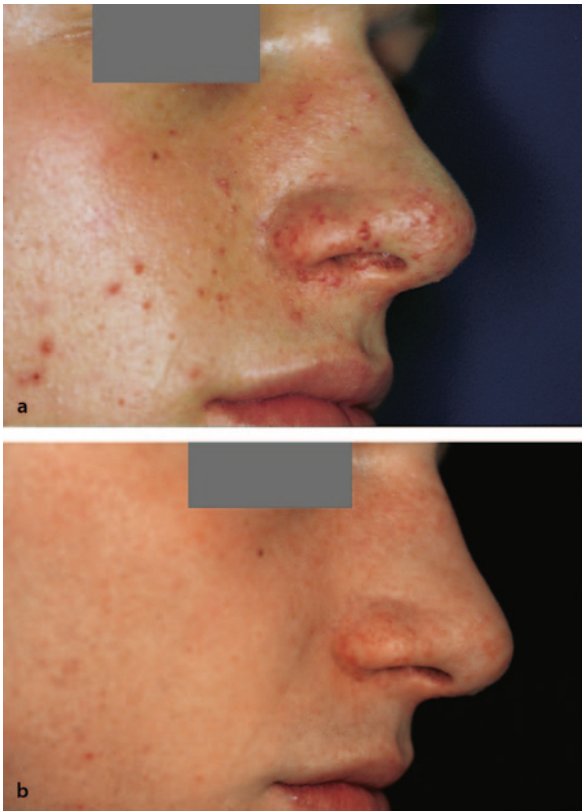
Der operativen Entfernung der einzelnen Tumoren wird durch die große Anzahl der Veränderungen Grenzen gesetzt (Foucar et al. 1981; Junkins-Hopkins u. Cooper 1994). Erfolgsversprechend ist eine Abtragung mittels ultragepulsten CO₂-Lasers oder ggf. Erbium:YAG-Lasers.

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Über erfolgreiche Behandlungen mittels Erbium:YAG-Laser (Gambichler et al. 2000), CO₂-Laser (Jacob u. Dover 2001; Kahle et al. 2001) und Kupferdampflaser (Giroux et al. 1994) wurde berichtet. Mit dem ultragepulsten



■ **Abb. 8.1** a Morbus Pringle (10/94), b Zustand nach 3 Behandlungen mit dem gepulsten Farbstofflaser (2/98). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

CO₂-Laser können in nur einer oder zwei Behandlungssitzungen besonders ansprechende Ergebnisse auch bei multiplen Mantelomen erzielt werden.

■ Fallbeispiel

In ■ **Abb. 8.2** wurden Mantelome in 2 Sitzungen mittels ultragepulsten CO₂-Lasers abgetragen.



■ **Abb. 8.2** a Birt-Hogg-Dubé-Syndrom (8/07), b Zustand nach 2 Behandlungen mit dem ultragepulsten CO₂-Laser (8/09). (Aus Hammes 2013)

Einen Sonderfall stellt der ILVEN (Inflammatory Linear Verrucous Epidermal Nevus) dar, der durch eine zusätzliche entzündliche Komponente und intensiven Juckreiz gekennzeichnet ist.

■ Praktisches Vorgehen

Der CO₂-Laser (cw/gepulst) hat sich in verschiedenen Kasuistiken als gute Therapieoption bewährt. Vor allem für verruköse und ausgedehnte epidermale Naevi ist er am besten geeignet, da mit ihm eine großflächige und blutarme (vergleichsweise wenig blutende) Abtragung möglich ist. Der Argonlaser wird aufgrund seiner nur sehr oberflächlichen Koagulation eher für weiche Formen angewandt.

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Rezidivfreie Nachbeobachtungszeiten nach CO₂-Lasertherapie reichen bis zu 4 Jahren.

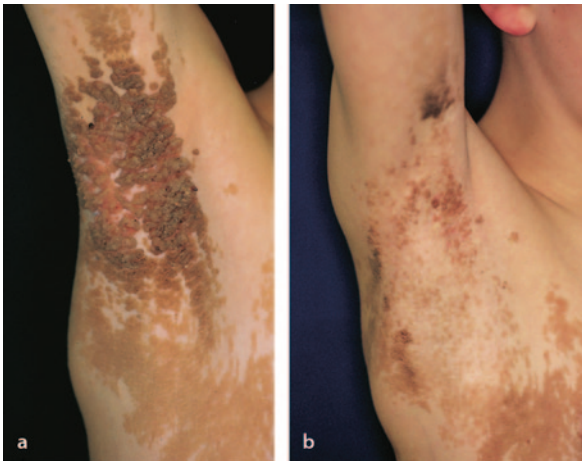
Der Erbium:YAG-Laser kann ebenfalls für die Abtragung epidermaler Naevi eingesetzt werden. Bei flächiger Ausdehnung ist jedoch erfahrungsgemäß, wie auch bei einer Reihe anderer benignen Tumoren und organoide Naevi, die Kombination mit dem CO₂-Laser zweckmäßig, da Blutungen die Sicht und damit eine exakte Abtragung deutlich erschweren (Dmoysek-Olup u. Vedlin 1997; Hohenleutner u. Landthaler 1993; Hohenleutner et al. 1995; Kaufmann u. Hibst 1996; Losee et al. 1999; Ratz et al. 1986). Baba et al. (1995) behandelten 5 Patienten mit stark pigmentierten flachen epidermalen Naevi mittels langge-

8.3 Epidermaler/organoide Naevus

■ Indikation

Die epidermalen Naevi gehören zu den angeborenen organoiden Fehlbildungen (Hamartome), die aus einer umschriebenen Störung im Mischungsverhältnis ansonsten normaler Hautstrukturen resultieren.

Meist streifenförmig entlang der Blaschkolinien angeordnet, entwickeln die epidermalen Naevi im Lauf des Lebens eine unterschiedlich stark ausgeprägte keratotische Oberfläche. Es sind papillomatöse weiche und harte bzw. verruköse Formen zu unterscheiden. Bei einseitigem Befall spricht man auch vom Naevus unius lateralis.



■ **Abb. 8.3** a Flächenhafter epidermaler Naevus (1/98). Auf Wunsch des Patienten wurde wegen des ihn belästigenden Geruchs nur die Axille therapiert. b Ergebnis nach 2 Behandlungen mit dem kombinierten Erbium:YAG-/CO₂-Laser (3/00). Rezidivfreier Nachbeobachtungszeitraum über 2 Jahre. (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

pulsten Rubinlasers (Impulszeit 2 ms). In maximal 4 Sitzungen konnten sie diese vollständig entfernen bzw. deutlich aufhellen. Anzumerken ist allerdings, dass es sich in einem Fall wegen der flächenhaften Ausdehnung (Naevus unius lateralis) nur um eine Probebehandlung gehandelt hat und in einem weiteren Kasus die papillomatösen Anteile zusätzlich elektrokaustisch abgetragen wurden.

Alster (1994) berichtet von einer 5-jährigen Patientin, die durch 2 Sitzungen mit gepulstem Farbstofflaser vom quälenden Juckreiz eines ILVEN befreit werden konnte. Der Therapieerfolg war auch 1 Jahr nach der Lasertherapie noch unverändert.

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.3 wurde ein flächenhafter epidermaler Naevus in 2 Sitzungen mittels kombinierten Erbium:YAG-/ CO₂-Lasers abgetragen.

8.4 Epithelioma adenoides cysticum

■ Indikation

Typisch für das Epithelioma adenoides cysticum (Brooke) sind zahlreiche kleine farblose Papeln, die vorwiegend an Nasolabialfalten und an den Augeninnenwinkeln lokalisiert sind. Histologisch handelt es sich um Haarfollikeltumoren (Trichoepitheliome). Differenzialdiagnostisch ist an ein Adenoma sebaceum oder an Syringome zu denken. Gelegentlich können sich auch Basaliome entwickeln, weswegen beim geringsten Zweifel eine histologische Untersuchung erfolgen sollte.

■ Praktisches Vorgehen

In Einzelfällen wird über die erfolgreiche Behandlung mit dem Argon- und CO₂-Laser berichtet.

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Unsere Erfahrungen hinsichtlich Anzahl der Behandlungen, Erfolgsrate und Rezidive entsprechen prinzipiell denen des Adenoma sebaceum. Rezidive sind abhängig von der Tiefe der Abtragung und liegen im Wesen der Erkrankung (Flores et al. 1984; Sajben u. Ross 1999; Sawchuk u. Heald 1984; Wheeland et al. 1984).

8.5 Fibröse Nasenpapel

■ Indikation

Histopathogenetisch wird diskutiert, ob es sich bei der fibrösen Nasenpapel (Fibrosis nodularis nasi) um ein Fibrom oder um einen regressiv-fibrierten Naevuszellnaevus handelt. Diese kleinen, meist isoliert an der Nasenspitze auftretenden Läsionen können sich bei Wärme und verstärkter Sonneneinstrahlung intensiv rot färben und dadurch als kosmetisch störend empfunden werden. Vor Einführung der Lasertherapie waren Exzision und Kaute-risation die Therapieoptionen (Hoffman et al. 1993).

■ Praktisches Vorgehen

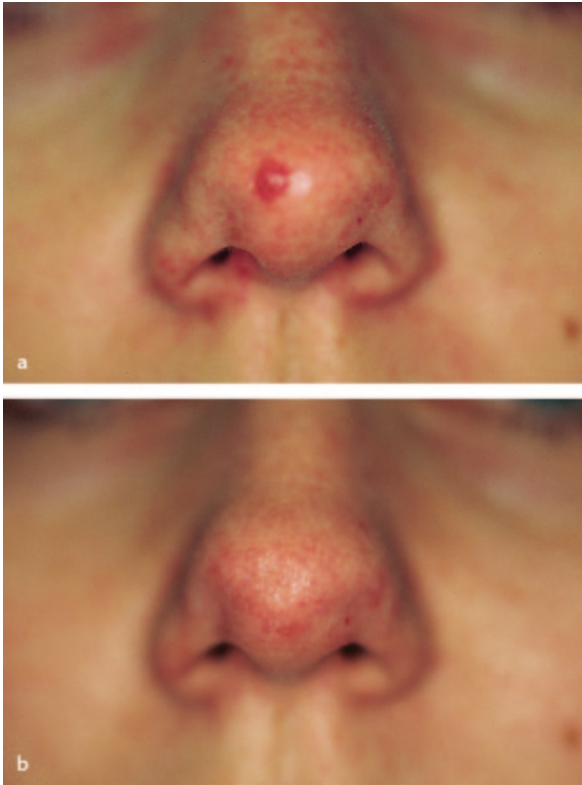
Aufgrund der fibrösen Struktur hat sich unserer Erfahrung nach nur die Abtragung mit dem Erbium:YAG- oder dem gepulsten CO₂-Laser bewährt. In Einzelfällen waren 2 Behandlungen bis zur vollständigen und narbenfreien Entfernung erforderlich. Der Patient ist über die Möglichkeit eines Rezidivs aufzuklären.

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Der gepulste Farbstofflaser hat auch beim Einsatz hoher Energiedichten und nach Applikation mehrerer Impulse wider Erwarten nur zu unbefriedigenden Erfolgen geführt. Der Argonlaser kann ebenfalls, wie auch für das Adenoma sebaceum, als Therapiemöglichkeit in Erwägung gezogen werden. Wissenschaftliche Studien zur Laserbehandlung der fibrösen Nasenpapel gibt es bislang nicht.



■ **Abb. 8.4** a Fibröse Nasenpapel (12/98), b Zustand nach einer Behandlung mit dem ultragepulsten CO₂-Laser (2/99). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.4 wurde eine fibröse Nasenpapel in einer Sitzung mittels ultragepulsten CO₂-Lasers abgetragen.

8.6 Koenen-Tumoren

■ Indikation

Periunguale Fibrome, auch bekannt als Koenen-Tumoren, treten bei etwa 15 % der Patienten mit tuberöser Sklerose auf (Józwiak et al. 1998), wobei in einigen Studien sogar von 52 % gesprochen wird (Nickel u. Reed 1962). Erste Läsionen zeigen sich meist nach der Pubertät. Häufig imponieren periunguale Fibrome als feste, fleischfarbene oder rötliche Knoten, die vom Nagelfalz ausgehen. Sie können Nageldeformierungen verursachen und manchmal auch schmerzhaft sein. Histologisch erscheinen sie als stark vaskularisierte Läsionen mit schmalen Kollagenbündeln und dichten elastischen Fasern (Kint u. Baran 1988).

■ Praktisches Vorgehen

Periunguale Fibrome werden meist chirurgisch entfernt (Ward u. McCarthy 1990), die Wahrscheinlichkeit von

Rezidiven ist allerdings hoch. Einige Autoren berichten über eine erfolgreiche Behandlung mit niedrigerer Rezidivwahrscheinlichkeit mittels Shave-Exzision und Anwendung von Phenol (Mazaira et al. 2008). Die Therapie von Koenen-Tumoren mittels CO₂-Laser ist in Bezug auf die kosmetischen Ergebnisse vergleichbar mit konventionellen chirurgischen Behandlungsmethoden. Die Blutungen waren jedoch vernachlässigbar, und die Operationszeit war deutlich kürzer als beim operativen Vorgehen (Berlin u. Billick 2002). Das kosmetische und funktionelle Ergebnis ist gut.

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Komplikationen, die bei dieser Behandlung auftreten können, sind Nekrose des proximalen Nagelfalzes, Infektion, Deformierung des Nagelfalzes und der Nagelplatte.

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.5 wurde ein Koenen-Tumor in einer Sitzung mit dem cw- und ultragepulsten CO₂-Laser abgetragen.

8.7 Naevus sebaceus

■ Indikation

Der Naevus sebaceus, ebenfalls eine organoide Fehlbildung (Hamartom) wie der epidermale Naevus, zeichnet sich durch eine Vermehrung von Talgdrüsen aus und tritt bevorzugt am Capillitium auf. In einer Retrospektivstudie an 596 Patienten wird das Risiko für die Entwicklung von malignen Tumoren innerhalb der Naevi sebacei, insbesondere von Basaliomen, mit <1 % als gering bewertet. Dennoch wird von einigen Autoren die prophylaktische chirurgische Entfernung empfohlen, die sich jedoch im Einzelfall wegen der Größenausdehnung als schwierig erweisen kann und zwangsläufig Narben hinterlässt (Cribier et al. 2000).

■ Praktisches Vorgehen

Im Rahmen der chirurgischen Lasertherapie kommt nur eine Behandlung mit dem CO₂-Laser bzw. in Kombination mit dem Erbium:YAG-Laser in Betracht. Überzeugende Erfolge konnten von uns hierdurch nicht erreicht werden. Aufgrund der Tiefenausdehnung bis zum mittleren Korium ist eine vollständige Entfernung nicht möglich, weswegen Rezidive vorprogrammiert sind.



■ **Abb. 8.5** a Koenen-Tumor (3/09), b Zustand direkt nach einer Behandlung mit dem cw- und ultragepulsten CO₂-Laser (3/09), c Zustand 2 Monate nach der Behandlung mit dem cw- und ultragepulsten CO₂-Laser (5/09). (Aus Hammes 2013)

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Ashinoff (1993) konnte bei einem 10-jährigen Jungen mit einem linearen Naevus sebaceus Jadassohn mittels CO₂-Laser eine deutliche und stabile Verbesserung (Nachbeobachtungszeit 1 Jahr) erzielen.

8.8 Neurofibrome

■ Indikation

Neurofibrome treten selten solitär, meist jedoch in großer Anzahl als ein Hauptsymptom der autosomal-dominant vererbten Neurofibromatose (Morbus Recklinghausen) auf. Daneben sind Café-au-lait-Flecke und sommersprossenartige Hyperpigmentierungen der Axillen typische Hautsymptome dieser Erkrankung.

■ Praktisches Vorgehen

Das Ziel einer Therapie der im Lauf des Lebens an Größe und Anzahl zunehmenden Knötchen und Knoten kann nur eine Remission sein, da es fast immer zu Rezidiven und Neubildungen kommt.

Eine Behandlung von Neurofibromen ist mit dem kontinuierlichen CO₂-Laser effektiv möglich. Die feste, gallertartige Konsistenz der Knoten erfordert hohe Leistungen, die im gepulsten Modus nicht erreicht werden können. Nach Eröffnung der Epidermis lässt sich das Neurofibrom klingelknopfartig herausdrücken und abtragen. Eine Entfernung sollte immer bis zum Grund erfolgen, um schnellen Rezidiven vorzubeugen. Die z. T. sehr tiefen Hautdefekte können mit dem gepulsten CO₂-Laser an die Umgebung angeglichen werden. Die Hautdefekte heilen nach 1–2 Wochen ab, Narben sind nicht zu vermeiden. Die Beurteilung des kosmetischen Ergebnisses ist ebenso wie die Erwartung des Patienten sehr individuell. In jedem Fall sollte eine Probebehandlung durchgeführt werden (Becker 1991; Kardorff 1998; Katalinic 1992; Roenigk u. Ratz 1987).

■ Nachbehandlung

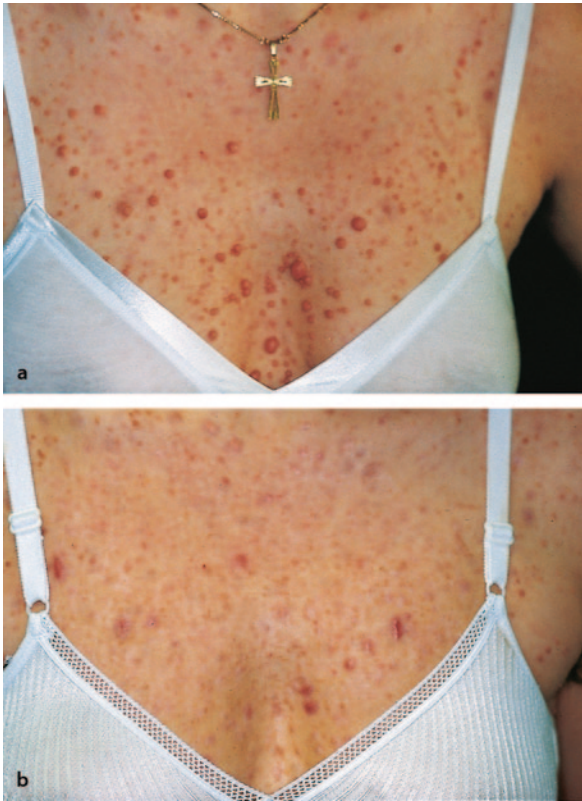
Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Kasuistisch wurde auch von Kardorff und Kunze (1999) über die erfolgreiche Therapie von Neurofibromen mit dem Erbium:YAG-Laser in Kombination mit der chirurgischen Exzision berichtet.

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.6 wurden Neurofibrome in 3 Behandlungen mit dem cw- und ultragepulsten CO₂-Laser abgetragen.



■ **Abb. 8.6** a Neurofibromatose Recklinghausen, b für die Patientin zufriedenstellendes Ergebnis nach 3 Behandlungen mit dem cw- und ultragepulsten CO₂-Laser. (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

8.9 Papillomatöser dermaler Naevus

■ Indikation

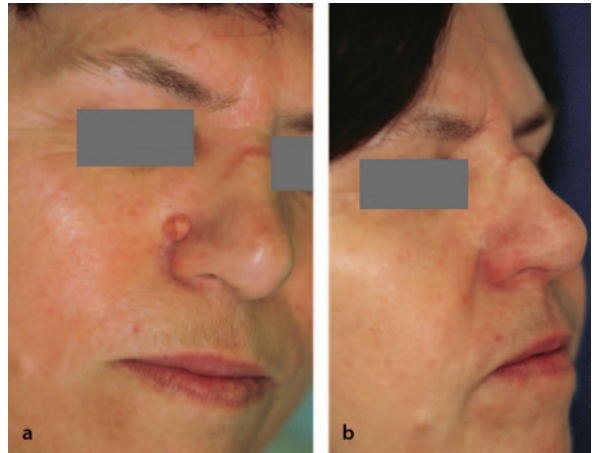
Obwohl es sich bei den papillomatösen dermalen Naevi um Naevuszellnaevi handelt, die aufgrund ihrer längeren Bestandsdauer papillär bzw. fibrotisch geworden sind, werden sie aus didaktischen Gründen an dieser Stelle beschrieben.

■ Praktisches Vorgehen

Diese meist in der zweiten Lebenshälfte auftretenden erhabenen Naevi lassen sich mit ansprechenden kosmetischen Ergebnissen durch den Erbium:YAG- und/oder gepulsten CO₂-Laser entfernen (■ Abb. 8.7).

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.



■ **Abb. 8.7** a Papillomatöser dermaler Naevus (8/97), b Entfernung mit minimaler Narbe durch den ultragepulsten CO₂-Laser (3/00). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

■ Epikrise

Die Patienten sollten in jedem Fall auf Rezidive hingewiesen werden. Vor jeder Behandlung sollte eine (Shave-) Biopsie durchgeführt werden (Hammes et al. 2008). Pigmentierte dermale Naevi sollten nicht behandelt werden, da melaninhaltige Zellen in der Haut verbleiben und diese, wie in der Literatur beschrieben, zur Entstehung von Pseudomelanomen führen können (Dmosek-Olup u. Vedlin 1997; Hellwig u. Petzoldt 1998; Kaufmann u. Hibst 1996; Olbricht 1993).

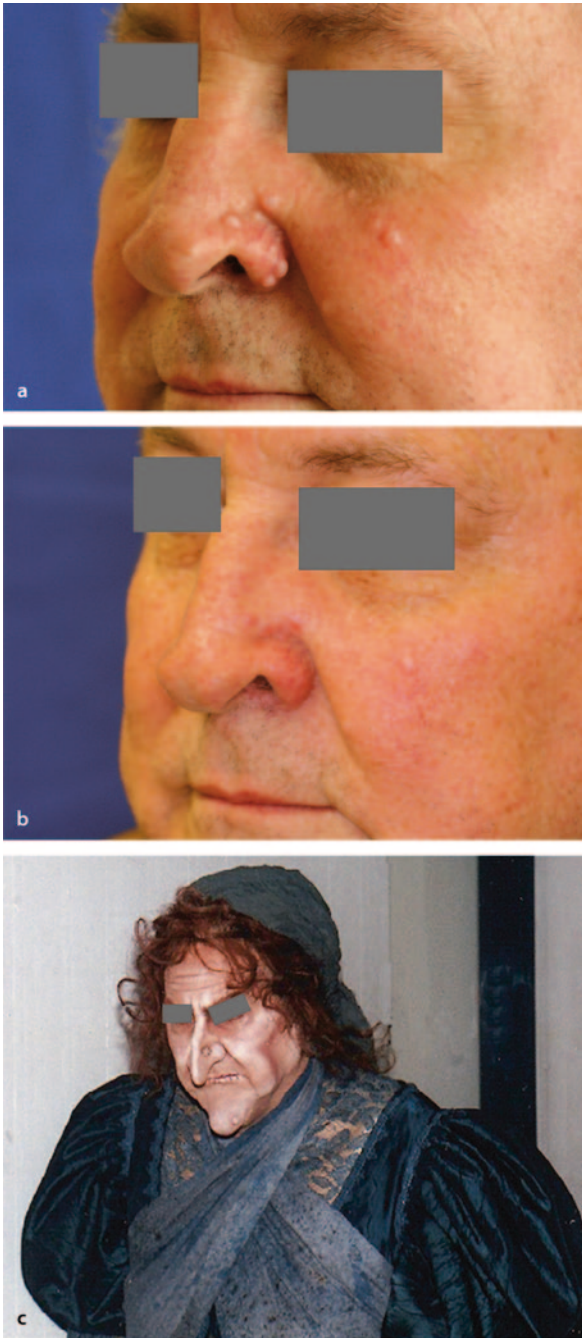
■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.8a, b wurde ein papillomatöser dermaler Naevus mittels ultragepulsten CO₂-Lasers abgetragen. Anekdotisch sei angemerkt, dass das Ergebnis in einem anderen Fall bei einem Schauspieler so gut war, dass er für bestimmte Rollen wieder einen dermalen Naevus durch Schminke nachbilden musste (■ Abb. 8.8c).

8.10 Rhinophym

■ Indikation

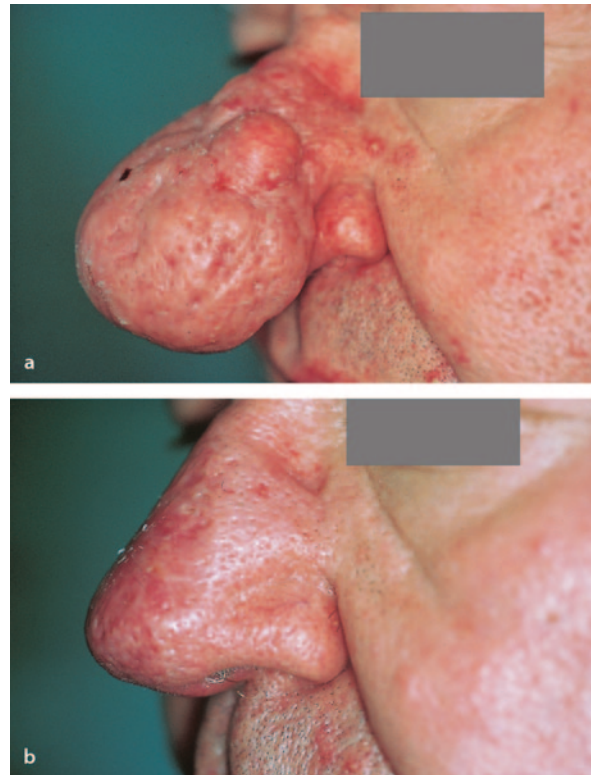
Die Standardtherapien des Rhinophyms, einer Auftreibung der Nase durch Talgdrüsenhypertrophien im Rahmen einer Rosazea, sind die chirurgische Entfernung mittels Skalpell, die Elektrokauterisation, die Dermabrasion oder die Kryotherapie. Als Nachteile dieser Methoden werden v. a. eine mangelnde intraoperative Blutstillung und die Entstehung von Demarkationslinien angeführt, weswegen große Hoffnungen auf den CO₂-Laser gesetzt wurden.



■ **Abb. 8.8** a Papillomatöser dermaler Naevus (2/09), b Entfernung mit minimaler Narbe durch den ultragepulsten CO₂-Laser (5/09), c Das Ergebnis war so gut, dass der Schauspieler für manche Rollen wieder einen dermalen Naevus durch Schminke nachbilden musste. (Aus Hammes 2013)

■ Praktisches Vorgehen

Als alternative Vorgehensweise wird zunächst eine Abtragung mittels CO₂-Lasers im cw- mit anschließender Angleichung der Randbereiche im ultragepulsten Modus empfohlen.



■ **Abb. 8.9** a Rhinophym (9/97), b Zustand nach Abtragung mit dem ultragepulsten CO₂-Laser (5/98). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung von Dr. T. Hebel, München)

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Entgegen den theoretischen Vorteilen sprechen die Ergebnisse jedoch nicht eindeutig für den Lasereinsatz. Vergleichsstudien mit konventioneller Skalpell- und Elektrochirurgie zeigen für beide Behandlungsarten gleichermaßen gute Resultate bei ähnlichem Begleit- und Nebenwirkungsprofil. Im Vergleich zu konventionellen Verfahren wird die Lasertherapie trotz sofortiger Blutstillung als deutlich zeitaufwändiger bewertet. Eine Ablation mit dem Erbium:YAG-Laser ist zwar theoretisch möglich, erreicht jedoch durch einsetzende Blutungen frühzeitig ihren Endpunkt (Bohigian et al. 1988; Gjuric u. Rettinger 1993; Greenbaum et al. 1988; Har-El et al. 1993; Karim Ali u. Streitmann 1997; Shapshay et al. 1980; Wheeland et al. 1987).

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.9 wurde ein Rhinophym in einer Sitzung mit dem ultragepulsten CO₂-Laser abgetragen.



■ **Abb. 8.10** a Schleimhautfibrom (11/99), b Entfernung nach einer Behandlung mit dem ultragepulsten CO₂-Laser (3/00). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

8.11 Schleimhautfibrom

■ Indikation

Das Fibrom ist ein gutartiger mesenchymaler Tumor, der durch Wucherung von Fibrozyten entsteht.

■ Praktisches Vorgehen

Auch in der Oralchirurgie werden zunehmend Lasersysteme zur Behandlung benigner Tumoren der Mundschleimhaut angewendet. Am häufigsten wird dabei der CO₂-Laser sowohl im kontinuierlichen als auch gepulsten Modus eingesetzt.

■ Nachbehandlung

Es ist keine spezielle Nachbehandlung notwendig. Gegebenenfalls können Mundspülungen bspw. mit Kamillenextrakt angewendet werden.

■ Epikrise

Schleimhautfibrome können mit diesem System unproblematisch in einer Sitzung abgetragen werden. Rezidive sind selten (Frame 1985a, b; Luomanen 1992; Nammour

u. Dourov 1992; Pick u. Colvard 1993; Pick u. Pecaro 1987; Richter 1990).

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.10 wurde ein Schleimhautfibrom in einer Sitzung mit dem ultragepulsten CO₂-Laser abgetragen.

8.12 Seborrhoische Keratose

■ Indikation

Seborrhoische Keratosen sind häufig vorkommende gutartige epidermale Neubildungen, die in Anzahl, Größe und Farbe sehr variabel sind.

■ Praktisches Vorgehen

Die einfachste und gleichzeitig kostengünstigste Therapiemethode ist nach wie vor die Exkochleation. Die Anwendung des Lasers ist unserer Meinung nach nur bei exponierter Lokalisation (Augenlid, Naseneingang etc.) oder bei flächenhafter Aussaat gerechtfertigt. Hierfür können der gepulste Erbium:YAG- oder CO₂-Laser eingesetzt werden. Für flache pigmentierte seborrhoische Keratosen kommen auch der gütegeschaltete Rubin- bzw. Nd:YAG-Laser mit guten Erfolgen in Betracht.

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Meist reichen, je nach Dicke der Läsionen, 1–2 Behandlungen zur vollständigen Entfernung aus (Dmovsek-Olup u. Vedlin 1997; Fitzpatrick et al. 1994; Raulin u. Greve 2003; Werner et al. 1996).

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.11 wurde eine seborrhoische Keratose in einer Sitzung mit dem Erbium:YAG-Laser abgetragen.

8.13 Syringome

■ Indikation

Das Syringom (syn. Hidradenom, Adenoma sudoriparum), Adenom des intraepithelialen Schweißdrüsenausführungsgangs, ist ein seltener, benigner Tumor der Schweißdrüsen der Haut.

■ Praktisches Vorgehen

Die Therapie von Syringomen war bis vor einigen Jahren aufgrund ihres disseminierten Verteilungsmusters



■ **Abb. 8.11** a Solitäre, histologisch gesicherte, seborrhoische Keratose (9/99), b Vollständige Entfernung durch einmalige Erbium:YAG-Behandlung (3/00). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

schwierig. Chirurgische Exzision, Elektrokauterisation und Kryotherapie sind zwar theoretisch in Einzelfällen möglich, führen aber zu unbefriedigenden Ergebnissen oder sind bei ausgedehnten Befunden bzw. periokulärer Lokalisation nicht praktikabel.

Mit dem gepulsten CO₂- und Erbium:YAG-Laser, vorzugsweise in Kombination, können gute Ergebnisse erzielt werden. Meist sind 1–3 Sitzungen bis zur Entfernung notwendig. Die Behandlungen können beim Auftreten von Rezidiven, die im Wesen der Hidradenome liegen, wiederholt werden. Zu empfehlen ist, zunächst eine Probebehandlung durchzuführen.

■ Epikrise

Im Rahmen der Aufklärung sollte eingehend auf die Gefahr von Narben und transienten, in Einzelfällen auch permanenten, Hypopigmentierungen hingewiesen werden. Patienten mit dunklen Augenringen sind hierfür besonders prädestiniert (Apfelberg et al. 1987a; Castro et al. 1993; Dmosek-Olup u. Vedlin 1997; Kaufmann u. Hibst 1996; Riedel et al. 1998; Sajben u. Ross 1999; Wang u. Roenigk 1999; Werner u. Raulin 1996).

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.12 wurden Syringome in drei Sitzungen mit dem ultragepulsten CO₂-Laser abgetragen.

In einem Fall von Syringomen des Dekolleté haben wir mit dem gepulsten Farbstofflaser ein gutes kosmetisches Ergebnis, allerdings mit geringfügigen Hypopigmentierungen, erreichen können (■ Abb. 8.13). Auch 1 Jahr nach der letzten von 3 Sitzungen ist die Patientin rezidivfrei.

8.14 Talgdrüsenhyperplasien

■ Indikation

Talgdrüsenhyperplasien zeigen sich als kleine weißlich-gelbliche Papeln mit zentraler Eindellung an Stirn, Wangen und Nase. Betroffen sind insbesondere Männer ab dem 30. Lebensjahr und seborrhoischem Hauttyp.

■ Praktisches Vorgehen

Neben der effektiven, kostengünstigen und unkomplizierten Kryotherapie führen der gepulste Farbstofflaser sowie abtragende Lasersysteme (Erbium:YAG- und gepulster CO₂-Laser) zu guten Ergebnissen. Unabhängig von der Behandlungsart sind 2–3 Sitzungen notwendig (Gonzalez et al. 1999; Riedel et al. 1999; Schönermark et al. 1997).

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Talgdrüsenhyperplasien ähneln gelegentlich Basaliomen. Vor der Therapie einer auf Talgdrüsenhyperplasie verdächtigen Hautveränderung sollte daher sicher ein Basaliom ausgeschlossen werden.

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.14 wurden die Talgdrüsenhyperplasien ausschließlich mittels Farbstofflasers und in ■ Abb. 8.15 durch eine Kombinationstherapie mittels Erbium:YAG/CO₂-Lasers und gepulsten Farbstofflasers in jeweils einer Sitzung entfernt.

8.15 Xanthelasmen

■ Indikation

Xanthelasmen sind gelblich-flache Plaques an Ober- und Unterlidern. Bei etwa der Hälfte der Patienten besteht gleichzeitig eine Störung des Lipidstoffwechsels. Die »klassische« Behandlungsmethode ist die chirurgische Exzision, die allerdings mit Narben und einer hohen

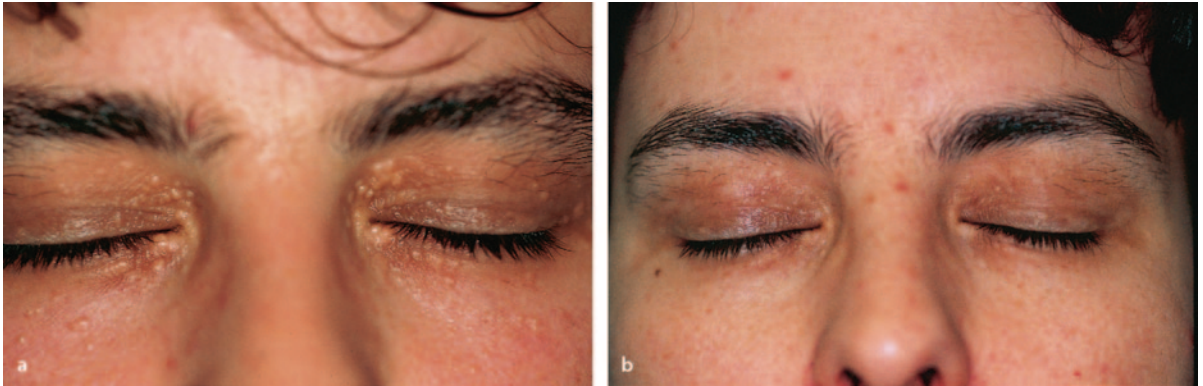


Abb. 8.12 a Ausgeprägte Syringome bei einer 35-jährigen Patientin (8/95), b Zustand nach 3 Sitzungen mit dem ultragepulsten CO₂-Laser und einem Follow-Up von über 4 Jahren (3/00). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

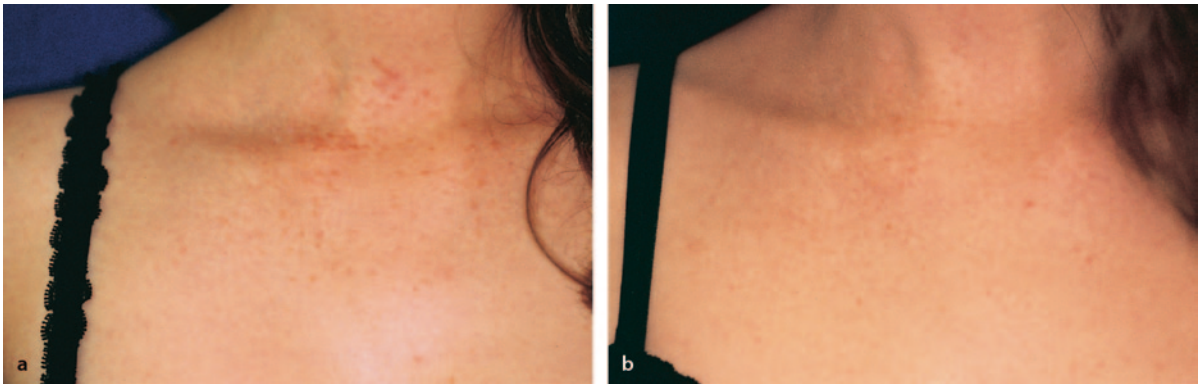


Abb. 8.13 a Disseminierte (eruptive) Syringome (10/98), b diskrete Residuen und Hypopigmentierungen nach 3 Behandlungen mit dem gepulsten Farbstofflaser und 15 Monaten Nachbeobachtung (1/00). Keine Rezidive. (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

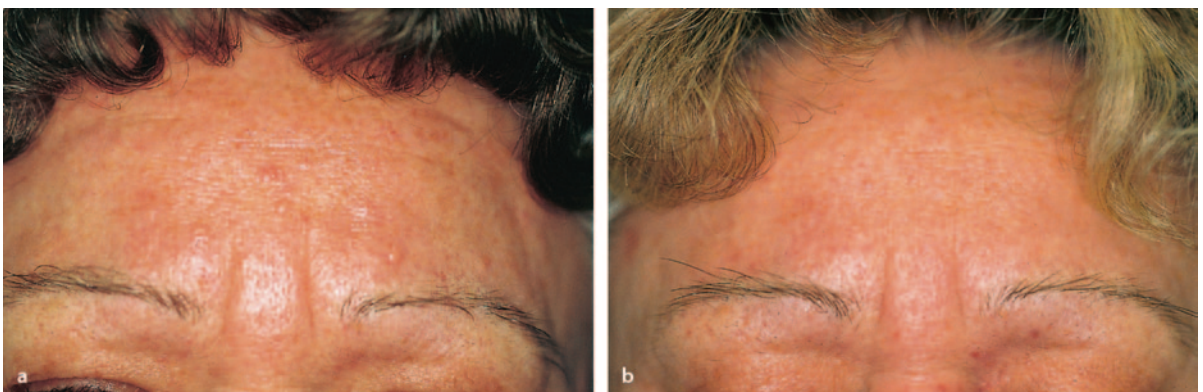
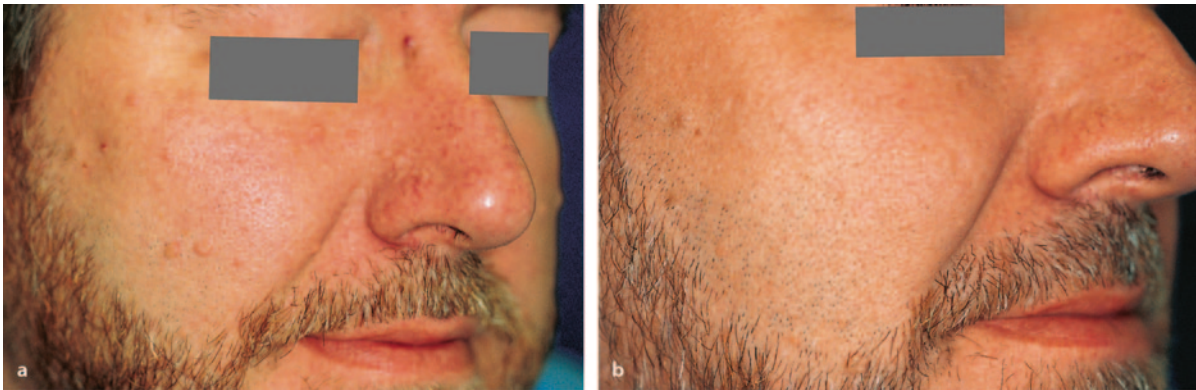


Abb. 8.14 a Talgdrüsenhyperplasien (4/95), b Rückbildung nach 3 Behandlungen mit dem gepulsten Farbstofflaser (1/96). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

Rezidivrate verbunden ist. Nach Mendelson und Maason (1976) kommt es nach der ersten Exzision in 40 %, nach der zweiten in 60 % der Fälle zu Neubildungen. Im Fall sehr ausgedehnter Befunde und bei schwieriger Lokalisa-

tion ist diese Therapieform zudem schwer oder nur eingeschränkt anwendbar, des Weiteren bei Rezidiven nicht beliebig oft wiederholbar.



■ **Abb. 8.15** a Talgdrüsenhyperplasien (6/98), b vollständige Entfernung nach jeweils einer Behandlung mit dem kombinierten Erbium:YAG-/CO₂-Laser und dem gepulsten Farbstofflaser (8/99). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

■ Praktisches Vorgehen

Im Lauf der Jahre wurden Argon-, CO₂-, Erbium:YAG- und der gepulste Farbstofflaser für diese Indikation eingesetzt. Der Eingriff mit dem CO₂-Laser kann problemlos in Lokalanästhesie erfolgen. Die Augen sollten durch Augenschalen geschützt werden. Bei Rezidiven ist die Therapie wiederholbar. Limitiert ist der Einsatz lediglich bei ausgedehnter Eindringtiefe der Xanthelasmen, weswegen ein früher Behandlungszeitpunkt gewählt werden sollte. Gegebenenfalls sind verbliebene tiefliegende Anteile in einer zweiten Sitzung chirurgisch zu entfernen.

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Die Ergebnisse nach Behandlung mit dem Argonlaser sind widersprüchlich. In einer Studie kam es nach 1 bzw. 2 Sitzungen bei jeweils 13 von 32 Xanthelasmen zu einem sehr guten Ergebnis ohne Narben bzw. zu einem guten Resultat mit geringer Narbenbildung, in 6 Fällen lediglich zu einer Reduzierung der Größe. Nach 12–18 Monaten lag die Rezidivquote bei 37 % (Hintschich 1995). Drosner und Vogt (1991) hingegen berichten von 21 Xanthelasmen, die nach 1–2 Sitzungen vollständig und dauerhaft entfernt wurden (Nachbeobachtungszeitraum 12 Monate).

Der gepulste Farbstofflaser ist unserer Einschätzung nach nur für initiale, flache Läsionen geeignet, wobei grundsätzlich mit mehreren Behandlungen gerechnet werden muss (Karsai et al. 2009a).

Der CO₂-Laser hat sich in einer Reihe wissenschaftlicher Veröffentlichungen als das effektivste Verfahren erwiesen. In einer Arbeit an 23 Patienten mit insgesamt 52 Xanthelasmen konnten wir mit dem ultragepulsten CO₂-Laser nach einer Sitzung eine vollständige Entfernung

aller Läsionen erreichen (Raulin et al. 1999). Transiente Hyperpigmentierungen traten in 4 %, transiente Hypopigmentierungen in 13 % der Fälle auf. In einer Nachbeobachtungszeit von 10 Monaten zeigten nur 3 Patienten Rezidive. Als Rezidivprophylaxe hat sich der adjuvante Einsatz des gepulsten Farbstofflasers bewährt (Alster u. West 1996; Apfelberg et al. 1987b; Gladstone et al. 1985; Mendelson u. Maason 1976; Schönermark u. Raulin 1996).

Über die Anwendung des Erbium:YAG-Lasers wird von Kaufmann und Hibst (1996), Dmovsek-Olup u. Vedlin (1997) sowie Hartmann et al. (1999) berichtet. In die Tiefe reichende Xanthelasmen können unserer Einschätzung nach wegen der fehlenden Blutstillung mit diesem Lasertyp allein nicht sicher bis zum Grund abgetragen werden. Ideal erscheint uns der kombinierte Einsatz beider Systeme.

Die Anwendung gütegeschalteter Laser (Nd:YAG und KTP-Nd:YAG) ist keine effektive Option (Karsai et al. 2009b).

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.16 wurde ein Xanthelasma ausschließlich mittels Farbstofflasers in 3 Sitzungen und in ■ Abb. 8.17 mittels CO₂-Lasers in einer Sitzung entfernt.

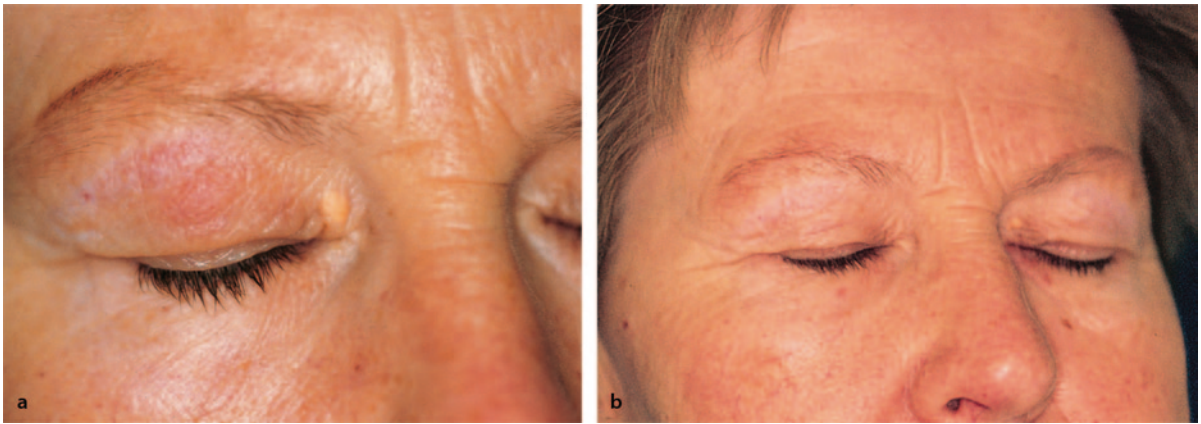
8.16 Zungenpapillom

■ Indikation

Das Fibrom ist ein gutartiger mesenchymaler Tumor, der durch Wucherung von Fibrozyten entsteht.

■ Praktisches Vorgehen

Ebenso wie Schleimhautfibrome sind auch benigne Zungenpapillome einer Abtragung durch den cw-/gepulsten CO₂-Laser zugänglich.



■ **Abb. 8.16** a Xanthelasma (10/94), b Entfernung nach 3 Sitzungen mit dem gepulsten Farbstofflaser. Rezidivfreier Nachbeobachtungszeitraum von fast 5 1/2 Jahren (2/00). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)



■ **Abb. 8.17** a Xanthelasmen (11/96), b vollständige Entfernung mit geringfügigen Hypopigmentierungen nach einer Behandlung mit dem ultragepulsten CO₂-Laser (03/02). Kein Rezidiv nach mehr als 5 Jahren. (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

■ Nachbehandlung

Es ist keine spezielle Nachbehandlung notwendig. Gegebenenfalls können Mundspülungen bspw. mit Kamillenextrakt angewendet werden.

■ Epikrise

Verschiedene Autoren berichten gegenüber der Skalpellexzision über den Vorteil geringerer postoperativer Schmerzen und einer reduzierten Entzündungsreaktion. Besonders hervorgehoben wird des Weiteren ein übersichtliches Arbeiten durch die Koagulation von kleinen Blutgefäßen und eine nur geringfügige Narbenbildung (Frame 1985a, b; Luomanen 1992; Nammour u. Dourov 1992; Pick u. Colvard 1993; Pick u. Pecaro 1987; Richter 1990).

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.18 wurde ein Zungenpapillom in einer Sitzung mittels ultragepulsten CO₂-Lasers abgetragen.

8.17 Zysten (ekkrines Hidrozystom)

■ Indikation

Diese kleinen gutartigen zystischen Tumoren leiten sich von den ekkrinen Schweißdrüsen ab und treten bevorzugt an den Lidern auf.

■ Praktisches Vorgehen

Eine Entleerung durch Stichinzision reicht in den meisten Fällen als vorübergehende Therapiemaßnahme aus. Bei Rezidiven hat sich nach unserer Erfahrung die Vaporisation bzw. Ablation der Zystenwand mittels Erbium:YAG- und gepulsten CO₂-Lasers als elegante und erfolgreiche Methode erwiesen. Bei Behandlungen am Lid sind Augenschalen zu empfehlen.



■ **Abb. 8.18** a Seit 10 Jahren bestehendes Zungenpapillom (9/00), b vollständige Entfernung 3 Monate nach einer Behandlung durch den ultragepulsten CO₂-Laser (12/00). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Tanzi und Alster (2001) berichten auch über die erfolgreiche Behandlung von Hidrozystomen im Gesicht bei einem 54-jährigen Patienten mit dem gepulsten Farbstofflaser (585 nm, 7,0–7,5 J/cm²). Nach insgesamt 4 Sitzungen konnten sie eine fast komplette Entfernung erzielen. Rezidive traten in einem Nachbeobachtungszeitraum von 18 Monaten nicht auf. Der Wirkmechanismus bleibt ungeklärt.

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.19 wurde ein ekkrines Hidrozystom in einer Sitzung mittels Erbium:YAG-Lasers entfernt.

8.18 Zysten (mukoide Dorsalzyste)

■ Indikation

Benigne, meist asymptomatische Pseudozyste mit gallertartigem Inhalt. Häufig mit Gelenkspalten der digitalen Interphalangeal-Gelenke kommunizierend und gelegentlich mit Osteoarthritis einhergehend.

■ Praktisches Vorgehen

Die Lasertherapie (Erbium:YAG/CO₂) der mukoiden Dorsalzyste hat sich in unserem Patientengut nicht bewährt. Nach Entleerung des schleimigen Sekrets und trotz tiefer Abtragung des Wundgrunds kam es in den meisten Fällen innerhalb weniger Wochen zu Rezidiven.

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Karrer et al. (1999) sowie Landthaler und Hohenleutner (1999) berichten allerdings über bessere Ergebnisse.

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.20 wurde eine mukoide Fingerzyste mittels Erbium:YAG- und CO₂-Lasers abgetragen.

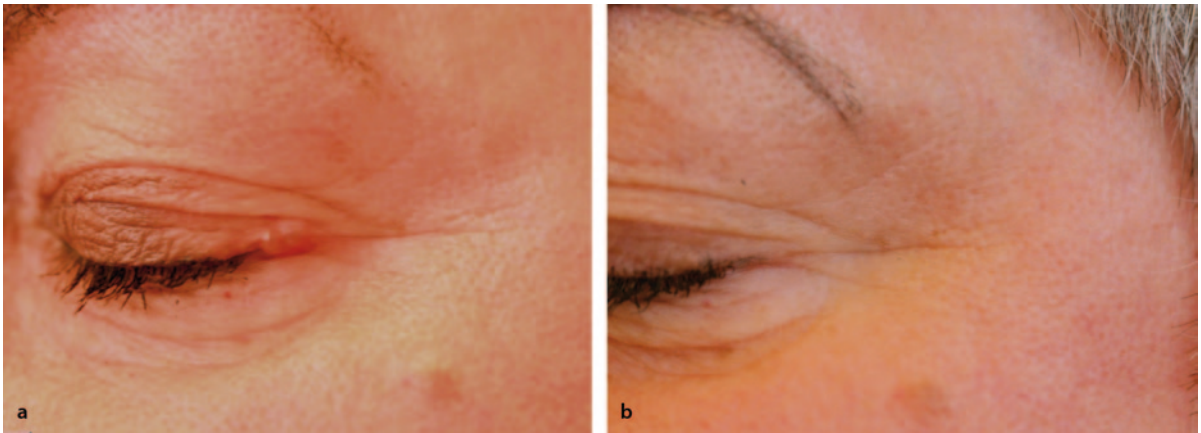
8.19 Zysten (Steatocystoma multiplex, Eruptive Vellushaarzysten)

■ Indikation

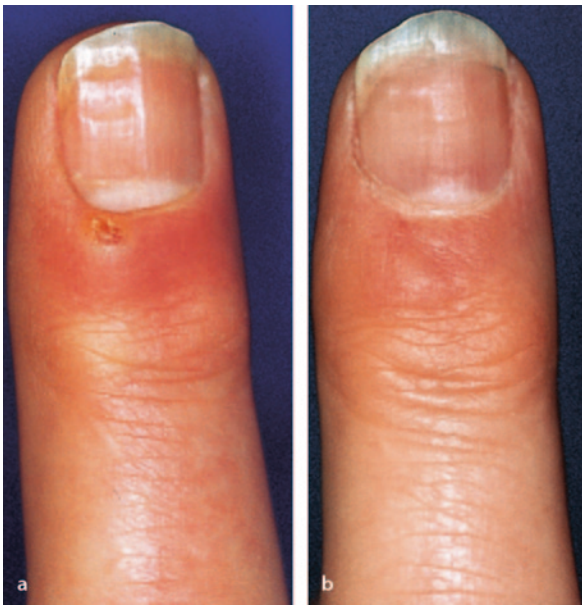
Das Steatocystoma multiplex ist eine seltene autosomal-dominante Genodermatose, die durch zahlreiche kleine Zysten an Brust, Abdomen, Achselhöhlen, Rücken, Skrotum und Gesicht gekennzeichnet ist. Es bestehen fließende Übergänge zu den eruptiven Vellushaarzysten (Huerter u. Wheeland 1987). In beiden Fällen reichen die Läsionen bis in die mittlere Dermis und bereiten deshalb therapeutische Schwierigkeiten.

■ Praktisches Vorgehen

Die chirurgische Vorgehensweise mittels minimaler Skalpellinzision und Extraktion der Zystenwand führte in einem von uns behandelten Fall zu einer geringfügigeren Narbenbildung als die zunächst durchgeführte Eröffnung bzw. Abtragung mit dem Erbium:YAG- und CO₂-Laser.



■ Abb. 8.19 a Ekrines Hidrozystom (3/09), b Zustand nach einer Sitzung mit dem Erbium:YAG-Laser (8/09). (Aus Hammes 2013)



■ Abb. 8.20 a Mukoide Fingerzyste (12/99) nach mehrmaliger Kryotherapie, b Entfernung nach tiefer Abtragung und Marsupialisierung mit dem Erbium:YAG- und CO₂-Laser (3/00). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

■ Nachbehandlung

Die entstehenden oberflächlichen Schürfwunden sollten antiseptisch behandelt werden. Ein konsequenter Sonnenschutz ist notwendig.

■ Epikrise

Einzelne Kasuistiken berichten über gute Ergebnisse mit chirurgischen und lasertherapeutischen Methoden (Adams et al. 1999; Krahenbuhl et al. 1991).

8.20 Zysten (Traumatische Schleimzyste, Mukozele)

■ Indikation

Diese meist am Lippenrot oder der Mukosa der Unterlippe gelegenen Pseudozysten werden durch eine traumatische Ruptur der Ausführungsgänge von Speicheldrüsen verursacht. Sie sind die häufigsten Läsionen der Mundschleimhaut und können sich im späteren Verlauf in eine chronisch entzündliche Form, das Schleimgranulom, umwandeln.

■ Praktisches Vorgehen

Die Entfernung mit dem CO₂-Laser ist unkompliziert und mit guten Resultaten möglich. Der Erbium:YAG- und koagulierende Laser sind ebenfalls Therapieoptionen (Frame 1985a, b; Neumann u. Knobler 1990).

■ Nachbehandlung

Es ist keine spezielle Nachbehandlung notwendig. Gegebenenfalls können Mundspülungen bspw. mit Kamilleneextrakt angewendet werden.

■ Fallbeispiel

In ■ Abb. 8.21 wurde eine traumatische Schleimretentionszyste in einer Sitzung mittels ultragepulsten CO₂-Lasers entfernt.

8.21 »Take Home Messages«

Beim geringsten Zweifel an der Gutartigkeit eines Tumors ist zum Ausschluss von Malignität eine Biopsie zu entnehmen und histologisch zu untersuchen.



■ **Abb. 8.21** a Traumatische Schleimretentionszyste (11/99), b Entfernung 1 Monat nach einmaliger Therapie mit dem ultragepulsten CO₂-Laser (12/99). (Aus Raulin u. Greve 2003; mit frdl. Genehmigung)

Die Behandlung mit ablativen Lasern (CO₂- und Erbi-um:YAG-Laser) bringt meist bessere kosmetische Ergebnisse als ein chirurgischer Eingriff, jedoch muss auch die Rezidivwahrscheinlichkeit bedacht werden.

Die Behandlung ist schmerzhaft und muss meist unter Lokalanästhesie durchgeführt werden.

Literatur

Adams BB, Mutasim DF, Nordlund JJ (1999) Steatocystoma multiplex: a quick removal technique. *Cutis* 64: 127–130

Alster TS (1994) Inflammatory linear verrucous epidermal nevus: successful treatment with the 585 nm flashlamp-pumped pulsed dye laser. *J Am Acad Dermatol* 31: 513–514

Alster TS, West TB (1996) Ultrapulse CO₂ laser ablation of xanthelasma. *J Am Acad Dermatol* 34: 848–849

Apfelberg DB, Maser MR, Lash H, White H, Cosman B (1987a) Superpulsed CO₂ laser treatment of facial syringomas. *Lasers Surg Med* 7: 533–537

Apfelberg DB, Maser MR, Lash H, White DN (1987b) Treatment of xanthelasma palpebrarum with the carbon dioxide laser. *J Dermatol Surg Oncol* 13: 149–151

Arndt KA (1982) Adenoma sebaceum: successful treatment with the argon laser. *Plast Reconstr Surg* 70: 91–93

Ashinoff R (1993) Linear nevus sebaceus of Jadassohn treated with the carbon dioxide laser. *Pediatr Dermatol* 10: 189–191

Baba T, Narumi H, Hanada K, Hashimoto I (1995) Successful treatment of dark-colored epidermal nevus with ruby laser. *J Dermatol* 22: 567–570

Becker DW (1991) Use of the carbon dioxide laser in treating multiple cutaneous neurofibromas. *Ann Plast Surg* 26: 582–586

Berlin AL, Billick RC (2002) Use of CO₂ laser in the treatment of periungual fibromas associated with tuberous sclerosis. *Dermatol Surg* 28(5): 434–436

Birt AR, Hogg GR, Dubé WJ (1977) Multiple fibrofolliculomas with trichodiscomas and acrochordons. *Arch Dermatol* 113: 1674–1677

Bohigian RK, Shapshay SM, Hybels RL (1988) Management of rhinophyma with carbon dioxide laser: Lahey Clinic experience. *Lasers Surg Med* 8: 397–401

Boixeda P, Sanchez-Miralles E, Azana JM, Arrazola JM, Moreno R, Ledo A (1994) CO₂, argon, and pulsed dye laser treatment of angiofibromas. *J Dermatol Surg Oncol* 20: 808–812

Castro DJ, Soudant J, Saxton RE (1993) The surgical management of facial syringomas using the superpulsed CO₂-Laser. *J Clin Laser Med Surg* 11: 33–37

Cribier B, Scrivener Y, Grosshans E (2000) Tumors arising in nevus sebaceus: A study of 596 cases. *J Am Acad Dermatol* 42: 263–268

Dmosek-Olup B, Vedlin B (1997) Use of the Er:YAG laser for benign skin disorders. *Lasers Surg Med* 21: 13–19

Drosner M, Vogt HJ (1991) Xanthelasma palpebrarum. Behandlung mit dem Argonlaser. *Z Hautkr* 67: 144–147

Fitzpatrick RE, Goldman MP, Ruiz-Esparza J (1994) Clinical advantage of the CO₂ laser superpulsed mode. Treatment of verruca vulgaris, seborrheic keratoses, lentigines, and actinic cheilitis. *Dermatol Surg Oncol* 20: 449–456

Flores JT, Apfelberg DB, Maser MR, Lash H (1984) Trichoepithelioma: successful treatment with the argon laser. *Plast Reconstr Surg* 74: 694–698

Foucar K, Rosen T, Foucar E, Cochran RJ (1981) Fibrofolliculoma: a clinicopathologic study. *Cutis* 28: 429–432

Frame JW (1985a) Carbon dioxide laser surgery for benign oral lesions. *Br Dent J* 158: 125–128

Frame JW (1985b) Removal of oral soft tissue pathology with the CO₂ laser. *J Oral Maxillofac Surg* 43: 850–855

Gambichler T, Wolter M, Altmeyer P, Hoffman K (2000) Treatment of Birt-Hogg-Dubé syndrome with erbium:YAG laser. *J Am Acad Dermatol* 43(5 Pt 1): 856–858

Giroux JM, Cadotte M, Barolet D, Provost N (1994) Fibrofolliculoma. Treatment with copper vapor laser. *Ann Dermatol Venerol* 121(2): 130–133

Gjuric M, Rettinger G (1993) Comparison of carbon dioxide laser and electrosurgery in the treatment of rhinophyma. *Rhinology* 31: 37–39

Gladstone GJ, Beckman H, Elson LM (1985) CO₂ laser excision of xanthelasma lesions. *Arch Ophthalmol* 103: 440–442

Gonzalez S, White WM, Rajadhyaksha M, Anderson RR, Gonzalez E (1999) Confocal imaging of sebaceous gland hyperplasia in vivo to assess efficacy and mechanism of pulsed dye laser treatment. *Lasers Surg Med* 25: 8–12

Greenbaum SS, Krull EA, Watnick K (1988) Comparison of CO₂ laser and electrosurgery in the treatment of rhinophyma. *J Am Acad Dermatol* 18: 363–368

- Hammes (2013) Benigne Tumoren und organoide Nävi. In: Raulin C, Karsai S (Hrsg) *Lasertherapie der Haut*. Springer, Berlin, S 69–84
- Hammes S, Raulin C, Karsai S, Bernt R, Ockenfels HM (2008) Management papillomatöser intradermaler Nävi: Laser ja oder nein? Eine Prospektivstudie. *Hautarzt* 59(2): 101–107
- Har-El G, Shapshay SM, Bohigian RK, Krespi YP, Lucente FE (1993) The treatment of rhinophyma. 'Cold' vs laser techniques. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg* 119: 628–631
- Hartmann A, Bauer C, Haferkamp B, Lurz C, Hamm H, Bröcker EB (1999) Dermaablation benigner Neubildungen sowie Präkanzerosen der Haut mit dem Er:YAG-Laser. *Hautarzt* 50(Suppl 1): 139
- Hellwig S, Petzoldt D, König K, Raulin C (1998) Aktueller Stand der Lasertherapie in der Dermatologie. *Hautarzt* 49: 690–704
- Hintschich C (1995) Argonlaserkoagulation von Xanthelasma. *Ophthalmologie* 92: 858–861
- Hoffman SJ, Walsh P, Morelli JG (1993) Treatment of angiofibroma with the pulsed tunable dye laser. *J Am Acad Dermatol* 29: 790–791
- Hohenleutner U, Landthaler M (1993) Laser therapy of verrucous epidermal naevi. *Clin Exp Dermatol* 18: 124–127
- Hohenleutner U, Wlotzke U, Konz B, Landthaler M (1995) Carbon dioxide laser therapy of a widespread epidermal nevus. *Lasers Surg Med* 16: 288–291
- Huerter CJ, Wheeland RG (1987) Multiple eruptive vellus hair cysts treated with carbon dioxide laser vaporization. *J Dermatol Surg Oncol* 13: 260–263
- Jacob CI, Dover JS (2001) Birt-Hogg-Dube syndrome: treatment of cutaneous manifestations with laser skin resurfacing. *Arch Dermatol* 137(1): 98–99
- Janniger CK, Goldberg DJ (1990) Angiofibromas in tuberous sclerosis: comparison of treatment by carbon dioxide and argon laser. *J Dermatol Surg Oncol* 16: 317–320
- Józwiak S, Schwartz RA, Janniger CK, Michalowicz R, Chmielik J (1998) Skin lesions in children with tuberous sclerosis complex: their prevalence, natural course, and diagnostic significance. *Int J Dermatol* 37: 911–917
- Junkins-Hopkins JM, Cooper PH (1994) Multiple perifollicular fibromas: report of a case and analysis of the literature. *J Cutan Pathol* 21: 467–471
- Kahle B, Hellwig S, Schulz T (2001) Multiple mantleomas in Birt-Hogg-Dubé syndrome: successful therapy with CO₂ laser. *Hautarzt* 52(1): 43–46
- Kardorff B (1998) Neurofibromatose Typ I (Morbus Recklinghausen): Kombinierte Erbium:YAG-Laser- und Exzisionstherapie von kutanen Neurofibromen. *Derm* 4: 404–406
- Kardorff B, Kunze J (1995) Neurofibromatose Typ I (Morbus Recklinghausen): Erbium:YAG-Lasertherapie von kutanen Neurofibromen – Nachbeobachtung über ein Jahr. *Derm* 5: 199–200
- Karim Ali M, Streitmann MJ (1997) Excision of rhinophyma with the carbon dioxide laser: a ten-year experience. *Ann Otol Rhinol Laryngol* 106: 952–955
- Karrer S, Hohenleutner U, Szeimies RM, Landthaler M (1999) Treatment of digital mucous cysts with a carbon dioxide laser. *Acta Derm Venereol* 79: 224–225
- Karsai S, Czarnecka A, Raulin C (2009a) Treatment of Xanthelasma Palpebrarum with a Pulsed Dye Laser: A Prospective Clinical Trial in 38 Cases. *Dermatol Surg* 36: 610–617
- Karsai S, Schmitt L, Raulin C (2009b) Is Q-switched Nd:YAG laser (532 nm and 1064 nm) an effective approach to treat xanthelasma palpebrarum? Results from a clinical study in 76 cases. *Dermatol Surg* 35(12): 1962–1969
- Katalinic D (1992) Laser surgery of Neurofibromatosis 1 (NF 1). *J Clin Laser Med Surg* 10: 185–192
- Kaufmann R, Hibst R (1996) Pulsed Erbium:YAG laser ablation in cutaneous surgery. *Lasers Surg Med* 19: 324–330
- Kint A, Baran R (1988) Histopathologic study of Koenen tumors. Are they different from acquired digital fibrokeratoma? *J Am Acad Dermatol* 18: 369–372
- Krahenbuhl A, Eichmann A, Pfaltz M (1991) CO₂ laser therapy for steatocystoma multiplex. *Dermatologica* 183: 294–296
- Landthaler M, Hohenleutner U (1999) Benigne Tumoren. In: Landthaler M, Hohenleutner U (Hrsg) *Lasertherapie in der Dermatologie. Atlas und Lehrbuch*, 1. Aufl. Springer, Berlin, S 99–100
- Losee JE, Serletti JM, Pennino RP (1999) Epidermal nevus syndrome: a review and case report. *Ann Plast Surg* 43: 211–214
- Luomanen M (1992) Experience with a carbon dioxide laser for removal of benign oral soft-tissue lesions. *Proc Finn Dent Soc* 88: 49–55
- Mazaira M, del Pozo LJ, Fernández-Jorge B, Fernández-Torres R, Martínez W, Fonseca E (2008) Shave and phenolization of periungual fibromas, Koenen's tumors, in a patient with tuberous sclerosis. *Dermatol Surg* 34(1): 111–113
- Mendelson BC, Maason JK (1976) Xanthelasma: follow-up or results after surgical excision. *Plast Reconstr. Surg* 58: 535–538
- Nammour S, Dourov N (1992) Removal of benign tumors using the CO₂ laser. *J Clin Laser Med Surg* 10: 109–113
- Neumann RA, Knobler RM (1990) Treatment of oral mucous cysts with an argon laser. *Arch Dermatol* 126: 829–830
- Nickel WR, Reed WB (1962) Tuberous sclerosis. *Arch Dermatol* 85: 209–226
- Olbright SM (1993) Use of the carbon dioxide laser in dermatologic surgery. A clinically relevant update for 1993. *J Dermatol Surg Oncol* 19: 364–369
- Pick RM, Colvard MD (1993) Current status of lasers in soft tissue dental surgery. *J Periodontol* 64: 589–602
- Pick RM, Pecaro BC (1987) Use of the CO₂ laser in soft tissue dental surgery. *Lasers Surg Med* 7: 207–213
- Ratz JL, Bailin PL, Wheeland RG (1986) Carbon dioxide laser treatment of epidermal nevi. *J Dermatol Surg Oncol* 12: 567–570
- Raulin C, Greve B (2003) Benigne Tumoren und organoide Naevi. In: Raulin C, Greve B (Hrsg) *Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin*, 2. Aufl. Schattauer, Stuttgart, S 59–72
- Raulin C, Karsai S (2013) *Lasertherapie der Haut*. Springer, Berlin
- Raulin C, Schönermark MP, Werner S, Greve B (1999) Xanthelasma palpebrarum: treatment with the ultrapulsed CO₂ laser. *Lasers Surg Med* 24: 122–127
- Richter W (1990) Die Anwendung eines Kohlendioxid Lasers bei der Behandlung oraler Weichgewebe. *ZWR* 99: 969–976
- Riedel F, Kanafani N, Windberger J, Stein E (1998) Entfernung von Syringomen mit dem Erbium:YAG Laser-System. *Akt Dermatol* 24: 20–22
- Riedel F, Bergler W, Baker-Schreyer A, Stein E, Hörmann K (1999) Kontrollierte Feinstdermaablation im Gesichtsbereich mit dem Erbium:YAG-Laser. *HNO* 47: 101–106
- Roenigk RK, Ratz JL (1987) CO₂ laser treatment of cutaneous neurofibromas. *J Dermatol Surg Oncol* 13: 187–190
- Rongioletti F, Hazini R, Gianotti G, Rebora A (1988) Fibrofolliculomas, trichodiscomas and acrochordons (Birt-Hogg-Dubé) associated with intestinal polyposis. *Clin Exp Dermatol* 14: 72–74
- Sajben FP, Ross EV (1999) The use of the 1.0 mm handpiece in high energy, pulsed CO₂ laser destruction of facial adnexal tumors. *Dermatol Surg* 25: 41–44
- Sawchuk WS, Heald PW (1984) CO₂ laser treatment of trichoepithelioma with focused and defocused beam. *J Dermatol Surg Oncol* 10: 905–907

- Schönermark MP, Raulin C (1996) Treatment of xanthelasma palpebrarum with the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 19: 336–339
- Schönermark MP, Schmidt C, Raulin C (1997) Treatment of sebaceous gland hyperplasia with the pulsed dye laser. *Lasers Surg Med* 21: 313–316
- Shapshay SM, Strong MS, Anastasi GW, Vaughan CW (1980) Removal of rhinophyma with the carbon dioxide laser: a preliminary report. *Arch Otolaryngol* 106: 257–259
- Song MG, Park KB, Lee ES (1999) Resurfacing of facial angiofibromas in tuberous sclerosis patients using CO₂ laser with flashscanner. *Dermatol Surg* 25: 970–973
- Spenler CW, Achauer BM, Vander Kam VM (1988) Treatment of extensive adenoma sebaceum with a carbon dioxide laser. *Ann Plast Surg* 20: 586–589
- Tanzi E, Alster TS (2001) Pulsed dye laser treatment of multiple eccrine hidrocystomas: a novel approach. *Dermatol Surg* 27: 898–900
- Wang JI, Roenigk HH (1999) Treatment of multiple facial syringomas with the carbon dioxide (CO₂) laser. *Dermatol Surg* 25: 136–139
- Ward PE, McCarthy DJ (1990) Periungual fibroma. *Cutis* 46: 118–124
- Werner S, Raulin C (1996) Behandlung von Syringomen mit dem ultragepulsten CO₂-Laser. *Z Hautkr* 71: 760–762
- Werner S, Hellwig S, Raulin C (1996) Behandlung seborrhoischer Keratosen mit dem gütegeschalteten Rubinlaser. *Akt Dermatol* 22: 207–209
- Weston J, Apfelberg DB, Maser MR, Lash H, White D (1985) Carbon dioxide laserabrasion for treatment of adenoma sebaceum in tuberous sclerosis. *Ann Plast Surg* 15: 132–137
- Wheeland RG, Bailin PL, Kronberg E (1984) Carbon dioxide (CO₂) laser vaporization for the treatment of multiple trichoepithelioma. *J Dermatol Surg Oncol* 10: 470–475
- Wheeland RG, Bailin PL, Ratz JL (1987) Combined carbon dioxide laser excision and vaporization in the treatment of rhinophyma. *J Dermatol Surg Oncol* 13: 172–177

Facial Rejuvenation

U. Westermann

- 9.1 Diagnose – 124
- 9.2 Indikation – 124
- 9.3 Praktisches Vorgehen – 125
- 9.4 Nachbehandlung – 126
- 9.5 Epikrise – 127
- 9.6 Fallbeispiel – 129
- Literatur – 133

9.1 Diagnose

■ Altersatrophie der Gesichtshaut

Die Alterung der Haut und des Unterhautgewebes ist durch intrinsische und extrinsische Faktoren bedingt. Bei beiden Alterungsformen der Haut stehen zwar Elastizitätsverlust und Faltenbildungen im Vordergrund, dennoch können sie sich sichtbar unterscheiden:

Die durch extrinsische Umwelteinflüsse veränderte Haut ist meist verdickt, unregelmäßig pigmentiert und gelblich, lederartig fest, wie gegerbt. Stellenweise finden sich aber auch Hyper- oder Hypopigmentierungen. Diese Art der Hautalterung mit den dazugehörigen feingeweblichen, histologischen Veränderungen wird als Elastose bezeichnet.

Die erste Phase der extrinsischen Hautalterung ist gekennzeichnet durch Proliferationssteigerungen mit zunehmenden Zellveränderungen im Sinn von Dysplasien der Keratinozyten. Später kommt es jedoch aufgrund von starken Veränderungen hauptsächlich des dermalen Bindegewebes, insbesondere am Kollagen, zur fortschreitenden Fragmentierung und Atrophie.

Die intrinsische Hautalterung ist genetisch bzw. altersbedingt. Das subkutane Fettgewebe atrophiert und verdünnt sich bei paralleler Höhenabnahme von Dermis und Epidermis. Auch die Dichte der kollagenen Fasern reduziert sich. Die typische Schichtung der Kollagenfasern geht über in ungeordnete Zustände. Auch elastische Fasern und Gefäße werden weniger zahlreich.

Darüber hinaus nimmt nicht nur die Zahl der Fibrozyten ab, sondern auch deren aktive, produktive Funktionsform, die Fibroblasten. Diese physiologische Hautalterung führt zu einer deutlichen Atrophie mit dem äußerlich erkennbaren Durchscheinen von Hautgefäßen durch die dünner werdende Haut. Im extrazellulären Bereich der Dermis nehmen zwar anfangs die elastischen Fasern zu, um sich danach schließlich wieder deutlich zu reduzieren und abzubauen. Festzustellen ist aber, dass intrinsische Hautalterung und extrinsische Hautalterung nicht immer genau zu trennen sind. Vielmehr laufen diese Vorgänge weitgehend parallel, ergänzen und überlagern sich.

Gealterte, sonnengeschädigte und faltige Haut wird seit langer Zeit mit dem Ziel einer Hautglättung und Hautverjüngung behandelt. In der Vergangenheit wurden hierzu in erster Linie Peelings und die Dermabrasion durchgeführt. Seit es möglich ist, auch durch bestimmte Lasersysteme ein Abtragen der Epidermis und eine Glättung zu erreichen, hat sich die Methode der Laser-Rejuvenation zunehmend etabliert. Aber erst durch die Entwicklung hoch gepulster Laser bestimmter Wellenlängen gelingt es bei gleichzeitiger Reduktion von unerwünschten Auswirkungen eine Hautverbesserung zu erreichen,

die zu reproduzierbaren Ergebnissen führt. Das Laser-Skin-Resurfacing ist eine gut kontrollierbare und fein abstimmbare Methode, die bei sorgfältiger Vorgehensweise zum gewünschten, angestrebten Erfolg führt (Alster u. Garg 1996; Beasley et al. 1997). Komplikationen, Gefahren und starke Nebenwirkungen lassen sich bei korrektem Vorgehen auf ein Minimum reduzieren.

Die für die Skin-Rejuvenation verwendeten Systeme sind in erster Linie die CO₂-Laser mit 10 600 nm Wellenlänge und die Erbium:YAG-Laser mit 2 940 nm. Beide Wellenlängen absorbieren gut im Wasser (Adrian 1999).

Da der Erbium:YAG-Laser allerdings eine deutlich höhere Absorption im Wasser zeigt, ist die Eindringtiefe an flüssigkeitsgesättigter Haut stark reduziert und die Wärmeabgabe in tiefere Schichten nur minimal. Man spricht deshalb beim Erbium:YAG-Resurfacing auch von sog. kalter Ablation (Teikemeyer u. Goldberg 1997).

9.2 Indikation

Die Indikationen für eine Laser-Skin-Rejuvenation sind in erster Linie Gesichtsfalten und Fältchen, sonnengeschädigte Gesichtshaut, Aknenarben, traumatisch bedingte Narben und aktinische Schäden (Fitzpatrick 1997).

Kontraindikationen stellen alle anamnestisch bekannten Formen einer überschüssigen Narbenbildung dar, ebenso virale oder bakterielle Hauterkrankungen. Nicht behandelt werden sollten auch Patienten mit Dysmorphiesyndrom oder psychogenen Grunderkrankungen. Auch Patienten mit Neigungen zu Hyper- oder Hypopigmentierungen sollten in Abhängigkeit von der Ausprägung möglichst keiner Lasertherapie unterzogen werden.

Bei der Patientenauswahl für ein Laser-Skin-Resurfacing sind hohe Anforderungen an die allgemeine und spezielle Anamnese zu stellen sowie an eine sorgfältige Erhebung zur Medikamenteneinnahme. Insbesondere nach Vorbehandlungen mit Isotretinoin sollte eine Wartezeit von 10–12 Monaten eingehalten werden, da sonst die Gefahr von Wundheilungsstörungen mit resultierenden Narbenentstehungen besteht.

Die mit zunehmendem Alter erkennbaren vielschichtigen Veränderungen der Gesichtshaut wurden von Glogau (1988) in Altersgruppen eingeteilt und in 4 Typen klassifiziert (■ Tab. 9.1).

Die alters- und noxenbedingt auftretenden Oberflächenveränderungen der Gesichtshaut sind durch verschiedene Maßnahmen, insbesondere aber lasermedizinisch, gut zu beeinflussen. Der hinsichtlich der Pigmentierung gut für ein Laser-Skin-Resurfacing geeignete Patient weist einen sog. Fitzpatrick- Hauttyp 1 oder 2 auf (Fitzpatrick 1975), ist hellhäutig, blond und zeigt ein schwaches Bräunungsverhalten bei sonnenempfindlicher Haut. Auch

Tab. 9.1 Veränderungen der Gesichtshaut nach Altersgruppen (Glogau 1998)

Typ	Alter (Jahre)	Veränderungen
1	20–40	Vorzeitige Lichtschäden mit leichten, einzelnen Pigmentveränderungen ohne Keratosen bei beginnender minimaler Faltenbildung
2	30–50	Vorzeitige Lichtschäden mit ersten senilen Lentigines, einzelnen tastbaren Hyperkeratosen und Lachfaltenbildung
3	45–70	Fortschreitende Lichtschäden bei deutlicheren Hyperpigmentierungen, sichtbaren Hyperkeratosen und statischen Falten
4	> 50	Ausgeprägte Lichtschäden bei gelblich-grauer Hautfarbe und erkennbaren präkanzerösen Veränderungen auf insgesamt faltiger Haut

Patienten des Pigmenthauttyps 3 mit dunkelblonden bis braunen Haaren, braunen oder grauen Augen und gutem Bräunungsverhalten können oft noch behandelt werden, zeigen aber nicht selten behandlungsbedingte postoperative Pigmentveränderungen der entsprechenden Areale im Sinn einer Hypo- oder Hyperpigmentierung.

Die augenscheinlichsten Behandlungserfolge nach Laser-Skin-Resurfacing werden erzielt bei Patienten mit mäßigen bis stärkeren Sonnenschäden und ausgeprägten statischen Falten (Glogautyp 3 und 4) (Apfelberg 1997). Dynamische Mimikfalten werden zwar temporär auch beeinflusst, sind aber als Folge muskulöser Aktivität frühzeitig rezidivierend. Das betrifft insbesondere die Nasolabial-, Labio-mental- und die Stirnfalten. Für das Erreichen eines objektiv guten Ergebnisses bei gleichzeitig subjektiver Zufriedenheit des Patienten ist nicht allein der behandlungsindizierte Ausgangsbefund entscheidend. Eine nicht unwesentliche Rolle spielen auch realistische Erwartungen des Patienten und das Realisieren des medizinisch Möglichen. Erreichbar ist das nur durch im Vorfeld erfolgte Aufklärungs- und Beratungsgespräche, einer kritischen Beurteilung des Befunds, aber auch des Psychogramms des Patienten.

9.3 Praktisches Vorgehen

Die Voruntersuchung des Patienten muss neben der allgemeinen und speziellen Anamnese v. a. die genaue Untersuchung der Haut und die Sicherung des Ausgangsbefunds einschließlich spezieller Fotodokumentationen beinhalten. Im Rahmen der sich anschließenden eingehenden und vertrauensschaffenden Aufklärung sind Wir-

kung, Nebenwirkungen, Verlauf und mögliche Risiken zu diskutieren. Dabei sollte auch entsprechendes Bildmaterial genutzt werden, um dem Patienten eine visuelle Realisierung von Befunden zu ermöglichen. Auch über denkbare alternative Behandlungsmöglichkeiten ist aufzuklären (Lowe et al. 1995; Roberts et al. 1996).

Vor einem Skin-Resurfacing ist eine ca. 6- bis 8-wöchige Sonnenkarenz angeraten, die nach der Behandlung für eine Zeit von bis zu 1 Jahr abnehmend fortgesetzt wird. Insbesondere bei allen Patienten mit einem anamnestisch bekannten Herpes-simplex-Infekt muss eine antivirale Prophylaxe 5 Tage präoperativ begonnen werden mit z. B. 2×400 mg Aciclovir, die postoperativ ca. 5 Tage weitergeführt wird (Nanni u. Alster 1998).

Das Laser-Skin-Resurfacing wird gewöhnlich in Allgemeinanästhesie oder in Sedierung durchgeführt. Bei begrenzten Eingriffen ist aber auch eine Regionalanästhesie ausreichend. Der zu behandelnde Gesichtsbereich sollte nach Hautreinigung und Desinfektion im Vorfeld möglichst am sitzenden Patienten mit einem chirurgischen Marker umzeichnet werden, um im Halsbereich bei einer Full-face-Behandlung die Schattenlinien zum Hals zu markieren und bei Teilbehandlungen die ästhetischen Gesichtseinheiten symmetrisch zu berücksichtigen. Die Laserbehandlung der Haut im Halsbereich sollte wegen des Risikos auf Narbenbildungen vermieden und daher ausgespart werden. Die eigentliche Durchführung des Laser-Skin-Resurfacing und die Einstellung der Geräteeinstellungen richtet sich beim ultragepulsten CO_2 -Laser und beim Erbium:YAG-Laser nach dem individuellen Ausgangsbefund, der Hautbeschaffenheit, den zu behandelnden Gesichtshautregionen und auch nach dem gewünschten Ergebnis (Alster u. Garg 1996).

Wesentlich für die Durchführung eines Skin-Resurfacing ist die Wirkung einer ausreichend hohen Energiedichte für eine Vaporisation der Epidermis. Dabei ist Voraussetzung, dass die Pulsdauer kürzer ist als die thermale Relaxationszeit des Gewebes. Auf diese Weise wird die Energie weitestgehend für die Vaporisierung genutzt bei gleichzeitiger Abstrahlung überschüssiger Temperatur in das umgebende Gewebe.

Aufgrund einer sehr hohen Pulsfrequenz von über 5 Hz wird trotz der kurzen Pulsdauer genügend Energie vom Gewebe aufgenommen, um die gewünschten Effekte zu erreichen. Deshalb müssen die für ein Skin-Resurfacing eingesetzten Lasergeräte nicht nur Wellenlängen mit hoher Absorption im Wasser generieren, sondern auch über die Möglichkeit der hohen Energiedichte bei kurzer Pulsdauer verfügen. Zum Einsatz der üblichen Scannersysteme werden die Applikationsmuster möglichst direkt aneinandergesetzt ohne Überlappung, um einen stellenweise zu hohen Energieeintrag mit der Folge möglicher Schädigungen zu vermeiden.

Beim ersten Laserdurchgang wird sowohl beim CO₂-Laser als auch beim Erbium:YAG-Laser die oberflächliche Epidermis abgetragen. Der entstandene Zelldetritus wird danach vorsichtig mit feuchten Tupfern abgewischt und die behandelte Fläche trockengetupft, bevor der zweite Durchgang erfolgt. Ein dritter Durchgang ist in der Regel Hautregionen mit dickerer Haut und ggf. deutlicher Hautschädigung vorbehalten. Die Ränder des Behandlungsareals sollten durch abnehmende Behandlungsintensität möglichst auslaufend verwischt werden, um einen harmonischen Übergang zu un behandelter Haut zu schaffen.

Einzubringende Energie pro Fläche und die Anzahl der Behandlungsdurchgänge müssen auf die Beschaffenheit der Haut allgemein und insbesondere auf die Region abgestimmt sein. Die dünne Haut der Augenlider ist mit äußerster Vorsicht und entsprechend reduziertem Energieeintrag zu behandeln. Unempfindlicher dagegen ist die Haut im übrigen Mittelgesichtsgebiet und an der Stirn. Dort können im Allgemeinen 2–3 Behandlungsdurchgänge und eine höhere Energie eingesetzt werden. Wegen der minimalen Adnexstrukturen und ebenfalls dünnerer Haut im Halsbereich sollte dort möglichst auf ein Laser-Resurfacing verzichtet werden. Ein vorsichtiger Einsatz des Erbium:YAG-Lasers ist ggf. aber im Halsbereich vertretbar. Das Erreichen der maximalen Behandlungstiefe wird beim Erbium:YAG-Laser durch punktförmige Blutungen an der papillären Dermis angezeigt. Beim CO₂-Laser ist dieser Punkt spätestens dann erreicht, wenn kein Zusammenziehen des Gewebes mehr erkennbar ist und ggf. eine gelbliche Verfärbung der Strukturen auftritt. Diese Verfärbung lässt sich durch Hitzewirkung auf die Blutgefäße im Stratum reticulare erklären. Eine Fortführung der Behandlung über die genannten Grenzbereiche hinaus würde mit großer Wahrscheinlichkeit unerwünschte Folgen nach sich ziehen und die Gefahr von bleibenden Schäden mit sich bringen (Raulin u. Grewe 2003; Raulin u. Karsai 2011).

9.4 Nachbehandlung

Am Ende des Eingriffs sollte zur Vermeidung von stärkeren Beschwerden, Schmerzen und Krustenbildung im Behandlungsgebiet eine okklusive Abdeckung erfolgen (Goldman 1997). Das ursprünglich durchgeführte Auftragen einer dicken Vaselineschicht wurde weitestgehend verlassen zugunsten einer Okklusion mit einer sehr dünnen Silikonfolie, die extrem feine Perforationen aufweist. Die Folienabdeckung wird für ca 3–5 Tage durchgeführt. Kontrolluntersuchungen sind in dieser Zeit zunächst täglich angeraten. Sobald die Reepithelisierung nach 5–7 Tagen abgeschlossen ist, können die Nachkontrollen im ersten Monat wöchentlich erfolgen. In dieser Zeit sind in Abhängigkeit vom Verlauf und der individuellen Hautreaktion pflegende Externa erforderlich, die an dem emp-

findlichen Gewebe keine unerwünschten Reaktionen auslösen können. Langzeitkontrollen finden dann monatlich bzw. vierteljährlich statt (Apfelberg 1995).

Bis etwa zum Abschluss der Epithelisierung wird die präoperative antivirale Medikation mit z. B. Aciclovir fortgesetzt. Eine prophylaktische antibiotische Begleittherapie oder Behandlung mit lokal applizierten fusidinsäurehaltigen Externa ist in der Regel genau so wenig indiziert wie ein Corticoideinsatz, der die mesenchymal gewünschte Reaktion stören würde. Wichtig ist aber der weiterhin konsequente Sonnenschutz.

Schwellungen, Rötungen, Brennen und Ausschüttungen der behandelten Hautareale sind übliche Begleiterscheinungen des Laser-Skin-Resurfacings für jeweils begrenzte Zeiträume bis zur Restitutio. Behandlungsfehler oder das Zusammentreffen ungünstiger Umstände können aber zu unerwünschten Ergebnissen bzw. Komplikationen führen. Dazu gehören persistierende Pigmentstörungen, Infektionen, prolongierte Erytheme, Milienentstehung und Narbenbildungen (Bernstein et al. 1997).

Vernarbungen können hervorgerufen werden durch zu tiefe Ablation, übermäßige Hitzeauswirkungen im Gewebe oder durch postoperative Infektionen. Narbenbildungen sind aber auch durch Eigenmanipulationen des Patienten möglich, besonders bei starkem Juckreiz.

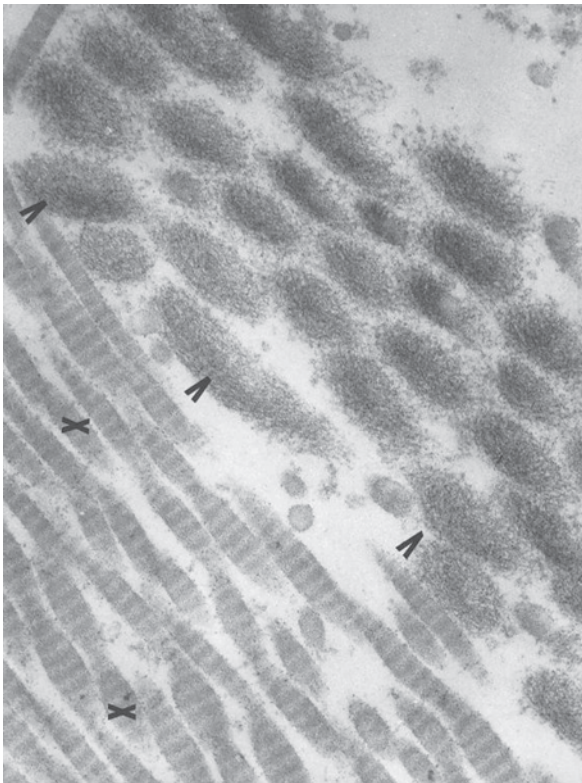
Das Entstehen von Milien kann begünstigt werden durch zu fetthaltige postoperative Hautpflegemittel, die dann durch mehr feuchtigkeitsspendende Externa abgelöst werden sollten.

Die Gefahr von postoperativen Hyperpigmentierungen besteht zu 25 % in erster Linie bei dunklen Hauttypen ab Stufe 3 nach Fitzpatrick und tritt in der Fitzpatrick-Stufe 4 schon sehr häufig auf als Folge einer Melanozytenstimulation. Diese Effekte sind hauptsächlich passager und schwinden innerhalb von ca. 6 Monaten.

Hypopigmentierungen entstehen in Abhängigkeit von der Behandlungstiefe und Intensität. Sie können sowohl passager als auch permanent sein.

Das Laser-Skin-Resurfacing mit hoch gepulsten CO₂-Lasern und Erbium:YAG-Lasern stellt eine sehr gute Methode dar, faltige und sonnengeschädigte Haut sichtbar verjüngt erscheinen zu lassen. Bei etwas tieferen Faltenbildungen scheint der CO₂-Laser deutlichere Verbesserungen zu erzielen, was durch die tiefergehende Hitzewirkung nicht überrascht. Allerdings könnte auch mit dem Erbiumlaser dann ein vergleichbares Ergebnis wohl erreichbar sein, wenn die Zahl der Behandlungsdurchgänge pro Fläche um ein Vielfaches erhöht würde im Verhältnis zum CO₂-Laser.

Die Komplikationsrate nach Laser-Skin-Resurfacing ist sehr stark abhängig von der Erfahrung des Behandlers und seinem Verständnis für die feingeweblichen Abläufe im Gewebe. Dabei dürfen die Grenzen des Machbaren nicht so weit ausgereizt werden, wie es das Wünschens-



■ **Abb. 9.1** Typische, intakte quergestreifte kollagene Fibrillen (X) in direktem Kontakt zu Bündeln denaturierter Kollagenfibrillen (V) in der Übergangszone

werte hoffen lassen könnte. Es ist besser im Einzelfall eine Laserbehandlung zu begrenzen, auch wenn das angestrebte Ziel noch nicht erreicht wurde. Eine Nachbehandlung könnte dann nach 9–12 Monaten unter dem Sicherheitsaspekt ggf. für die Beseitigung von Restbefunden sinnvoller sein.

9.5 Epikrise

Der CO₂-Laser gehört zu den ersten – Anfang der 60er-Jahre – medizinisch eingesetzten Lasern (Goldman et al. 1963). Mit seiner Wellenlänge von 10 600 nm im mittleren Infrarotbereich besitzt er eine sehr hohe Absorption im Wasser und kann betriebsartabhängig als chirurgisches Laserskalpell oder zur flächigen Abtragung eingesetzt werden.

Durch die Weiterentwicklung der CO₂-Dauerstrichlaser zu gepulsten Systemen mit hochenergetischen Einzelpulsen im Mikrosekundenbereich wurde die Möglichkeit zur Gewebeablation ohne unerwünschte thermische Kollateralschäden eröffnet. Die Erwärmung des umgebenden Gewebes ist dabei trotzdem ausreichend, um gewünschte Effekte hervorzurufen. Zugrunde liegt

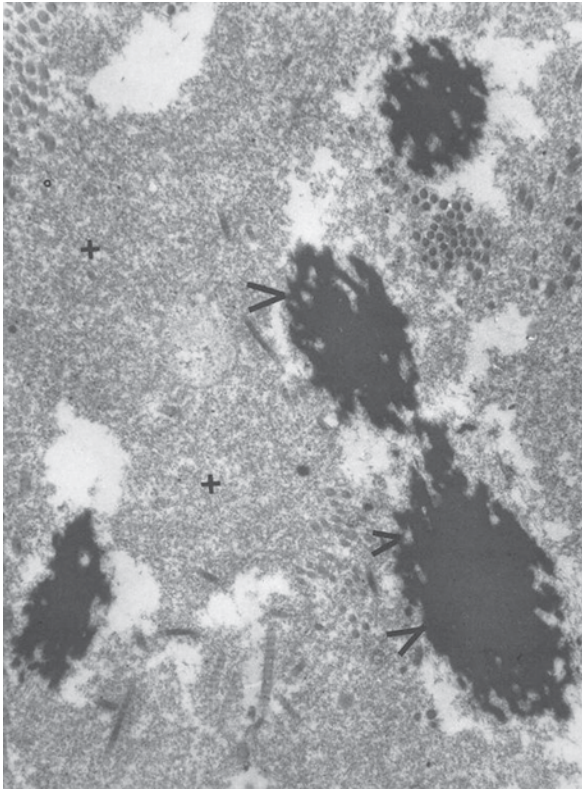
diesem Phänomen die Kenntnis von der thermalen Relaxationszeit von Geweben (Fitzpatrick u. Goldman 1994). Insbesondere der ultrakurz gepulste CO₂-Laser erlaubt seit ca. 1995 selektive und präzise kontrollierbare Gewebeabtragungen mit nur minimaler Nekrosezone, wobei die notwendigen Energiedichten ab 4,5 J/cm² erreicht werden können. Die Pulsintervalle betragen zwischen 695 und 950 µs bei ultragepulsten oder supergepulsten CO₂-Lasern und liegen damit unterhalb der thermalen Relaxationszeit der Haut.

Der Erbium:YAG-Laser mit 2 940 nm wird an der Haut als abtragendes, vaporisierendes Instrument eingesetzt. Er arbeitet ausschließlich im gepulsten Modus. Dem Vorteil der stärkeren Absorption im Wasser und der damit verbundenen gewebeschonenden geringeren Hitze Wirkung steht als Nachteil eine weniger deutliche Wirkung und die eingeschränkte Blutstillung gegenüber. Die Möglichkeit der Abtragungstiefe eines kurzgepulsten Erbium:YAG-Lasers wird mit ca. 5–40 µm angegeben.

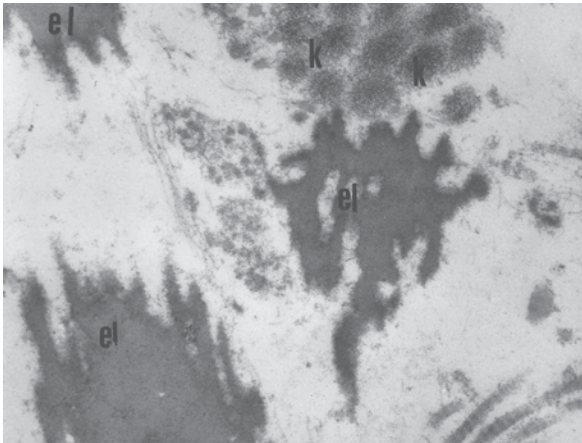
Aufgrund dieser biophysikalischen und lasertechnischen Möglichkeiten bestehen die Voraussetzungen für eine gewebeschonende und effektive Laserbehandlung. Wichtig ist in diesem Zusammenhang die Beantwortung der Frage nach den mikromorphologischen Abläufen im Gewebe. Erst dann sind wir in der Lage, die Effekte zu verstehen, Möglichkeiten zur Entwicklung optimaler Behandlungsstrategien zu erkennen und Schäden zu vermeiden. Die klinischen Ergebnisse und Gewebewirkungen nach einem Laser-Skin-Resurfacing sind deskriptiv gut darstellbar, besonders durch elektronenmikroskopische Untersuchungen. Dabei sollten Sofortbefunde von Spätauswirkungen unterschieden werden (Stuzin et al. 1997).

Bei der ultrastrukturellen Aufarbeitung von Ultrapulse-/Superpulse behandelte Haut finden sich direkt nach der Einwirkung in den oberen Lagen des Stratum papillare Nekrosevorgänge, erkennbar an Kernpyknosen, Karyorhexis, Fragmentation der Zellmembran und anderer Membranen. Die Zellorganellen sind geschwollen, und an den Gefäßen, Nerven und Hautanhangsgebilden können in dieser Schicht ebenfalls Nekrosevorgänge festgestellt werden.

An der Matrix, besonders an den kollagenen Fibrillen, sind in einer Übergangszone zwischen der Nekroseschicht und vitalem Gewebe ganze Bündel kollagener Fibrillen feststellbar (Nanni u. Alster 1998), die sich in feine Filamente aufgelöst haben. Dabei kann manchmal auch eine vollständige Fibrille betroffen sein, die sich verbreitert, die Querstreifung verloren hat und sich auflöst. Andere Fibrillen zeigen dieses Phänomen der Verdickung und Auflösung in feine Filamente nur auf bestimmten unterschiedlich langen Abschnitten (Fitzpatrick u. Goldman 1994). Die Veränderungen der Kollagenfibrillen können also große Areale, einzelne Bündel oder auch nur einzelne Fibrillen betreffen (■ Abb. 9.1). Sie lassen sich als thermische

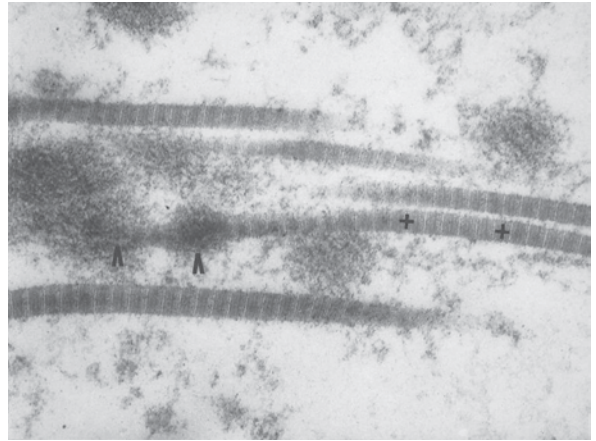


■ **Abb. 9.2** In der Matrix reichlich granuläres Material zwischen den extrazellulären Strukturen (+) und intakte elastische Fasern (V)

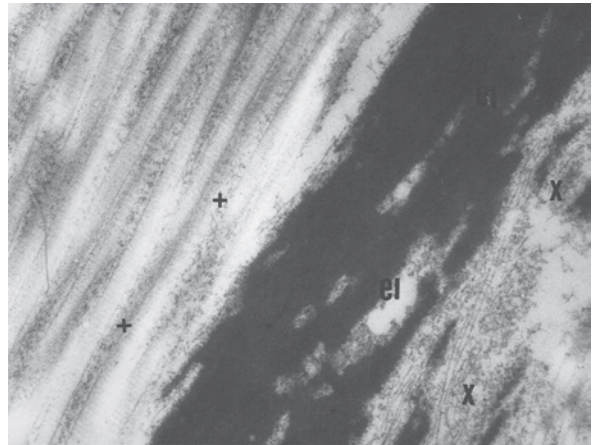


■ **Abb. 9.3** Unveränderte elastische Fasern (el) neben in Auflösung befindlichen kollagenen Fibrillen (K)

Denaturierung der hochgeordnet aggregierten Kollagenvorstufen deuten. In der Matrix liegt zu diesem Zeitpunkt reichlich granuläres Material zwischen extrazellulären Strukturen, das später abgebaut werden muss (■ Abb. 9.2).



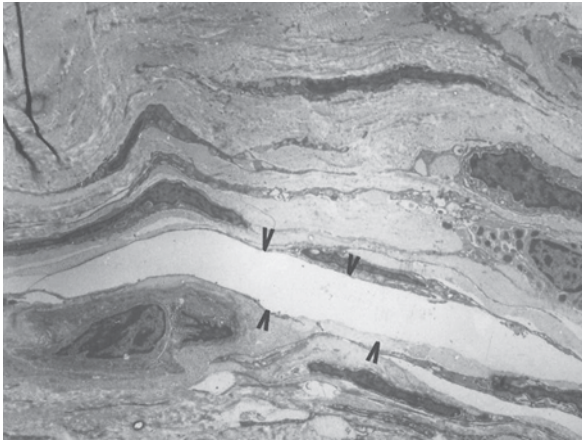
■ **Abb. 9.4** Stellenweise geschädigte kollagene Fibrillen (V) mit intakten Anteilen (+)



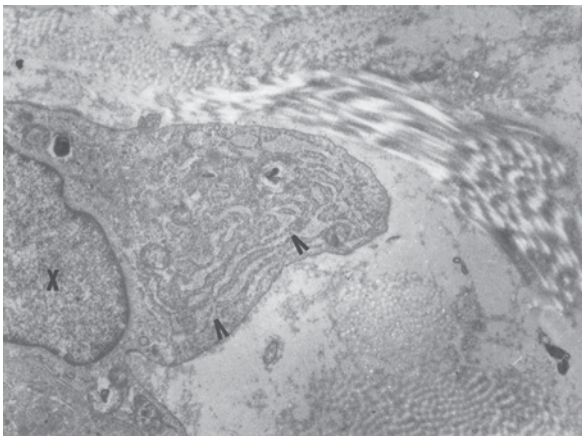
■ **Abb. 9.5** Längsgetroffene kollagene Fibrillen (+) neben einer elastischen Faser (el) und noch einzelne aufgelöste kollagene Fibrillen (X)

Die elastischen Fasern verändern sich dagegen auch in unmittelbarer Nachbarschaft denaturierter Fibrillen nicht. Sie behalten ihre typische Struktur wahrscheinlich als Folge größerer Thermostabilität (■ Abb. 9.3). In einigen Abschnitten finden sich auch nur stellenweise geschädigte kollagene Fibrillen mit absolut intakten Anteilen (■ Abb. 9.4).

Eine Woche nach der Laserbehandlung ist die Regeneration angelaufen. Die Epithelisierung ist bereits weit fortgeschritten. Nur noch einzelne aufgelöste Kollagenfibrillen sind nachzuweisen (■ Abb. 9.5). Dabei ist es morphologisch nicht feststellbar, ob sich der Rest geschädigter Fibrillen noch weiter aufgelöst hat, ob sie ggf. phagozytiert wurden oder ob sie wieder aggregiert sind. Die elastischen



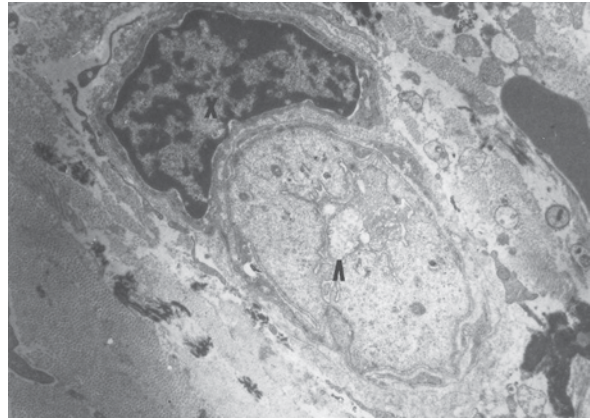
■ **Abb. 9.6** Lymphatische Spalten (V) als Ausdruck der klinisch imponierenden ödematösen Schwellung



■ **Abb. 9.7** Fibroblast (X) mit großem, produktivem rauem endoplasmatischen Retikulum 2 Wochen nach Lasereinwirkung (V)

Fasern erscheinen weiterhin unverändert. Auffällig sind aber Lymphgefäße (■ Abb. 9.6), die prall gefüllt sind. In den folgenden 2 Wochen können weder aufgelöste Fibrillen noch nekrotische Zellen nachgewiesen werden. Die Epithelisierung ist abgeschlossen. Die Bindegewebszellen lassen dagegen Zeichen einer sehr starken Aktivität erkennen (■ Abb. 9.7). Sie enthalten große Mengen von rauem endoplasmatischen Retikulum und einen großen Golgi-Apparat als Ausdruck der Produktion neuer Matrix. Ferner sind dicke organellreiche Endothelzellen im Bereich entsprechender Kapillarsprossen feststellbar, ein Beleg für Gefäßneubildungen (■ Abb. 9.8).

Die ultrastrukturellen Befunde können dahingehend interpretiert werden, dass nach ultragepulster CO₂-Lasereablation und abtragung des mehrschichtigen verhornenden Plattenepithels der Epidermis im Stratum papillare



■ **Abb. 9.8** Typische Kapillarsprosse mit engem Lumen (V) und dicken Endothelzellen mit aufsitzendem Perizyten (X) nach 2 Wochen

kollagene Fibrillen bis zu einer bestimmten Tiefe aufgelöst werden. Die elastischen Fasern bleiben morphologisch unverändert. Dieser Vorgang wird vielfach entsprechend dem optisch erkennbaren klinischen Ablauf mechanistisch als »Zusammenziehen« der Kollagenfasern (Shrinking) beschrieben.

In einem zweiten wesentlichen Schritt kommt es dann im Lauf der folgenden Wochen durch die Leistung der aktivierten Bindegewebszellen zur Kollagenneuproduktion und zur Ausschüttung von Proteoglykanen und Glukosaminoglykanen, z. B. Hyaluronsäure. Die damit verbundene Zunahme der Wasserbindung bei gleichzeitiger Kapillarneubildung ist die Basis für den sichtbaren Effekt der Verjüngung und Texturverbesserung der Haut (Shim et al. 1998).

Das Frühergebnis nach Laser-Skin-Resurfacing liegt nach ca. 3 Monaten vor. Zu diesem Zeitpunkt sind statische Falten der Haut geglättet und dynamische Falten abgemildert. Weitere 3 Monate später beginnen sich als Folge der Mimik die dynamischen Falten wieder leicht zu verstärken. Eine Stabilisierung des erreichten Behandlungsbilds ist in der Folgezeit abhängig von der Hautpflege, der mimischen Aktivität, der Lebensführung und den Ernährungsgewohnheiten.

9.6 Fallbeispiel

Der typische Verlauf nach einem Skin-Resurfacing mit dem ultragepulsten CO₂-Laser wird hier am Beispiel einer zum Behandlungszeitraum 70-jährigen Patientin dargestellt (■ Abb. 9.9, ■ Abb. 9.10). Die Abschlussfotos zeigen das Ergebnis nach über 10 Jahren und dokumentieren exemplarisch die lang anhaltende Hautrejuvenation (■ Abb. 9.20, ■ Abb. 9.21).



■ **Abb. 9.9** Ausgangsbefund bei einer 70-jährigen Patientin vor Skin-Resurfacing



■ **Abb. 9.11** En-face-Foto vor Laser-Skin-Resurfacing



■ **Abb. 9.10** Postoperatives Ergebnis 4 Wochen nach Ultrapulse-Skin-Resurfacing des Gesichtsbereichs



■ **Abb. 9.12** Seitenansicht rechts vor Laser-Skin-Resurfacing



■ Abb. 9.13 Seitenansicht links vor Laser-Skin-Resurfacing



■ Abb. 9.15 Befund am 3. Tag postoperativ, Halbprofil



■ Abb. 9.14 Befund am 3. Tag postoperativ, en face

Die präoperative Ausgangssituation vor einer Full-face-Behandlung wird anhand von seitlichen und En-face-Bildern dargestellt (■ Abb. 9.11, ■ Abb. 9.12, ■ Abb. 9.13).

Die insbesondere in den ersten 3 Tagen unangenehmen Nebenwirkungen wie Brennen, Juckreiz, Exsudationen und Rötungen spiegeln sich im Gesichtsausdruck der Patientin deutlich wieder (■ Abb. 9.14, ■ Abb. 9.15).

Nach Abschluss der ersten Phase der Wundheilung ca. 8 Tage postoperativ hat sich die Gesamtsituation entspannt. Die Reepithelisierung ist weit fortgeschritten und die Hautrötung Ausdruck der beginnenden Steigerung der Vaskularisierung (■ Abb. 9.16, ■ Abb. 9.17). Durch das noch vorhandene Restödem sind zu diesem Zeitpunkt die dynamischen Falten erkennbar nivelliert.

In der Folgezeit hat sich in Abhängigkeit von der Intensität der Laserbehandlung und der individuellen Reaktion die Gesellschaftsfähigkeit des jeweiligen Patienten zunehmend hergestellt (■ Abb. 9.10, ■ Abb. 9.18, ■ Abb. 9.19) und normalisiert. Restbefunde an der Haut können mit Make-up verdeckt werden.

Wegen der mangelhaften Langzeiterfahrung mit dem Ultrapulse-Laser-Skin-Resurfacing stellte sich in der ersten Zeit nach Einführung dieser speziellen Laserbehandlung



■ Abb. 9.16 Befund am Tag 9, Halbprofil



■ Abb. 9.18 Befund ca. 4 Wochen nach Skin-Resurfacing, rechtsseitig



■ Abb. 9.17 Befund am Tag 9, en face

die Frage nach dem Langzeiteffekt bzw. dessen Dauer. In Anlehnung an bereits Jahrzehnte bestehende Erfahrungen mit tiefen chemischen Peelings konnte hypothetisch davon ausgegangen werden, dass in gleicher Weise auch ein entsprechendes Laser-Skin-Resurfacing ähnliche zeitliche Erfolge haben würde. Das konnte zwischenzeitlich bestätigt werden (■ Abb. 9.20, ■ Abb. 9.21).

Im Vergleich mit anderen ablativen Rejuvenationsverfahren zeichnete sich das Laser-Skin-Resurfacing durch eine gute Steuerbarkeit und hohe Präzision aus. Dabei liegt die zusätzliche thermische Wirkung unterhalb einer Schädigungsschwelle bei korrekter Vorgehensweise. Die passageren geschilderten Nebenwirkungen und Missempfindungen, die mit dieser speziellen Lasertechnik verbunden sind, sind Anlass für die Suche nach patientenfreundlicheren Vorgehensweisen. Ob dabei allerdings vergleichbar gute und lang anhaltende Ergebnisse möglich sein werden, bedarf weiterer Beobachtung.



■ **Abb. 9.19** Befund ca. 4 Wochen nach Skin-Resurfacing, linksseitig



■ **Abb. 9.20** Befund 11 Jahre nach Laser-Skin-Resurfacing, en face



■ **Abb. 9.21** Befund 11 Jahre nach Laser-Skin-Resurfacing, rechtsseitig

Literatur

- Alster TS, Garg S (1996) Treatment of facial rhytids with a high energy pulsed carbon dioxide laser. *Plast Reconstr Surg* 9: 791
- Adrian RM (1999) Pulsed carbon dioxide and erbium YAG Laser Resurfacing: a comparative clinical and histologic study. *Cut Laser Ther* 1: 29–35
- Apfelberg DB (1995) Perioperative Considerations in Laser Resurfacing. *Int J Aesth Restor Surg* 5(1): 21–28
- Apfelberg DB (1997) Ultrapulse carbon dioxide laser with CPG scanner for full – face resurfacing of rhytides, photoaging, and acne scars. *Plast Reconstr Surg* 99: 1817
- Beasley D, Jones C, McDonald WS (1997) Effect of pretreated skin on laser resurfacing. *Lasers Surg Med (Suppl 9)*: 43
- Bernstein LJ, Kauvar AN, Grossman MC, Geronemus RG (1997) The short and long-term side effects of carbon dioxide laser resurfacing. *Dermatol Surg* 23: 519–525
- Fitzpatrick RE (1997) Laser resurfacing of rhytids. *Dermatol Clin* 15(3): 431–447
- Fitzpatrick RE, Goldman MP (1994) CO₂ laser surgery. In: Goldman MP, Fitzpatrick E (Hrsg) *Cutaneous Laser Surgery*. Mosby, St Louis, S 198–258

- Fitzpatrick TB (1975) Soleil et peau. *J de Medecine Esthetique* 2: 33–34
- Glogau RM (1998) Chemical peeling and aging skin. *J Geriatr Dermatol* 2(1): 30–35
- Goldman MP (1997) Pre- and Postoperative Care of the Laser Resurfacing Patient. *Int J Aesth Restor Surg* 5(1): 46–49

- Goldman L, Blaney DJ, Kindel DJ Jr, Franke EK (1963) Effect of the laser beam on the skin: preliminary report. *J Invest Dermatol* 40: 121–122
- Lowe NJ, Lask G, Griffin ME (1995) Laser skin resurfacing. Pre and posttreatment guidelines. *Dermatol Surg* 21(12): 1025–1029
- Nanni CA, Alster TS (1998) Complications of carbon dioxide laser resurfacing: An evaluation of 500 patients. *Dermatol Surg* 24: 315
- Raulin C, Greve B (2003) *Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin*. Schattauer, Stuttgart
- Raulin C, Karsai S (2011) *Laser und IPL Technology in Dermatology and Aesthetic Medicine*. Springer, Heidelberg
- Roberts TL, Lettieri JT, Ellis LB (1996) CO₂ Laser resurfacing: recognizing and minimizing complications. *Aesth Surg J*: 142–148
- Shim E, Tse Y, Velazquez E, Kamino H, Levine V, Ashinoff R (1998) Short pulse carbon dioxide laser resurfacing in the treatment of rhytides and scars. A clinical and histopathological study. *Dermatol Surg* 24(1): 113–117
- Stuzin JM, Baker TJ, Baker TM, Kligman AM (1997) Histologic effects of the high-energy pulsed CO₂ Laser on photoaged facial skin. *Plast Reconstr Surg* 99(7): 2036
- Teikemeyer G, Goldberg DJ (1997) Skin resurfacing with Er:YAG Laser. *Dermatol Surg* 23: 685–687

Facelift

W. Funk, F. Podmelle

- 10.1 Einleitung – 136**
- 10.2 Diagnosen des oberen Gesichtsdrittels – 136**
 - 10.2.1 Therapiekonzepte – 137
 - 10.2.2 Alterserscheinungen in der Augenregion – 138
- 10.3 Diagnosen des mittleren Gesichtsdrittels – 139**
 - 10.3.1 Therapiekonzepte – 139
- 10.4 Diagnosen des unteren Gesichtsdrittels – 140**
 - 10.4.1 Therapiekonzepte – 141
- 10.5 Diagnosen der Halsregion – 141**
 - 10.5.1 Therapiekonzepte – 142
 - 10.5.2 Planung eines Hals-Wangen-Lifts – 143
- 10.6 Leitsätze – 144**
- 10.7 Fallbeispiele – 145**
 - Literatur – 145**

10.1 Einleitung

Seit der Jahrtausendwende werden in die Therapiekonzepte der Ästhetischen Medizin immer mehr minimal-invasive Behandlungsmethoden eingebracht. Hierbei sind der Laser und die sich weiterentwickelnden Gerätetypen (IPL- & fraktionierte, nichtablativ Lasersysteme), Unterspritzungsmaterialien, chemische Peelings zur Faltenreduzierung, Volumenaufbau und die Kollagenneogenese zu nennen (Paasch et al. 2012).

Dank ihrer Weiterentwicklung, speziell in der Differenziertheit der Anwendungsmöglichkeiten und der schnelleren Rekonvaleszenz, haben diese minimalinvasiven Methoden Einzug in die Gesichtschirurgie gehalten. Sie ergänzen das Portfolio des Chirurgen, um Eingriffe unsichtbarer, natürlicher und typgerecht erscheinen zu lassen.

Das Gesicht spiegelt, wie kein anderer Körperbereich, die Alterung wider.

Seine Komponenten:

- Haut
- Subkutanes Fettgewebe
- Bindegewebe
- Muskeln
- Fettkörper, z. B. Bichatscher Fettkörper, malarer Fettkörper und SOOF (Sub-Orbicularis Oculi Fat)

Das Knochengerüst, besonders im Mandibularbereich und in der Maxilla, hat seinen eigenen Alterungsprozess. Er addiert sich nach Form, Lageabhängigkeit und dem Mimikspiel zum Gesamteindruck des Gesichts. Das Gesicht wandelt sich im Lebensablauf von der grob gegliederten Physiognomie des Säuglings zum ausdrucksstarken lebensbeschreibenden letzten Gesicht des 100-Jährigen. Für den alternden Gesichtsausdruck sind in hohem Maß:

- Extrinsicfaktoren, z. B. Gewohnheiten (Rauchen, Sport), Ernährung, ultraviolettes Licht (210 nm–305 nm),
- Intrinsicfaktoren, z. B. Vererbung, pathologische Alterungsprozesse wie progeria aldutorum, progeria infantilis, Ehlers-Danlos-Syndrom, innere Krankheiten wie Diabetes, hormonelle Dysfunktionen, Adipositas, Geschlecht und das modellierende Gebärdenspiel

verantwortlich. Die Alterung ist ein unaufhaltsamer Prozess, der die gesamte Lebenszeit anhält.

Der Phase der Entwicklung zwischen Geburt und dem 18. Lebensjahr folgt bis zum 50. Lebensjahr die Ausbildung des individuellen Ausdrucks (Franke 1990). Ein entscheidender Ausdruckgeber ist die subkutane Degeneration des Fettgewebes mit der sog. Skelettierung der Gesichtszüge. Volle, runde und harmonische Gesichtszüge, die einen fließenden Übergang zueinander haben, werden

beim Alterungsprozess in differenzierte, die tieferliegenden anatomischen Strukturen zeigende, Gesichtsformen verändert. Man erkennt bei fortgeschrittenem Alterungsprozess die einzelnen anatomischen Strukturen der Fettkörper und der Knochenform. Die Übergänge sind nicht mehr fließend; sie sind unterbrochen und eigenständig. (Funk 1999, 2007, 2008)

In der Ästhetischen Gesichtschirurgie, v. a. beim Facelift, unterscheiden wir grob in 3 ästhetische Zonen (■ Abb. 10.1):

1. Das obere Gesichtsdrittel von den Haarwurzeln bis zur Glabella
2. Das mittlere Gesichtsdrittel von der Glabella bis zur Columella
3. Das untere Gesichtsdrittel von der Columella bis zur Kinnspitze

Jede ästhetische Einheit hat ihre eigene Ausdrucksform. Jedes Gesichtsdrittel steht für einen anderen Ausdruck. Das obere Gesichtsdrittel steht in Abhängigkeit der Lage der Augenbraue für Intelligenz, Offenheit, Interesse, Skepsis und Erschrockenheit, je nachdem, wie das Ausdrucksgebilde von Auge, Augenbraue, Stirnform und Mimikspiel sich formt (■ Abb. 10.2).

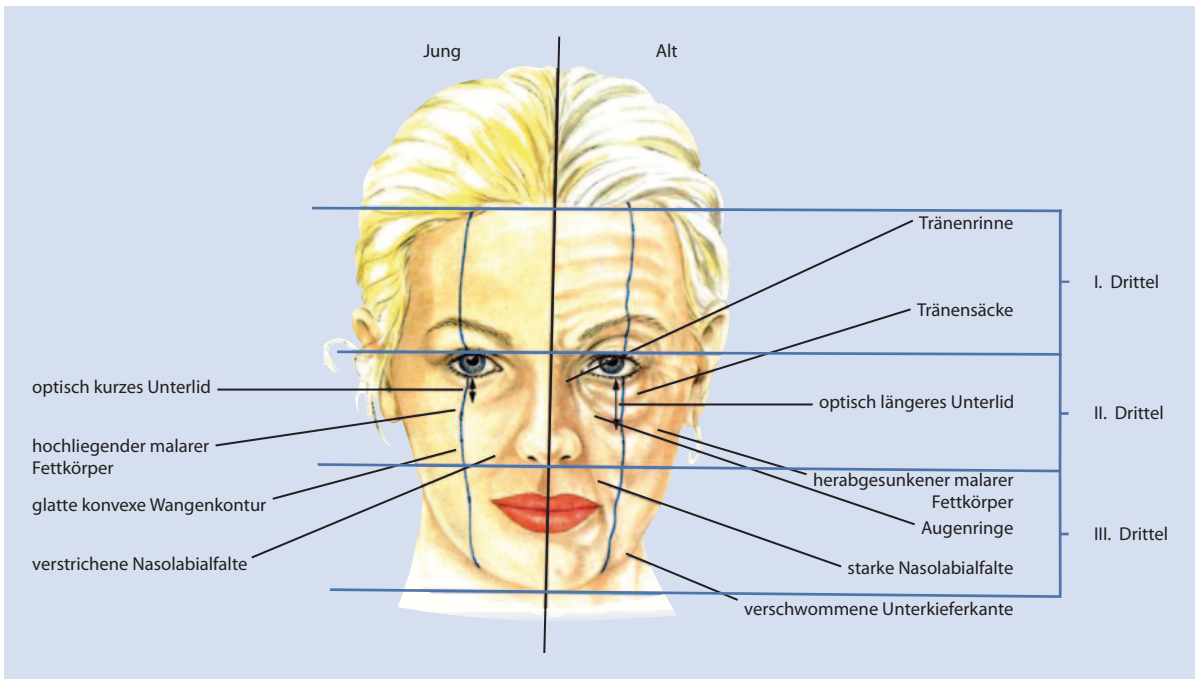
Das mittlere Gesichtsdrittel steht für Jugendlichkeit, Frische und Müdigkeit, abhängig der Fülle des Mittelgesichts bzw. den harmonischen Übergängen im Mittelgesicht zur lateralen Augenregion (Terino u. Edward 2008).

Das untere Gesichtsdrittel steht für Stärke oder Schwäche, abhängig der Ausprägung der Mandibel.

Die Besonderheit und Herausforderung in der Plastisch-Ästhetischen Chirurgie liegt darin, dass der Patient durch seine Unzufriedenheit über sein Aussehen und die Vorstellung des Verbesserungswunsches die emotionale Indikation stellt. Wir unterscheiden zwischen emotionaler und medizinischer Indikation. Die Diagnostik bzw. die Indikation, die jeder medizinischen Handlung vorangestellt sein muss, stellt im Endeffekt der Arzt im medizinischen Bereich. Die emotionale Indikation hingegen stellt der Patient. Anhand der medizinischen Indikation wird das Therapiekonzept aufgestellt. Die emotionale Indikation soll richtungsweisend sein, inwieweit der Eingriff ausgeführt werden soll und welche Elemente mit in das Therapiekonzept eingegliedert werden.

10.2 Diagnosen des oberen Gesichtsdrittels

Die emotionale Diagnose (patientensubjektiv) mit anatomischer Relation (medizinische Diagnose) sind in ■ Tab. 10.1 abgebildet.



■ **Abb. 10.1** Altersveränderungen in den ästhetischen Einheiten des Gesichts



■ **Abb. 10.2** Mimikspiel Bezug Auge, Augenbraue und Stirnform

Das obere Gesichtsdrittel beinhaltet Stirn und Augenbraue. Das Mimikspiel ist federführend für die Alterszeichen, das die Querfalten oder auch die Längsfalten auf der Stirn abzeichnet. Die Muskelgruppen, die für dieses Gebärdespiel verantwortlich sind, sind der Musculus frontalis für die querverlaufenden Stirnfalten, der Musculus corrugator für die längsverlaufenden Zornesfalten und der Musculus procerus für die querlaufenden Nasenwurzelfalten. Durch die Volumenreduktion (subkutanes Fettgewebe und Haut) und die Verlängerung der Kollagenfasern wird die Stirnhaut verlängert und somit kommt es zum Herabsinken der Augenbrauen mit Sekundärverlängerung der Oberlider.

10.2.1 Therapiekonzepte

Bei den Therapiekonzepten müssen wir unterscheiden zwischen

- minimalinvasiven Maßnahmen und
- chirurgischen Maßnahmen.

■ **Tab. 10.1** Emotionale Diagnose mit anatomischer Relation

Patientensubjektiv	Anatomische Relation
Mich stören meine tiefen Denkerfalten	Querfalten
Mich stört mein negativer Gesichtsausdruck	Zornesfalte und tief liegende Augenbrauen
Mich stört mein trauriger Gesichtsausdruck	Tief liegende Augenbrauen mit verstärkter lateraler Absenkung
Mich stört mein harter Ausdruck im Schläfenbereich	Subkutane Degeneration und Degeneration des temporalen »fat pads«
Mich stören meine tiefen Lachfalten	Volumenreduktion und Hyperfunktion des M. orbicularis oculi

Minimalinvasive Maßnahmen

Bei den minimalinvasiven Maßnahmen steht im Vordergrund das Erscheinungsbild der Haut. Therapiekonzepte beinhalten:

- Reduzierung des Faltenreliefs
- Hydratation der Stirnhaut
- Auffüllen von Volumen im Stirnbereich, speziell im Glabellabereich, auch in Längs- und Querfalten

■ **Tab. 10.2** Emotionale Diagnose mit anatomischer Relation

Patientensubjektiv	Anatomische Relation
Mich stört der uninteressierte Ausdruck	Ptosis der Augenbrauen
Mich stört der müde Ausdruck	Ptosis der Oberlider ggf. mit Fetthernierung und Einschränkung des Gesichtsfelds sowie typische V-Konfiguration mit Verlängerung des Unterlids

- Hyper- oder Hypopigmentierung
- Kollagenneogenese der Haut

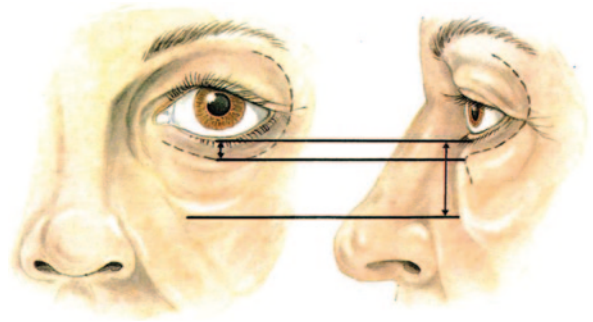
Zur Auffrischung der Hydratation stehen uns Füllungsmaterialien (Funk u. Metelmann 2009) aus der Familie der Hyaluronsäuren zur Verfügung, die die stärkste Wasserbindungskapazität aufweisen und somit ideal geeignet sind, um die Rehydratation der Haut zu gewährleisten. Ebenfalls wird die Volumenaddition durch höher vernetzte – mit einer höheren Hebekapazität – ausgestatteten Hyaluronsäure bewerkstelligt. Zur Muskelrelaxation und somit zu einem abgeflachten Faltenrelief wird Botulinumtoxin unter Berücksichtigung der Mimik injiziert. Das Erscheinungsbild der Haut (Altersflecke, cutis senilis laxa, Pigmentstörungen) kann durch differenzierte Lasersysteme (Raulin u. Karsai 2011) bei unterschiedlichen Indikationsstellungen das Hautbild verbessern. Es werden ablativ, nichtablativ, fraktionierte und IPL-Systeme eingesetzt.

Komplikationen

- Faltenüberkorrektur
- Bläuliches Durchscheinen der Hyaluronsäure
- Amimik
- Herabgesunkene Augenbrauen
- Verbrennungen
- Hyper- oder Hypopigmentierungen

Chirurgische Maßnahmen

Bei den chirurgischen Maßnahmen steht uns die Gesamtheit der Straffungsformen im Stirnlift zur Verfügung, die endoskopisch, mit einem Haarrandschnitt oder mit einem Bügelschnitt durchgeführt werden können (Berger u. Hierner 2005). Die Bearbeitung sowohl in der offenen Form als auch in der geschlossenen endoskopischen Form beinhaltet die Reduzierung der Muskelkontraktion und das Lösen der Fixationspunkte an der crista orbitalis zum Befreien des ptotischen Weichteilmantels. Hierbei ist die



■ **Abb. 10.3** Verlängertes Unterlid

Geschlechtsunterscheidung zu berücksichtigen, da beim Mann die Augenbraue auf dem Orbitalrand bzw. 1 cm darunter und bei der Frau auf dem Orbitalrand oder 1 cm darüber liegt. Ergänzend kann die temporale Depression mit alloplastischem oder autologem Material (Eigenfett) aufgefüllt werden.

Komplikationen

- Sensibilitätsverlust im Stirnbereich (Durchtrennung des Nervus supraorbitalis und/oder des Nervus supratrochlearis)
- Motorische Lähmung nach Schädigung des Nervus facialis (ramus frontalis)
- Ungleiche Positionierung der Augenbrauen
- Amimische Stirn (zu starke laterale Muskelresektion)
- Dellenbildung im Stirnbereich, aufgrund unregelmäßiger unterminierter Subkutanschicht
- Zu hoch liegende Augenbrauen mit Ausprägung des sog. erschrockenen Gesichts

10.2.2 Alterserscheinungen in der Augenregion

Die emotionale Diagnose (patientensubjektiv) mit anatomischer Relation (medizinische Diagnose) sind in ■ Tab. 10.2 abgebildet (■ Abb. 10.3).

Minimalinvasive Maßnahmen

- Volumenaufbau der Augenbraue und des lateralen Oberlids
- Botulinumtoxin-Behandlung des m. orbicularis oculi zur Reduktion dessen Depressoranteils
- Lasertherapeutische Maßnahmen zur Verfeinerung des Hautreliefs

Tab. 10.3 Emotionale Diagnose mit anatomischer Relation

Patientensubjektiv	Anatomische Relation
Mich stört, dass ich älter aussehe, als ich bin	Abflachen des Mittelgesichts und ausgeprägte »tear trough deformity«
Mich stört, dass ich so grimmig aussehe	Ausgeprägte Nasolabialfalte und aufgeworfener malarer »fat pad«
Mich stört meine Ausdruckslosigkeit	Subkutane Degeneration und Verlängerung der Kollagenfasern und Hautüberschuss
Mich stört im Wangenbereich mein fixierter, negativer Gesichtsausdruck	Dekompensierte Hebekapazität der Muskeln

Komplikationen

- Überkorrektur
- Dislokationen
- Amimik
- Pigmentstörungen
- Lange Rekonvaleszenz
- Störungen des Lymphabflusses
- Ektropium

Chirurgische Maßnahmen

Das Absinken der Augenbrauen bewirkt einen offensichtlichen Hautüberschuss des Oberlids. Eine Ptosis des Oberlids kann durch Verlängerung des musculus levator palpebrae zustande kommen. Die Behebung dieser Alterserscheinung besteht in der Anhebung der Augenbrauen, Entfernung eines Haut- und Hautmuskelstreifens, Verkürzung des musculus levator palpebrae, leichte Reduzierung der sog. orbitalen Fetthernien im Oberlid medial und augenmittig sowie im Unterlid medial, augenmittig und lateral. Die Fettkörpersenkung im lateralen Oberlidbereich beruht in den meisten Fällen auf einer Ptosis der glandula lacrimalis. Diese ist dann in das cavum orbitale zurückzuverlagern. Die mediale Fetthernie im Oberlid ist gelblich, die augenmittig liegende ist weißlich. Eine zu starke Entfernung der Fettkörper kann sog. Totenkopfaugen zur Folge haben. Im Unterlidbereich wird die Fetthernie meist in das cavum orbitale zurückverlagert, um ein »hollowing« zu verhindern.

Komplikationen

- Zu starke Entfernung der Fettkörper (Totenkopfaugen)
- Ektropium
- Abflussstörungen der glandulae lacrimales
- Gestörter Lidschluss

Unterlider sind Teil des mittleren Gesichtsdrittels, sie werden aus didaktischen Gründen im Abschnitt Oberes Gesichtsdrittel integriert.

10.3 Diagnosen des mittleren Gesichtsdrittels

Die emotionale Diagnose (patientensubjektiv) mit anatomischer Relation (medizinische Diagnose) sind in **Tab. 10.3** abgebildet.

Therapeutische Ansätze bieten die hohlwangigen, flachen und schmalen Aspekte des Mittelgesichts, die auf folgende Veränderungen zurückzuführen sind:

- Hauterschaffung (Diagnose der Hautdicke, der Lichtschädigung, der Pigmentierung und der Hautdurchblutung)
- Ptosis des Wangenfetts (Kontrolle der Bilder des Patienten mit 20 und 30 Jahren, um die Veränderung in Lage und Volumen der Subkutanstruktur zu beurteilen)
- Nasolabialfalte (Ausprägungsgrad der Nasolabialfalte im Verhältnis zu mimischem und statischem Bild)
- Erschlaffung der Unterlider mit optischer Verlängerung
- Hautkonfiguration (hervorgerufen durch abgesunkenes Mittelgesicht, reduzierten Wassergehalt und subkutane Degeneration, Kollagenfaserverlängerung)

Das ältere Mittelgesicht ist hohlwangig, flach, leer und schmaler (**Abb. 10.4**).

10.3.1 Therapiekonzepte

Bei den Therapiekonzepten müssen wir unterscheiden zwischen

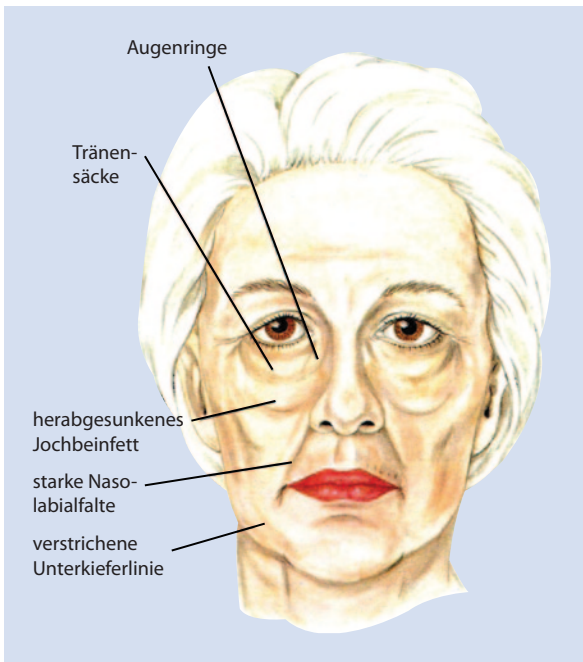
- minimalinvasiven Maßnahmen,
- dem chirurgischen Konzept und
- dem Aufbaukonzept.

Minimalinvasive Maßnahmen

- Volumenaufbau und Regeneration (autologe und alloplastische Materialien)(Coleman u. Mazzola 2009)
- Verbesserung des Faltenreliefs (Lasersysteme und oben genannte Kombinationsbehandlung)

Chirurgisches Konzept

Das chirurgische Konzept beinhaltet die Anhebung aller abgesunkenen Strukturen im Gesichtsbereich mithilfe verschiedener Facelifttechniken, Bearbeitung des sog. SMAS (Superficial Muscular Aponeurotic System) (Skoog 1974), endoskopische Facelifttechniken (Ramirez 1995),



■ Abb. 10.4 Klinische Zeichen der Mittelgesichtsalterung



■ Abb. 10.5 Oberflächliche Fettkompartimentverteilung im Gesicht. (Mit frdl. Genehmigung von Prof. Anderhuber, Institut für Anatomie, Medizinische Universität Graz)

die sowohl subperiostale (Psillakis et al. 1988) als auch epiperiostale (Hinderer 1999) Ansatzpunkte finden, sowie das Facelift in der Kombination einer Unterlidchirurgie mit einem kompletten Orbitalrandrelease. Hierbei liegt der Schwerpunkt in der Reduzierung der Nasolabialfalte und Anhebung des maxillären Wangenfetts zur Harmonisierung des Übergangs vom Mittelgesicht in die laterale Augenregion.

Tip

Durch zu starke Anhebung des Wangenfetts ist der Entfremdungseffekt (Little 2000) im Sinn eines Posauenengesichts schnell erreicht. Die Beeinflussung dieses Fettkörpers ergibt aber bei richtiger Durchführung die besten und am längsten anhaltenden Faceliftergebnisse, da ein offensichtlicher Verjüngungseffekt und nicht nur ein Straffungseffekt eintritt..

Aufbaukonzept

Dieses Konzept korrigiert die sog. Involutionsatrophie des Alters in den einzelnen Gesichtskompartments, d. h. den Schwund des subkutanen Fettgewebes (■ Abb. 10.5).

Der Schwund wird durch die knöcherne Atrophie der Maxilla und der Mandibula verstärkt. Das Aufbaukonzept beinhaltet die Rekonstruktion der ossären Reduktion durch subperiostal gelegene Implantate oder einer Le-Fort-II-Osteotomie zur Stützung des gesamten Mittelgesichts. Hierbei stehen uns Implantate aus Silikon, und

Hydroxylapatit zur Verfügung. Ebenfalls können wir aus der lamina externa der Calvaria (Schädelkalotte) einen kortikalen Block entfernen und die Jochbeinstruktur bzw. das Mittelgesicht knöchern stabilisieren und aufbauen. Die Involutionsatrophie des subkutanen Fettgewebes wird durch Eigenfetttransplantationen, durch Galea-Augmentationen, durch Dermisgewebe oder durch Hyaluronsäuren (hohe Hebekapazität) therapiert.

10.4 Diagnosen des unteren Gesichtsdrittels

Das untere Gesichtsdrittel erstreckt sich vom Subnasale bis zur Kinnprominenz. Die Alterserscheinungen im unteren Gesichtsdrittel sind:

- »Loriot Trias« (Verlängerung der Oberlippe mit Inversion des Lippenrots, Amimik, Oberkieferzähne nicht sichtbar)
- Abgesunkene Mundwinkel
- Eingefallene »marionette structure«
- »Marionette lines«
- Undefinierte Unterkieferlinie

■ **Tab. 10.4** Emotionale Diagnose mit anatomischer Relation

Patientensubjektiv	anatomische Relation
Mich stört mein schwaches Lächeln	Volumenreduktion und Längerwerden der Oberlippe
Mich stört mein Mund	Einwärtsrotation und Rarefizierung des Lippenrots, Faltenbildung im Ober- oder Unterlippenbereich
Mich stört bei der Mundöffnung das Sichtbarwerden der Unterkieferzähne	Volumenreduktion im Unterlippenbereich, ausgeprägter m. depressor anguli oris
Mich stört mein negativer Mundaussdruck	Herabsinken der Mundwinkel
Mich stört mein schwaches Kinn	Ptosis der Kinnprominenz
Mich stören meine Hängebäckchen	Undefinierte Unterkieferkante

Die emotionale Diagnose (patientensubjektiv) mit anatomischer Relation (medizinische Diagnose) sind in ■ Tab. 10.4 abgebildet.

10.4.1 Therapiekonzepte

Bei den Therapiekonzepten müssen wir unterscheiden zwischen

- minimalinvasiven Maßnahmen und
- chirurgischen Maßnahmen.

Minimalinvasive Maßnahmen

- Volumenaddition mit alloplastischen und autologen Materialien
- Fett-Weg Spritze
- Laserlipolyse

Komplikationen

- Überkorrektur
- Unharmonisches Einfügen des Mundes in die Gesichtsform

Chirurgische Maßnahmen

Bei den chirurgischen Maßnahmen stehen in erster Linie die verschiedenen Facelifttechniken zur Verfügung, die das Wangenlift in der Kombination mit dem unteren Gesichtsdrittel einbeziehen. Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die medialen Strukturen durch ein reines Liftergebnis

■ **Tab. 10.5** Chirurgische Zielvorstellungen und Therapie

Zielvorstellung	Therapie
Kürzere Oberlippe	Bullhornplastik (Funk 1999)
Außenrotation des Lippenrots	Kombination innere VY-Plastik mit äußerer Bullhornplastik (Funk 1999)
Anheben der Mundwinkel	Superextended Facelift mit Mittelgesichtshebung und/oder Mundzügelungsplastik
Anheben der Kinnregion	Osteotomie oder Implantataufbau
Straffe Konfiguration des Unterkieferrands	Wangenlift

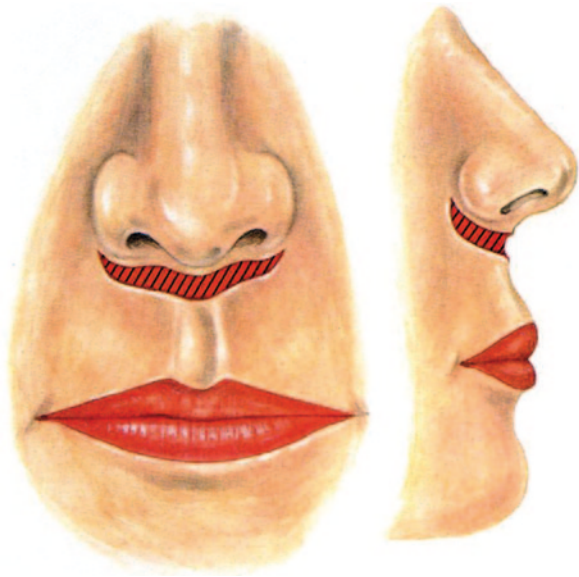
nur unwesentlich verbessert werden können. Man steht hier oft als Chirurg in der Fragestellung: Produziere ich ein unnatürliches Ergebnis durch zu starken lateralen Zug oder durch zu starke Verbreiterung der Mundwinkel oder muss ich durch direkt ansetzende therapeutische Maßnahmen, wie in ► Abschn. 10.3.1 beschrieben, in diesem mittleren Bereich (Kinn- und Mundbereich, Oberlippe und Unterlippe) eingreifen (■ Tab. 10.5, ■ Abb. 10.6, ■ Abb. 10.7)?

■ Therapeutische und augmentative Maßnahmen der Kinnregion

Bei Patienten, die Zeichen des alternden Gesichts aufweisen, zeigt die Kinnregion oft nur diskrete Anzeichen des alternden Gesichts. Der Patient beklagt eine Ptosis der Kinnweichteile, eine eingefallene Kinn- und Mundregion und eine starke Fältelung durch die Mimik. Die Ptose wird hervorgerufen durch den Verlust der skelettalen Abstützung im Kinnbereich sowie eine Reduktion des subkutanen Fettgewebes mit einem Elastizitätsverlust der Haut. Um die Kinnregion genau zu beurteilen, muss man die Relation zwischen Kinnprominenz, Hyoid und der Ausprägung der Unterkieferspange beurteilen. Zur groben Einteilung der korrekten Lage der Kinnprominenz ist eine vertikale Linie im rechten Winkel zur Horizontalen beginnend am Nasion zu ziehen. Beim Mann soll das Kinn 1–2 cm vor dieser Linie liegen, bei der Frau 1–2 cm dahinter (■ Tab. 10.6, ■ Abb. 10.8).

10.5 Diagnosen der Halsregion

Die Halsregion erstreckt sich von der Kinnschuppe über die Mandibularspange nach kaudal bis zur Schlüsselbeinregion und nach dorsal bis zum Musculus trapezius.



■ Abb. 10.6 Bullhornplastik zur Verkürzung der Oberlippe



■ Abb. 10.7 VY-Plastik zur Korrektur der Oberlippe (innere Verlängerung der Mukosa)

Die emotionale Diagnose (patientensubjektiv) mit anatomischer Relation (medizinische Diagnose) sind in ■ Tab. 10.7 abgebildet.

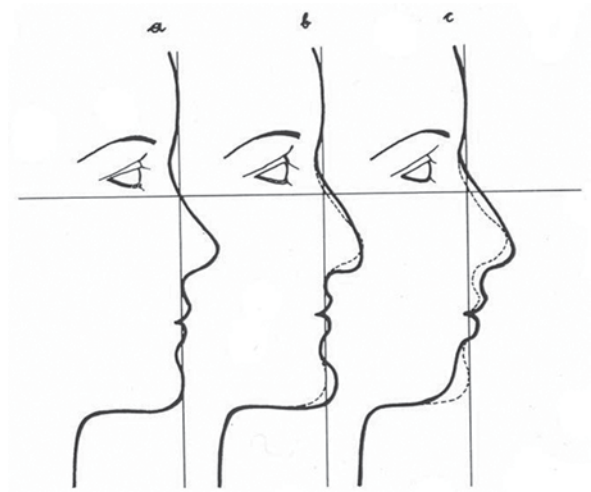
10.5.1 Therapiekonzepte

Bei den Therapiekonzepten müssen wir unterscheiden zwischen

- minimalinvasiven Maßnahmen und
- chirurgischen Maßnahmen.

■ Tab. 10.6 Anatomische Diagnose der Kinnregion und chirurgische Maßnahme

Diagnose	Maßnahme
Retrognathie	Vorverlagerung durch Genioplastik oder alloplastischer Aufbau
Vertikale Mikrogenie mit Retrogenie	Genioplastik im Sinn einer Verlängerung und einer Vorverlagerung (Hovinga et al. 1979)
Vertikale Mikrogenie	Genioplastik im Sinn einer Verlängerungsplastik
Vertikale Makrogenie mit Retrogenie	Kleines Kinnimplantat oder Genioplastik mit Verkürzung der knöchernen Kinnstruktur



■ Abb. 10.8 Schematische Darstellung der anatomischen Lage der Kinnprominenz

Minimalinvasive Maßnahmen

- Laserlipolyse
- Lasertherapie zur Verfeinerung des Hautbilds (Regeneration der Haut durch Kollagen Neogenese)
- Liposuction

Komplikationen

- Verletzung der Facialisäste
- Hautnekrosen
- Pigmentstörungen

Chirurgische Maßnahmen

Um ein therapeutisch zufriedenstellendes Ergebnis bei der ausgeprägten Alterserscheinung des Halses zu erreichen, müssen alle Komponenten (Haut, subkutanes

Tab. 10.7 Emotionale Diagnose mit anatomischer Relation

Patientensubjektiv	anatomische Relation
Mich stört mein Truthahnhal	Spannungsverlust der Haut, Sichtbarwerden der Platysmabänder, Ptose der Glandula submandibularis
Mich stört mein Doppelkinn	Zunahme des submandibulären bzw. retroplatysmalen Fetts

Fettgewebe, Platysma, und subplatysmales Fettgewebe) bearbeitet werden. Hier steht uns die sog. Anteriore-Posteriore-Platysmaplastik zur Verfügung. Entsprechend der Fragestellung kann sie im posterioren Bereich auch nur über eine subplatysmale Präparation mit kompletter Freilegung der Halsweichteile durchgeführt werden mit einem sehr lang anhaltenden und sehr guten Ergebnis (Berger u. Hierner 2005). Des Weiteren kann in kleineren Halsverbesserungsmaßnahmen auch eine reine anteriore Platysmaplastik mit Zusammenführen der Platysmabänder oder auch mit Schwächung der Platysmabänder anstehen. Die Reduzierung der Haut in Kombination mit einem Hals-Wangen-Lift besteht nicht in dem Zug über die Haut – welche nur eine mittelfristige Verbesserung zur Folge hat –, sondern über die Fixierung der tiefen Schichten mit der Reduktion der Zugkomponente auf die Haut. Diese Kombination hat über die Jahre einen lang anhaltenden Effekt und zeigt in der aktuellen Form die besten Ergebnisse (von Heimburg 2009).

10.5.2 Planung eines Hals-Wangen-Lifts

Die Anzeichnungen werden am sitzenden Patienten vor der Operation durchgeführt. Wir unterscheiden zwischen:

- Markierungen, die den Verlauf der Nasolabialfalte, die Krähenfüße, die Marionettenfalten und Augmentationsregionen beinhalten (Jochbeinbereich, Wangenbereich)(Volumenadditionszonen) und
- Markierungen, die die Schnittführung beinhalten. Diese Schnittführungslinien richten sich immer nach der Operationstechnik, die durchgeführt werden soll. Allgemein kann man sagen, dass man zwischen zwei Schnittführungen im Temporalgebiet unterscheidet:
 - eine Inzision in der temporalen Behaarung und
 - eine Inzision unmittelbar am Haaransatz.

Die zweite Schnittführung wird heute bevorzugt, um einen sog. operated facelift-look zu verhindern, d. h. wenn der Haaransatz im Schläfenbereich zu weit zurückgezogen

erscheint. Der Schnitt sollte am Vorderrand der crus helix entweder hinter dem tragus oder vor dem tragus geführt werden (präferierte Schnittführung vor dem tragus). Retroauriculär wird der Schnitt unmittelbar am Ohrfläppchen in der hinteren Umschlagfalte des Ohrs geführt. Die Inzision ist ca. 1 mm oberhalb des Ohrsulcus. Im Okzipitalbereich haben wir ebenfalls die Entscheidung, ob wir in die Haarstruktur eingehen oder direkt an der Haarlinie entlang schneiden. Die Entscheidung bei normaler – d. h. in ca. 95 % der Patienten – mittelgradigen Hautentfernung ist die Schnittführung in die Haarregion. Bei einer sehr starken Halsstraffung im Bereich von 4–5 cm, teilweise sogar 10 cm, sollte die Schnittführung zur Schonung der okzipitalen Haarmenge und des natürlichen Haarrandverlaufs am Haaransatz durchgeführt werden (Abb. 10.9).

■ Infiltration

In unserer Klinik wird eine – zusätzlich zur Vollnarkose – Lokalanästhesie durchgeführt, mit 0,25 % Xylonest und 1:200 000 Adrenalin zur Vasokonstriktion und leichteren Durchführung der Narkose.

■ Unterminierung der Haut

Die Unterminierung der Haut ist abhängig von den gewünschten Operationstechniken. Sollte es mehr ein kutanes, ein SMAS-Plikationssystem oder ein SMAS-Präparationssystem in unterschiedlicher Ausprägung sein? Die Hautpräparation wird im Allgemeinen im Temporalbereich (ca. 4–5 cm), im Wangenbereich (7–8 cm, teilweise auch 10 cm), im Mandibularbereich und im Halsbereich teilweise »through and through« (durch und durch) präpariert, um den Hals und die Halsweichteile unabhängig voneinander zu formen. Im Okzipitalbereich wird eine ca. 5–8 cm große subkutane Präparation unter Schonung der Haarfollikel präpariert. Es ist bei der Präparation zu beachten, dass nach Reduzierung des Hautvolumens in den gesamten Eckstrukturen keine »dog ears« entstehen können. Nach Abschluss der Hautpräparation, bei der der subkutane venöse Komplex erhalten bleiben muss, wird die SMAS-Präparation angezeichnet und durchgeführt. Hierbei ist darauf zu achten, dass die senkrechte Präparation ca. 1–2 cm vor dem Ohr nach kranial und kaudal präpariert wird, mit einem horizontalen Schenkel, ca. 1 cm unterhalb des Os zygomaticus verläuft. Die Ausprägung der Präparation des SMAS ist nach Zugkomponente und Wunsch präparationstechnisch unterschiedlich. Zu achten ist auf den Nervus auricularis magnus, auf die Facialis-Äste im Hals- und im Wangenbereich, um die Sensibilität bzw. Motorik sicherzustellen. Nach freigelegtem SMAS kann eine sog. SMAS-Teilung stattfinden, um einen Halsblock nach okzipital zu führen, bzw. den Wangenblock nach kranial über dem Os zygomaticus zu fixieren. Detailpräparationen s. Fachliteratur.



■ Abb. 10.9 Schnittführung und subkutanes Präparationsgebiet

■ Hautresektion

Nach der SMAS-Präparation wird die Haut an den sog. key points spannungsfrei fixiert. Diese sind am oberen vorderen Ohrpol und am oberen hinteren Ohrpol im Okzipitalbereich gelegen. Danach wird die überschüssige Haut, die vorher mit einem sog. Pitanguy-Marker markiert wurde, entfernt. Es ist darauf zu achten, dass keinerlei Zug auf die Haut ausgeübt wird, speziell am unteren Ohrpol, um ein fixiertes Ohrläppchen als Stigma zu verhindern. Nach schichtweisem Verschluss wird von okzipital eine Drainage eingelegt, die nach 24 h gezogen werden kann.

■ Verband

Ein zirkulärer Verband, mit dünnem Schaumstoff oder mit Watte gepolstert, wird angelegt.

■ Bestimmung der Perioralregion

Die Perioralregion ist im Gesicht immer gesondert zu behandeln. Hier dürfen niemals Zugkomponenten der SMAS-Präparation bzw. der Wangenrotation auf den Mund Einfluss haben. Es gibt eine Ausnahme: eine leichte kraniale Rotation des Mundwinkels; niemals eine laterale Zugrichtung auf den Mundwinkel (unnatürliche Mundform). Die Perioralregion kann nach den in ■ Tab. 10.5 genannten Maßnahmen therapiert werden.

■ Komplikationen

Wir unterscheiden zwischen echten Komplikationen oder iatrogenen Folgeschäden (■ Abb. 10.10).

Echte Komplikationen sind:

- Infektion
- Hypertrophe Narbe
- Hautnekrose
- Blutungen
- Motorische und sensible Störungen



■ Abb. 10.10 Zugrichtung beim Facelift. Die kutane Zugrichtung unterscheidet sich meistens von der SMAS-Zugrichtung

Iatrogene Folgen sind:

- Schlecht platzierter Narbenverlauf
- Falsche Hautvektorkomponente
- Verzogener tragus, verzogene Ohrmuschelachse oder angewachsen erscheinendes Ohrläppchen
- Verbreiterung des Mundes durch Überkorrektur
- Vershobene Haargrenze

10.6 Leitsätze

Das Facelift gibt es nicht! So multidynamisch der Alterungsprozess ist, so multistrukturiert und individualisiert ist das Therapiekonzept.

Die Kunst ist, aus Stirntemporal-, Wangen- und Halslift eine harmonische Einheit zu formen.

Knochen werden mit Knochen ersetzt und Weichteile mit Weichteilen.

Nicht ein gestrafftes Gesicht sieht jung aus, sondern ein geformtes Gesicht.

Das Erscheinungsbild der Haut entscheidet über 60 % der Erfolgsbeurteilung.



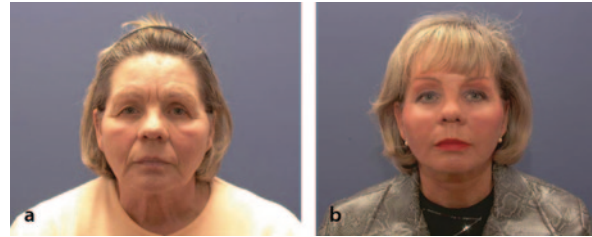
■ **Abb. 10.11** a Vorgealterte Patientin mit ungenügender skelettaler Unterstützung im Mandibulbereich. b Nach Face- und Halslift mit Kinnaufbau und Eigenfetttransplantation



■ **Abb. 10.12** a Sichtbare »retaining ligaments« (das masseterico-kutane, das mandibula-kutane und das zygomatico-kutane Ligament) und Retrogenie. b Nach Face- und Halslift sind die sichtbaren Einziehungen der »retaining ligaments« unsichtbar. Korrektur der Retrogenie mit Kinnaufbau



■ **Abb. 10.13** a Retrogenie und undefinierte Halslinie, kurzes Untergesicht. b Nach Face- und Halslift mit Kinnaufbau und Nasenchirurgie zeigt sich ein ausgeglichenes Profil



■ **Abb. 10.14** a Vorgealterte Patientin mit runder Gesichtsphysiognomie und klassischen Alterszeichen mit kompliziert zu modellierender dicker Haut. b Nach Mittelgesichts- und Oberlidchirurgie jüngeres identitätserhaltendes Erscheinungsbild

10.7 Fallbeispiele

Die ■ Abb. 10.11, ■ Abb. 10.12, ■ Abb. 10.13 und ■ Abb. 10.14 sollen die hier vorgestellten Diagnosen verdeutlichen.

Literatur

- Berger A, Hierner R (2005) Plastische Chirurgie. Band II: Kopf und Hals. Springer, Berlin
- Coleman SR, Mazzola RF (2009) Fat injection from filling to regeneration. Quality Medical Pub, St. Louis
- Franke H (1990) Das Altersantlitz, Medizinische, kosmetische, psychologische und kunsthistorische Aspekte. Schattauer, Stuttgart
- Funk W (1999) Das alternde Gesicht. In: von Heimburg D, Lemperle G (Hrsg) Ästhetische Chirurgie, 2. Erg. Lfg. ecomed Medizin, Heidelberg
- Funk W (2007) Das alternde Gesicht. MÄC 1: 6–17
- Funk W (2008) Das alternde Gesicht. In: Worret WJ, Gehring W (Hrsg) Kosmetische Dermatologie, 2. Aufl. Springer, Berlin, S 297–306
- Funk W, Metelmann HR (2009) Injizierbare Implantate in der MKG-Chirurgie. MKG-Chirurg DOI10.1007/s12285-009-0094-1;1–6
- von Heimburg D (2009) SMAS-Face-Halslift. In: von Heimburg D, Lemperle G (Hrsg) Ästhetische Chirurgie, 21. Erg. Lfg. Ecomed Medizin, Heidelberg
- Hinderer UT (1999) Verticalpreperiosteal rejuvenation of the frame of the eyelids and midface. Plast Reconstr Surg 104: 1482–1499
- Hovinga J, Kraal ER, Roorda LA (1979) A follow-up of osteotomies for dysgnathia. J Maxillofac Surg 7(4): 271–282
- Little JW (2000) Three-dimensional rejuvenation of the midface: Volumetric resculpture by malar imbrication. Plast Reconstr Surg 105: 267–285
- Paasch U, Bodendorf M, Grunewald S (2012) Dermatologische Lasertherapie. Band 1: Fraktionale Laser: Indikationen – Einstellungen – Resultate. KVM, Berlin
- Psillakis JM, Rumley TO, Camargos A (1988) Subperiosteal approach as an improved concept for correction of the aging face. Plast Reconstr Surg 82: 383–394
- Ramirez OM (1995) Endoscopic facial rejuvenation. Perspect Plast Surg 9: 22
- Raulin C, Karsai S (2011) Laser and IPL Technology in Dermatology and Aesthetic Medicine. Springer, Berlin
- Skoog T (1974) Plastic Surgery: New Methods and Refinements. Saunders, Philadelphia

Terino EO, Edward M (2008) The magic of mid-face three-dimensional contour alterations combining alloplastic and soft tissue suspension technologies. *Clin Plast Surg* 35(3): 419–450; discussion 417

Weiterführende Literatur

- Hinderer U, Urriolagoitia (1986) Nerven Risikozonen bei der Rhytidektomie. *Handchir Mikrochir Plast Chir* 18: 370–375
- Holland E (2008) Marquardt's Phi Mask: Pitfalls of Relying on Fashion Models and the Golden Ratio to Describe a beautiful Face. *Aesth Plast Surg* 32: 200–208
- Kinzel R, Kaduk WM, Cuzalina A, Podmelle F, Metelmann HR (2005) Indication, technique and clinical outcome of the endoscopic assisted forehead and brow lift. *Mund Kiefer Gesichtschir* 9(1): 6–11
- Owsley JQ (1993) Lifting the malar fat pad for correction of prominent nasolabial folds. *Plast Reconstr Surg* 91: 463–474

Blepharoplastik

F. Podmelle, U. Westermann

- 11.1 Einführung – 148
- 11.2 Oberlidblepharoplastik – 148
- 11.3 Unterlidblepharoplastik – 149
- 11.4 »Take Home Messages« – 151
- Literatur – 151

Die Straffungsoperationen der Ober- und Unterlider profitieren besonders von einer kombinierten Skalpells-Laser-Chirurgie. Die schwerste Komplikation der Blepharoplastik ist der Visusverlust, zumeist ausgelöst durch Nachblutungen. Bluttrockenes Schneiden mit dem CO₂-Laser bei der Haut-, Muskel- und Fettexzision im Oberlid oder bei der transkonjunktivalen Fettentfernung im Unterlid kann zu einer Minderung dieses Risikos, das sich zum Glück selten realisiert, beitragen. Im Unterlidbereich lässt sich darüber hinaus überschüssige Haut durch ein infraorbitales Laser-Skin-Resurfacing straffen.

11.1 Einführung

Die Blepharoplastik ist die am häufigsten durchgeführte Operation zur Verbesserung des Erscheinungsbilds. Die ästhetischen und funktionellen Ergebnisse sind regelmäßig gut und erfüllen die Wünsche von Patient und Behandler (■ Abb. 11.1, ■ Abb. 11.2).

Allerdings gibt es auch Risiken und ernsthafte Komplikationen. Sehverlust nach Blepharoplastiken wird in einer Studie von Kordic mit 0,04 % angegeben; bei 10 000 Patienten führt die rein ästhetische Operation zu 4 schwer geschädigten Augen mit völliger Funktionseinbuße (Kordic et al. 2005). Haas und Mitarbeiter werteten 2004 in einer großen retrospektiven Multicenterstudie die Zwischenfälle bei ca. 270 000 Blepharoplastikpatienten aus (Haas et al. 2004). Hier wird die Inzidenz von permanentem Visusverlust mit 0,0045 % angegeben. In 0,055 % traten Nachblutungen auf, zumeist in den ersten 3 h nach der Operation. In Case Reports werden darüber hinaus Erblindungen auch ohne Nachblutung unmittelbar nach oder während Unterlidblepharoplastiken beschrieben. Hier werden pathophysiologische Prozesse mit Ischämien im Bereich des Sehnervs vermutet und akute Glaukome, die durch die Lokalanästhesie ausgelöst werden.

Da die meisten Erblindungen nach Blepharoplastiken mit Nachblutungen assoziiert sind, gehören zu den aktiven Vorsichtsmaßnahmen eine akribische Blutstillung während der Operation, die postoperative Oberkörperhochlagerung mit Druckverbänden für wenigstens 1 h und die Vermeidung von Blutdruckspitzen z. B. aufgrund körperlicher Anstrengungen. Bluttrockenes Schneiden mit dem CO₂-Laser kann das Risiko der Nachblutung zusätzlich vermindern.

11.2 Oberlidblepharoplastik

Bei der Oberlidblepharoplastik, einer vergleichsweise wenig invasiven und lokal begrenzten Operation mit erstaunlich eindrucksvoller Verjüngungswirkung des Ge-

sichts, handelt es sich in der Regel um eine Haut-, Muskel- und Fettresektion von exzessivem Gewebe. Ob man dabei einen CO₂-Laser anwendet, hängt von der Vorliebe des Chirurgen ab und zeigt in den ästhetischen Resultaten keine nennenswerten Unterschiede (Niamtu 2008).

Wir führen ca. 85 % der Blepharoplastiken mit dem CO₂-Laser durch. Kritisch ist hierbei der Hautschnitt mit dem Laser zu sehen, da thermische Energie auf die dünne Haut des Körpers übertragen wird und eine Koagulationsnekrose im Randbereich der Hautschnitte entsteht. Der Brennpunkt des Lasers sollte deshalb $\leq 0,2$ mm sein. Eine andere Möglichkeit ist, den Hautschnitt mit dem Skalpell durchzuführen und dann mit dem Laser weiter zu präparieren. So nutzt man die Vorteile des Lasers, die im blutarmen und übersichtlichen Präparieren liegen, am besten, ohne die Nachteile der doch etwas auffälligeren Narbe in den ersten 3 Monaten nach der Operation in Kauf nehmen zu müssen.

Über die Exzisionswunde bietet sich ein Zugang zur supraorbitalen Muskulatur, zum knöchernen Orbitarand und zum lateralen Fettkissen am Unterlid. Modifikationen sind in Fallbeispielen und Studien vielfältig in der Literatur beschrieben (Niechajev 2004; Trelles et al. 2005; Ilankovan 2010; Gruber et al. 2007). Nach unseren Erfahrungen ist die Technik der Brauenpexie sehr nützlich. Hier wird nach Dissektion lateral über den Supraorbitalwulst hinaus das gesamte Brauengewebe neu am Periost mit leichter Kranialverschiebung fixiert. Niechajev (2004) verwandte nichtresorbierbare Fäden; wir verwenden resorbierbare Fäden und haben damit sehr gute Erfahrungen gemacht. Diese Technik soll das weitere Herabsinken des Brauenbogens verhindern und dem durch die Blepharoplastik vermehrten Zug auf die Brauengegend entgegenwirken. Eine signifikante Brauenhebung kann über den Blepharoplastikzugang kaum erfolgen und vermehrt die Faltenbildung supraorbital.

Eine weitere Modifikation stellt die Resektion des M. corrugator supercilii im medialen Anteil dar, die leicht über die Blepharoplastikinzision durchgeführt werden kann. Sollte bei der Voruntersuchung eine Ptosis auffällig sein, kann diese simultan z. B. durch Resektion des Müllermuskels oder Raffung der Aponeurose des Muskels beseitigt werden (Khooshabeh u. Baldwin 2008).

Am wichtigsten für ein optimales Ergebnis bei der Oberlidblepharoplastik ist die Indikationsstellung während der Voruntersuchung. Hier sollte gemeinsam mit dem Patienten ein Behandlungspfad erarbeitet werden, der eine optimale Gesichtsverjüngung beinhaltet, ohne die Individualästhetik des Gesichtes zu zerstören. Patienten, die sich in der ästhetischen Praxis mit dem Wunsch nach einer Straffung und Hebung der erschlafften Oberlider vorstellen, benötigen oft eher eine Hebung der abgesunkenen Augenbrauen, ein endoskopisches Lift, das



■ **Abb. 11.1** Patientin mit Blepharochalasis, Brauenptosis und feinstrukturierter periorbitaler Hautfältelung mit dem Wunsch nach einer Gesichtsverjüngung. (Aus Podmelle et al. 2009; mit frdl. Genehmigung)



■ **Abb. 11.2** Dieselbe Patientin 3 Jahre nach Blepharoplastik mit Endobrowlift und Laser-Skin-Resurfacing. (Aus Podmelle et al. 2009; mit frdl. Genehmigung)

Stirn- und/oder Augenbrauenlift. In unserem Patienten-gut zeigt sich, dass ca. 80 % der Endobrowlift-Patienten primär zu Beratungen über Oberlidplastiken gekommen waren. Die Differenzialindikation ist wichtig für den Behandlungserfolg: Wann führt man eine Blepharoplastik durch und wann ein Stirnlift?

Das endoskopische Stirnlift ist eine minimalinvasive Methode zur Hebung der Augenbrauenregion. Über kleine Inzisionen im haartragenden Bereich der Stirn und der Temporalregion erfolgt unter endoskopischer Visualisierung wichtiger anatomischer Strukturen die subperiostale oder subgaleale Mobilisierung des gesamten Galeahautlappens bis okzipital. Gleichzeitig kann wie beim offenen Zugang eine Schwächung der Stirn- und Corrugatormuskulatur erfolgen. Im Temporalbereich bietet sich nach Dissektion der parietotemporalen Schicht von der Temporalisfaszie auch der Zugang zur Malar- und Periorbitalregion. Der gesamte mobilisierte Galeahautlappen wird mit einer Kranialverschiebung der Haargrenze nach dorsal rotiert und hier mittels verschiedener Befestigungsmethoden fixiert.

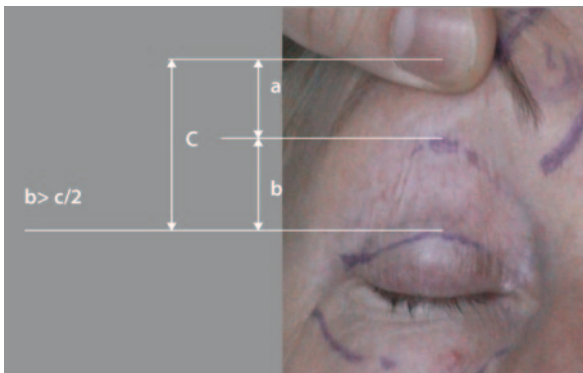
Nach unseren Erfahrungen ist entscheidend, ob eine Blepharochalasis vorliegt, eine Augenbrauenptosis oder

beides. Als Grundregel gilt: Entfernt man mehr als die Hälfte an Haut (■ Abb. 11.3) von der Distanz der unteren Blepharoplastikinzision zur lateralen Augenbraue, dann sehen wir die Indikation für eine Augenbrauenhebung (Kinzel et al. 2005). Dem Patienten wird durch Palpation und Hautverschiebung vor einem Spiegel demonstriert, was von jedem einzelnen Eingriff erwartet werden kann. Es ist nicht sinnvoll, mit einer Blepharoplastik und ausgedehnter Hautresektion eine Brauenptosis zu kompensieren. Es resultieren häufig in ihrem Verlauf auffällige Narben. Durch eine spätere Korrektur, z. B. ein endoskopisches Stirn-Augenbrauen-Lift, kann ein Lagophthalmus entstehen.

11.3 Unterlidblepharoplastik

Die Unterlidblepharoplastik ist im Vergleich zur Oberlidblepharoplastik eine der schwierigsten Operationen des Gesichts mit vielen technischen Variationen in der Literatur. Ziel aller Operationsmethoden ist

- der Erhalt der Konkavität der Unterlidregion,
- das Kaschieren der Tränenrinne und der Furche zwischen Unterlid und Wange,



■ **Abb. 11.3** Abschätzung des Ausmaßes der Hautresektion. (Aus Podmelle et al. 2009; mit frdl. Genehmigung)

- die Akzentuierung des lateralen Kanthus ohne »scleral show« (Kuhaugendeformität),
- die Entfernung der überschüssigen Haut ohne Ektropionierung des Unterlides und
- die Verbesserung der Qualität der Unterlidhaut.

Eine Tendenz zur immer sparsameren Fettentfernung zur Verhinderung eines hohläugigen Aussehens lässt sich erkennen.

Unter Standardunterlidblepharoplastik versteht man die Bildung eines Hautmuskellappens nach subziliarer Inzision, die Ausdünnung der Fettkissen, die Readaptation des Lappens und Exzision des überschüssigen Hautmuskellappens. Die ersten Beschreibungen dieser Technik lassen sich bereits 1946 finden (Castanares 1946). Als Nachteil dieser Operationsmethode werden in neueren Quellen v. a. die fehlende Korrektur der Tränenrinne, des Überganges zur Wangenregion und die mögliche Ektropionierung des Unterlids durch Störung der motorischen Innervation genannt (Ilankovan 2010).

Mit der Einführung des CO₂-Lasers in den 90er-Jahren wurde die Methode der transkonjunktivalen Fettentfernung mit anschließendem infraorbitalen Laser-Skin-Resurfacing entwickelt. Hierdurch kann überschüssige Haut im Unterlidbereich zu ca. 30 % gestrafft werden (Münker 2001). Nachteilig sind auch hier die fehlende Beeinflussung der Tränenrinne und die prolongierte Rötung der Unterlidhaut. Durch Einsatz eines Er:YAG-Lasers bleibt das prolongierte Erythem meist aus. Das direkt postoperative Resultat hinsichtlich der Unterlidhautstraffung ist allerdings weniger eindrucksvoll als beim CO₂-Laser. Dieser unmittelbar postoperative Straffungseffekt beruht nach rasterelektronenmikroskopischen Untersuchungen mehr auf einem Verbrennungseffekt der Haut. Beim Er:YAG-Laser zeigt sich diese Hautstraffung dann konsekutiv mit Stimulation der Heilungs- und Reparaturvorgänge der Haut.

Korn et al. (2010) werteten in einer retrospektiven Analyse 212 Patienten anhand von Fotos und Zufriedenheitsskalen aus. Die Blepharoplastik wurde hier transkutan unter Schonung des Ringmuskels durchgeführt und gleichzeitig die Malarregion angehoben. Es werden geringe Komplikationsraten und eine hohe Patientenzufriedenheit beschrieben.

Es lässt sich insgesamt die Tendenz zu einer sehr sparsamen Fettresektion erkennen. Eine zu aggressive Fettentfernung kann das Auge hohl und die Haut darüber alt wirken lassen. Einige Operateure entfernen kein Fett mehr, sie verlagern das Fettgewebe nach kaudal unter die Tränenrinne und unter den Übergang zur Wange. Nach unseren Erfahrungen kann man mit dieser Technik bei richtiger Indikationsstellung sehr gute Ergebnisse erzielen. Diese Fettverlagerung kann auch transkonjunktival durchgeführt werden. Interessant scheint auch das Vorgehen von intraoral, welches Zhang et al. (2009) mit guten Ergebnissen beschreiben.

Zur Verhinderung der Ektropionierung des Unterlids sind verschiedene Verankerungstechniken erwähnt, welche im Wesentlichen die Suspension des gebildeten Hautmuskellappens bzw. der gesamten Malarregion über Fäden am lateralen Orbitalrand (Periost, Knochentunnel) beschreiben.

Auch die Anwendung von Phosphatidylcholin (»Fettwegspritze«) als lipolytisches Agens zur Behandlung der Fettherniation der Unterlider wurde beschrieben. Ablon u. Rotunda (2004) injizierten bei 10 Patienten alle 2 Wochen in insgesamt 5 Behandlungen Phosphatidylcholin in die Fettkissen des Unterlids. Die Nachkontrollen erfolgten im Durchschnitt 9 Monate und wurden auf einer visuellen Analogskala von 1–10 ausgewertet. Bei nur 60 % der Patienten wurde eine Verbesserung über 5 erreicht. Diese »lunch time surgery« behandelt in der Regel nicht das pathoanatomische Problem, und die potenziellen Risiken durch versehentliche intravasale Injektion und durch mögliche Vernarbungen sind hoch.

Wenn es um die Behandlung periorbitaler Fältchen geht, kommt wieder die Lasermedizin im Sinn einer lokalisierten oberflächlichen Gesichtshautverjüngung ins Spiel (Karsai et al. 2010). Diese Oberflächenkonturierung der Haut, Laser-Skin-Resurfacing, stützt sich auf nonablativ, fraktionierte und ablativ Techniken (Alexiades-Armenakas et al. 2008). Der fraktionierten Fotothermolyse gilt dabei besondere Aufmerksamkeit, und sie wird als Technik für die Zukunft gesehen (Geronemus 2006). Studien zu mikrofraktionierten ablativen Verfahren verwenden verschiedene neue Erbium-Lasersysteme (Dierickx et al. 2008). Erbium:YAG-Laser mit ablativen Eigenschaften haben hier ihre Bedeutung, insbesondere wenn es um die lichtgeschädigte Haut geht, einem häufigen Ausgangsbefund in der ästhetischen Chirurgie des Gesichts.

(Lapidoth et al. 2008). Zur Erbium:YAG-Laseranwendung bei Skin-Resurfacing gibt es Erfahrungsberichte in kleinen Untersuchungsgruppen (30 Patienten) und über kurze Beobachtungszeiträume hinweg (2 Monate) (Trelles et al. 2009). Wesentlich umfangreichere Erfahrungen (2 000 Behandlungen) und dies über einen langen Zeitraum mit dem fraktionierten CO₂-Laser bei der gleichen Indikation publizierten Hunzeker et al. (2009). Zusammenfassend darf das Urteil von Cohen et al. (2009) im Journal of Plastic and Reconstructive Surgery gelten, dass sowohl die fraktionierte CO₂-Laseranwendung als auch die Erbium:YAG-Laseranwendung gut etablierte Verfahren bei der Indikation Facial Rejuvenation z. B. im peri-orbitalen Bereich sind.

11.4 »Take Home Messages«

Die Operationen zur Straffung der Ober- und Unterlider sind sehr wirkungsvolle ästhetische Operationen, wenn es um die Verjüngung des Erscheinungsbilds geht.

Wenn man für die Hautinzision das Skalpell verwendet und für das weitere Präparieren im Muskel- und Fettgewebe einen CO₂-Laser, nutzt man die Vorteile des Lasers, die im blutarmen und übersichtlichen Präparieren liegen, am besten, ohne die Nachteile der doch etwas auffälligeren Narbe in den ersten 3 Monaten nach der Operation in Kauf nehmen zu müssen.

Für die Behandlung periorbitaler Fältchen eignet sich die lokalisierte oberflächliche Gesichtshautverjüngung im Sinn des Laser-Skin-Resurfacing sehr gut mit nonablativen, fraktionierten und ablativen Techniken.

Literatur

- Ablon G, Rotunda AM (2004) Treatment of lower eyelid fat pads using phosphatidylcholine: clinical trial and review. *Dermatol Surg* 30: 422–428
- Alexiades-Armenakas MR, Dover JS, Arndt KA (2008) The spectrum of laser skin resurfacing: nonablative, fractional, and ablative laser resurfacing. *J Am Acad Dermatol* 58: 719–737
- Castanares S (1946) Blepharoplasty for herniated intraorbital fat: anatomical basis for a new approach. *Plast Reconstr Surg* 1951 8(1): 46–58
- Cohen SR, Henssler C, Johnston J (2009) Fractional photothermolysis for skin rejuvenation. *Plast Reconstr Surg* 124: 281–290
- Dierickx CC, Khatri KA, Tannous ZS, Childs JJ, Cohen RH, Erofeev A, Tabatadze D, Yaroslavsky IV, Altshuler GB (2008) Micro-fractional ablative skin resurfacing with two novel erbium laser systems. *Lasers Surg Med* 40: 113–123
- Geronemus RG (2006) Fractional photothermolysis: current and future applications. *Lasers Surg Med* 38: 169–176
- Gruber R, Miranda E, Antony A (2007) Dermabrasion for rhytids in the lateral canthal region. *Aesthetic Plast Surg* 31(6): 688–691
- Haas AN, Penne RB, Stefanyszyn MA, Flanagan JC (2004) Incidence of postblepharoplasty orbital hemorrhage and associated visual loss. *Ophthal Plast Surg* 20(6): 426–432
- Hunzeker CM, Weiss ET, Geronemus RG (2009) Fractionated CO₂ laser resurfacing: our experience with more than 2000 treatments. *Aesthet Surg J* 29: 217–322
- Ilankovan V (2010) Aesthetic blepharoplasty. *Br J Oral Maxillofac Surg*; 48(7): 493–497
- Karsai S, Czarnecka A, Jünger M, Raulin C (2010) Ablative fractional lasers (CO₂ and Er:YAG): A randomized controlled double-blind split-face trial of the treatment of peri-orbital rhytides. *Lasers Surg Med* 42(2): 160–167
- Khooshabeh R, Baldwin HC (2008) Isolated Muller's muscle resection for the correction of blepharoptosis. *Eye (Lond)* 22(2): 267–272
- Kinzel R, Kaduk WMH, Cuzalina A, Podmelle F, Metelmann HR (2005) Das endoskopische Stirn- und Augenbrauen-Lift: Indikationen, Technik und Ergebnisse. *MKG Chir* 9(1): 6–11
- Kordic H, Flammer J, Mironow A, Killer HE (2005) Perioperative posterior ischemic optic neuropathy as a rare complication of blepharoplasty. *Ophthalmologica* 219(3): 185–188
- Korn BS, Kikkawa DO, Cohen Sr (2010) Transcutaneous lower eyelid blepharoplasty with orbitomalar suspension: retrospective review of 212 consecutive cases. *Plast Reconstr Surg* 125(1): 315–323
- Lapidoth M, Yagima Odo ME, Odo LM (2008) Novel use of erbium: YAG (2,940-nm) laser for fractional ablative photothermolysis in the treatment of photodamaged facial skin: a pilot study. *Dermatol Surg* 34: 1048–1053
- Münker R (2001) Laser blepharoplasty and periorbital laser skin resurfacing. *Facial Plast Surg* 17(3): 209–217
- Niamtu J 3rd (2008) Radiowave surgery versus CO laser for upper blepharoplasty incision: which modality produces the most aesthetic incision? *Dermatol Surg* 34(7): 912–921
- Niechajev I (2004) Transpalpebral browpexy. *Plast Reconstr Surg* 113(7): 2172–80; discussion 2181
- Podmelle F, Metelmann HR, Kaduk W (2009) Individualästhetik in der Gesichtschirurgie – Differenzierte Operationsverfahren zur Verjüngung der Stirn-, Augenbrauen- und Oberlidregion. *FACE International Magazine of Orofacial Esthetics* 4: 6–12
- Trelles MA, Brychta P, Stanek J, Allones I, Alvarez J, Koegler G, Luna R, Buil C (2005) Laser techniques associated with facial aesthetic and reparative surgery. *Facial Plast Surg* 21(2): 83–98
- Trelles MA, Mordon S, Velez M, Urdiales F, Levy JL (2009) Results of fractional ablative facial skin resurfacing with the erbium:yttrium-aluminium-garnet laser 1 week and 2 months after one single treatment in 30 patients. *Lasers Med Sci* 24: 186–194
- Zhang H, Liu C, Peng C, Zhu K, Bu R, Liu H (2009) Blending of the eyelid-cheek junction and removal of protruding fat: an intra-oral approach to blepharoplasty of the lower eyelid. *Br J Oral Maxillofac Surg* 47(7): 541–544

Tätowierungen

S. Hammes

- 12.1 Indikation – 154
- 12.2 Praktisches Vorgehen – 154
- 12.3 Nachbehandlung – 154
- 12.4 Epikrise – 154
- 12.5 Fallbeispiel – 154
- 12.6 »Take Home Messages« – 155
- Literatur – 155

- Die Entfernung von Tätowierungen ist primär eine Domäne der dermatologischen Lasertherapie.
- Die Benignität von Hautveränderungen innerhalb oder in der Nähe der Tätowierung ist durch eine genaue dermatologische Diagnose unbedingt sicherzustellen.
- Um ein breites Spektrum von Tätowierungen erfolgreich entfernen zu können, ist eine differenzierte, aufwendige Geräteausstattung mit verschiedenen gütegeschalteten Lasersystemen notwendig.
- Für therapieresistente Tätowierungen kann in Einzelfällen die chirurgische Entfernung erwogen werden.

12.1 Indikation

Die Entfernung von Tätowierungen ist eine häufig nachgefragte und gleichzeitig komplexe Indikation. Die Farbe der Tätowierung, die chemische Zusammensetzung, die Stichtiefe, die Stichtichte und die Lokalisation am Körper bestimmen in hohem Maß die Herangehensweise und die Geräteauswahl (Karsai u. Raulin 2013). Um ein breites Spektrum von Tätowierungen erfolgreich entfernen zu können, ist eine differenzierte, aufwendige Geräteausstattung mit verschiedenen gütegeschalteten Lasersystemen notwendig. In einer ästhetisch-chirurgisch ausgerichteten Praxis ist diese im Allgemeinen nicht vorhanden.

Häufig sind sehr viele Sitzungen notwendig (z. T. über 20), nicht in allen Fällen kann eine vollständige Entfernung erreicht werden. Residuen in Form von Farbbrechen oder Texturänderungen sind nicht selten. Je intensiver die Behandlung durchgeführt wird (oft zur Verringerung der Anzahl der Sitzungen), desto häufiger sind die erwähnten Residuen zu beobachten.

Die Benignität von Hautveränderungen innerhalb und in der Nähe der zu entfernenden Tätowierung ist durch eine genaue dermatologische Diagnose prätherapeutisch unbedingt sicherzustellen (Pohl et al. 2013). Dies ist selbst für einen Hautfacharzt durch die Pigmentüberlagerung oft eine Herausforderung (Nolan et al. 2013). Aufgrund dessen ist die laserbasierte Tätowierungsentfernung eher in einem spezialisierten dermatologischen Laserzentrum anzusiedeln. Besondere Gefahren gehen von der Anwendung pigmentspezifischer Laser durch Laien aus (Hammes u. Kimmig 2013).

Für therapieresistente Tätowierungen kann in Einzelfällen als Ultima ratio die chirurgische Entfernung erwogen werden. Allerdings können durch lasertechnische Weiterentwicklungen auch in diesen Fällen immer öfter verbesserte Ergebnisse erreicht werden (Karsai et al. 2008; Saedi et al. 2012; Ibrahimi et al. 2013; Luebberting u. Alexiades-Armenakas 2014).

12.2 Praktisches Vorgehen

Eine Behandlung mit nichtgütegeschalteten Lasersystemen oder IPL-Geräten sollte unbedingt unterbleiben, da hierdurch in den meisten Fällen Vernarbungen entstehen und Residuen trotzdem nicht ausgeschlossen werden können. Da die lasertherapeutische Entfernung von Tätowierungen in einer ästhetisch-chirurgisch ausgerichteten Praxis nicht allgemein empfohlen werden kann, sei für Details auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen (Karsai u. Raulin 2013).

Falls eine chirurgische Entfernung in Sonderfällen sinnvoll erscheint, sind die allgemeinen Prinzipien der ästhetischen Chirurgie zugrunde zu legen.

12.3 Nachbehandlung

Die Nachbehandlung erfolgt im Wesentlichen durch Kühlung, antiphlogistische und/oder antiseptische Wundverbände. Da die lasertherapeutische Entfernung von Tätowierungen in einer ästhetisch-chirurgisch ausgerichteten Praxis nicht allgemein empfohlen werden kann, sei für Details auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen (Karsai u. Raulin 2013).

Falls eine chirurgische Entfernung in Sonderfällen sinnvoll erscheint, sind die allgemeinen Prinzipien der ästhetischen Chirurgie zugrunde zu legen.

12.4 Epikrise

Da die lasertherapeutische Entfernung von Tätowierungen in einer ästhetisch-chirurgisch ausgerichteten Praxis nicht allgemein empfohlen werden kann, sei für Details auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen (Karsai u. Raulin 2013).

Falls eine chirurgische Entfernung in Sonderfällen sinnvoll erscheint, sind die allgemeinen Prinzipien der ästhetischen Chirurgie zu Grunde zu legen.

12.5 Fallbeispiel

Da die lasertherapeutische Entfernung von Tätowierungen in einer ästhetisch-chirurgisch ausgerichteten Praxis nicht allgemein empfohlen werden kann, sei für Details auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen (Karsai u. Raulin 2013).

12.6 »Take Home Messages«

Die lasertherapeutische Entfernung von Tätowierungen sollten spezialisierten dermatologischen Laserzentren vorbehalten werden.

Eine residuenfreie Entfernung von Tätowierungen kann nicht in allen Fällen garantiert werden.

Nichtgütegeschaltete Laser oder IPL-Geräte sind zur Tätowierungsentfernung nicht geeignet.

Literatur

- Hammes S, Kimmig W (2013) Nebenwirkungen und Komplikationen in der Therapie mit Laser- und Lichtgeräten. *Hautarzt* 64: 145–154
- Ibrahimi OA, Sakamoto FH, Anderson RR (2013) Picosecond laser pulses for tattoo removal: a good, old idea. *JAMA Dermatol* 149(2): 241
- Karsai S, Raulin C (2013) Tätowierungen und andere Dyschromien. In: Raulin C, Karsai S (Hrsg) *Lasertherapie der Haut*. Springer, Berlin, S 151–169
- Karsai S, Pfirrmann G, Hammes S, Raulin C (2008) Treatment of resistant tattoos using a new generation Q-switched Nd:YAG laser: influence of beam profile and spot size on clearance success. *Lasers Surg Med* 40(2): 139–145
- Luebberding S, Alexiades-Armenakas M (2014) New tattoo approaches in dermatology. *Dermatol Clin* 32(1): 91–96
- Nolan KA, Kling M, Birge M, Kling A, Fishman S, Phelps R (2013) Melanoma arising in a tattoo: case report and review of the literature. *Cutis* 92(5): 227–230
- Pohl L, Kaiser K, Raulin C (2013) Pitfalls and recommendations in cases of laser removal of decorative tattoos with pigmented lesions: case report and review of the literature. *JAMA Dermatol* 149(9): 1087–1089
- Saedi N, Metelitsa A, Petrell K, Arndt KA, Dover JS (2012) Treatment of tattoos with a picosecond alexandrite laser: a prospective trial. *Arch Dermatol* 148(12): 1360–1363

Bodycontouring, Laserlipolyse und Liposuktion

B. Sommer

13.1 Indikation – 158

13.1.1 Einführung – 158

13.1.2 Indikationen der laserassistierten Liposuktion/Laserlipolyse – 158

13.2 Praktisches Vorgehen – 158

13.3 Nachbehandlung – 159

13.4 Epikrise – 159

13.4.1 Wichtige Meilensteine der Entwicklung – 159

13.4.2 Tumescenzlokalanästhesie – 159

13.4.3 Neue Entwicklungen der Liposuktionschirurgie – 160

13.4.4 Historische Entwicklung von Laserverfahren in der Liposuktionschirurgie – 160

13.4.5 Aktuelle Lasersysteme für die Laserlipolyse/laserassistierte Liposuktion – 161

13.4.6 Effekte der Laserenergie im Gewebe – 161

13.4.7 Vorteile der Methode – 163

13.4.8 Nachteile der Methode – 163

13.4.9 Schlussfolgerungen – 163

13.5 Fallbeispiele – 164

13.6 »Take Home Messages« – 165

Literatur – 166

Das Kapitel basiert auf einem Beitrag (Sommer u. Bergfeld 2013) aus Raulin C, Karsai S (Hrsg) *Lasertherapie der Haut*; mit frdl. Genehmigung der Herausgeber.

H.-R. Metelmann, S. Hammes (Hrsg.), *Lasermedizin in der Ästhetischen Chirurgie*, DOI 10.1007/978-3-642-34936-2_13, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

- Der Begriff »Laserlipolyse« steht für die Zerstörung von Fettzellen durch Einsatz einer Lasersonde im subkutanen Fettgewebe.
- Der Eingriff wird ebenso wie die traditionelle Liposuktion unter sterilen Kautelen und vergleichbaren Vorbereitungen durchgeführt.
- Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wird die Laserlipolyse überwiegend in Kombination mit einer Liposuktionsbehandlung durchgeführt, weshalb es sinnvoller scheint, von »laserassistierter Liposuktion« zu sprechen.
- Die neuesten Lasersysteme kombinieren mehrere Wellenlängen, da die initial eingesetzten Geräte mit nur einer Wellenlänge zu geringe Effekte zeigten.

13.1 Indikation

13.1.1 Einführung

Seit der Erstbeschreibung einer Liposuktion durch Giorgio und Arpad Fischer in Rom 1975 wurde die Liposuktionschirurgie kontinuierlich weiterentwickelt. Sie ist heute der am häufigsten durchgeführte ästhetisch-chirurgische Eingriff weltweit. Der Begriff »Liposuktion« steht für die Entfernung von Fettzellen mittels speziell entwickelter Absaugvorrichtungen und Kanülen.

Heutzutage ist die Liposuktion nur Teil einer ganzen Palette von Eingriffen, die zur Konturierung des Körpers bzw. umschriebener Areale im Sinn des »Bodycontouring« oder »Liposculpturing« eingesetzt werden. Dabei wird der Absaugvorgang häufig mit anderen Verfahren kombiniert oder durch diese manchmal auch ganz ersetzt, z. B. durch physikalische Maßnahmen wie Laserenergie, Ultraschall etc. oder medikamentöse Verfahren wie die Injektionslipolyse mit Phosphatidylcholin.

Um dem kombinierten Einsatz von Methoden besser gerecht zu werden, schlugen wir die Verwendung des Oberbegriffs »Lipotherapie« vor. Die Lipotherapie wird neben ästhetischen Indikationen auch erfolgreich zur Behandlung krankhafter Fettgewebsveränderungen eingesetzt. Durch die Weiterentwicklung der verschiedenen Verfahren ist es heutzutage möglich, vorhersagbare Ergebnisse auf hohem ästhetischen Niveau bei gleichzeitig minimiertem operativen Risiko zu erreichen.

13.1.2 Indikationen der laserassistierten Liposuktion/Laserlipolyse

- Kleine umschriebene Gebiete, z. B. das Knie
- Fibröse Gebiete, z. B. die männliche Brust oder die Flanken

- Gewebestraffung
- LipoRepair
- Touch-up-Eingriffe
- Cellulite

Der Begriff »Cellulite« steht für eine unterschiedlich stark unebene Hautoberfläche, insbesondere der Oberschenkel. Sie tritt aufgrund einer geschlechtsspezifisch besonderen anatomischen Anordnung der Septen des Subkutangewebes sowie der dünneren Haut fast nur bei Frauen auf, und zwar so regelmäßig, dass sie als ein normales physiologisches Phänomen gelten kann. Zugrunde liegt eine Herniation von kleinen Fettzellverbänden, die so an der Oberfläche als Erhebungen sichtbar werden. Die Unebenheiten können durch unterschiedlich starken Zug der zwischengelagerten Septen noch verstärkt werden und so als ausgeprägte Wellen und Dellen imponieren. Für die Laserlipolyse ergeben sich bei der Behandlung der Cellulite 3 Ansatzmöglichkeiten:

- Reduktion der Fettzellverbände (eigentlich Laserlipolyse), um den Herniationsdruck zu senken
- Lösen fibröser Septen und thermische Induktion einer Kollagenneu- und -reorganisation
- Hautfestigung durch thermisch induzierte Dickenzunahme und Straffung

Zum Einsatz kommt hier insbesondere die 1 440-nm-Wellenlänge. Zu beachten ist, dass bei einer zu aggressiven Zerstörung bestehender Septen und nicht ausreichender Faserneubildung ein Hängen der Haut potenziell möglich ist.

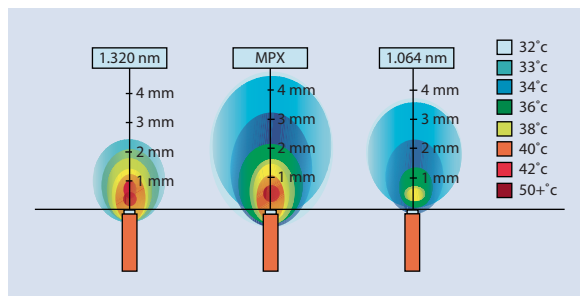
Weiterhin kann die Laserenergie mit gutem Erfolg in Kombination mit einer Saugkürettage der axillären Schweißdrüsen bei Hyperhidrose eingesetzt werden, um den Behandlungserfolg hier zu optimieren.

13.2 Praktisches Vorgehen

Eine präoperative Fotodokumentation ist unerlässlich. Im Anschluss erfolgen das Anzeichnen des Operationsgebiets und eine gründliche Desinfektion, bevor unter sterilen Kautelen mit der Installation der Tumescenzlösung begonnen wird. Die Menge der verwendeten Lösung variiert beträchtlich zwischen den einzelnen Operateuren. Je mehr Tumescenzlösung verwendet wird, desto weniger Wirkung ist von der Laserlipolyse zu erwarten (und wird auch nicht benötigt, da die Lösung per se gefäßschonend wirkt).

Durch eine 1 mm weite Stichinzision wird die Mikrokanüle in das zu behandelnde Subkutangewebe geschoben und über diese die 300 µm dünne Lasersonde

platziert. Die Spitze der Sonde sollte ca. 2 mm über das Ende der Führungskanüle ragen. Die Position der Laserspitze wird mit einer in das System integrierten Heliumneonlichtquelle, die transkutan sichtbar ist, angezeigt. Die Kanüle wird dann kreuz und quer und in verschiedenen Tiefen durch das Gewebe geführt. Dabei wird kontinuierlich Energie abgegeben.



■ **Abb. 13.1** Thermische Effekte verschiedener Wellenlängen des Smartlipo® MPX. (Aus Sommer u. Bergfeld 2013)

Der Behandlungsradius der Laserenergie beträgt ca. 1 mm im Durchmesser um die Lasersondenspitze (■ Abb. 13.1). Die Behandlungsparameter variieren in Abhängigkeit von den verwendeten Lasersystemen und der behandelten Region sehr stark; hier sollten die jeweils aktuellen Empfehlungen der Hersteller beachtet werden. Die empfohlenen kumulativen Energiedosen pro Behandlungsareal liegen zwischen 1 500 und 5 000 J.

Der klinische Endpunkt der Behandlung ist die extern gemessene Hauttemperatur, die 39 °C nicht übersteigen sollte. Insbesondere bei der Behandlung oberflächlicher Schichten ist die kontinuierliche Überwachung der Temperatur wichtig, um Hautverbrennungen zu vermeiden. Das im Smartlipo® MPX integrierte SmartSense®-System verhindert ein zu starkes Erhitzen.

Folgende prinzipielle Einsatzmöglichkeiten der Laserlipolyse sind möglich:

- Reine Laserlipolyse ohne begleitende Absaugung kann bei kleinen umschriebenen Regionen versucht werden, wie z. B. dem Kinn. Hier kann der kleine Behandlungsradius der Laserenergie in Kombination mit dem Straffungseffekt ausreichend sein. Der im geringen Umfang anfallende Zelldebris wird vom Körper »entsorgt«.
- Vorbehandlung des Gewebes durch Laserlipolyse mit anschließender Absaugung des Zelldebris durch konventionelle Liposuktion, z. B. als Vorbereitung bei stark fibrösen Arealen.
- Nachbehandlung einer abgesaugten Region zum »Feintuning« und um den gewebestraffenden sowie gefäßkoagulierenden Effekt vor Abschluss des Eingriffs zu nutzen.

13.3 Nachbehandlung

Durch Einführung und Weiterentwicklung der Tumeszenztechnik stellen Blutungen kein Problem der Liposuktionschirurgie mehr dar. Die Behandlungen werden als ambulante Eingriffe durchgeführt, die Patienten können direkt nach dem Eingriff mobilisiert werden. Nach spätestens 2 Tagen sind die allermeisten Patienten wieder voll arbeitsfähig.

13.4 Epikrise

13.4.1 Wichtige Meilensteine der Entwicklung

»Dry Technique« 1975 beschrieben Georgio and Arpad Fischer in Rom als Erste ein Verfahren zur Entfernung von Fettgewebe mithilfe speziell entwickelter Hohlkanülen, die über Inzisionen ins subkutane Fettgewebe eingeführt wurden. Durch diese hohlen Kanülen konnte mit einem angeschlossenen Gerät, das einen entsprechenden Unterdruck aufbaute, unbehandeltes Fettgewebe in Vollnarkose abgesaugt werden. Dazu wurde das Fettgewebe durch eine rotierende Klinge zerkleinert. Das Verfahren war durch ein extrem hohes intraoperatives Risiko durch hohe Blutverluste sowie unregelmäßige und schlechte kosmetische Ergebnisse (Dellen, Serome etc.) belastet (Fischer u. Fischer 1977).

»Wet Technique« Yves-Gerard Illouz, ein Pariser Chirurg, war der Erfinder der sog. Wet Technique. Um das Absaugen des Fettgewebes zu erleichtern und den Blutverlust zu reduzieren, injizierte er im Operationsgebiet physiologische Kochsalzlösung mit Hyaluronidase versetzt (Illouz 1983).

13.4.2 Tumeszenzlokalanästhesie

1988 beschrieb der US-amerikanische Dermatologe Jeffrey Klein zum ersten Mal die Tumeszenztechnik (lat. tumescere, »anschwellen«), ein Kombinationsverfahren aus der »Wet Technique« und lokaler Betäubung: Er injizierte große Volumina physiologischer Kochsalzlösung, die mit Lidocain als örtlichem Betäubungsmittel versetzt waren (Klein 1988). Seine Erfindung war ein Wendepunkt in der Entwicklung der Liposuktionschirurgie, da sie das Operationsrisiko entscheidend senkte und die Durchführung des Eingriffs als ambulanten Eingriff ermöglichte.

Die Tumescenzlösung wird dabei langsam in das zu behandelnde subkutane Fettgewebe injiziert. Sie bewirkt eine Stabilisierung des Gewebes, wodurch der Absaugvorgang erleichtert wird und weniger traumatisierend verläuft. Die optimale Vorbereitung des Gewebes durch ein »Aufweichen« und Ausdehnen des zu behandelnden interstitiellen Fettdepots erleichtert dem Operateur den Eingriff und macht sowohl den Eingriff als auch den postoperativen Verlauf für den Patienten weniger schmerzhaft. Der wache und jederzeit ansprechbare Patient kann während des Eingriffs bei Bedarf kooperieren und die Lage verändern oder zugrunde liegende Muskeln anspannen, um die korrekten anatomischen Verhältnisse zu verdeutlichen. Sogar ein Aufstehen zur zwischenzeitlichen Beurteilung des erreichten Operationsergebnisses ist möglich. Dies sind unschätzbare Vorteile im Vergleich zu einem Vorgehen an einem komplett relaxierten Patienten in Vollnarkose. Weitere Vorteile der Tumescenzliposuktion sind:

- Keine Notwendigkeit für eine Vollnarkose mit den verbundenen Risiken
- Signifikant reduzierter Blutverlust durch Schonung der Gefäße
- Sofortige postoperative Mobilisierung des Patienten mit reduziertem Thromboserisiko
- Raschere Heilung und bessere Ergebnisse durch Schonung des Bindegewebes
- Länger anhaltende postoperative Schmerzfreiheit

Diese Vorteile in Kombination mit den deutlich reduzierten schwerwiegenden Komplikationen (bisher kein Todesfall bei Liposuktion in reiner Tumescenzbetäubung!) machen die Liposuktion in Tumescenzlokalanästhesie zum derzeitigen Goldstandard und zu einer idealen ambulant durchzuführenden Methode (Sommer 1998; Sommer et al. 1998; Sattler et al. 2003).

Allerdings muss festgehalten werden, dass es zum Begriff der Tumescenztechnik bei den Anwendern einige große Missverständnisse gibt: Einige Behandler verwenden nur kleinere Mengen der Tumescenzlösung und kombinieren dies dann mit zusätzlicher Sedierung oder sogar Vollnarkose. Wenn nur kleine Mengen verwendet werden, gehen die Vorteile und die Sicherheit des Verfahrens verloren, man sollte nicht mehr von Liposuktion in Tumescenztechnik sprechen. Jeff Klein führte daher auch den Begriff der »true tumescent anesthesia« bzw. »Liposuktion in reiner Tumescenzbetäubung« ein, um das eigentliche Verfahren deutlich von den inkorrekten Mischformen, die fälschlicherweise als Tumescenzverfahren bezeichnet werden, abzugrenzen. Um den Aspekt der rein örtlichen Betäubung zu unterstreichen, führte unsere Arbeitsgruppe Ende der 90er-Jahre den Begriff »Tumescenzlokalanästhesie« ein (Sommer et al. 1998).

13.4.3 Neue Entwicklungen der Liposuktionschirurgie

Verbesserungen der Zusammensetzung der Tumescenzlösung machten die Anwendung noch größerer Volumina sicher. Der hierdurch mögliche Einsatz feinerer Kanülen führt zu noch besseren Ergebnissen. Neue unterstützende technische Entwicklungen haben die Möglichkeiten des Verfahrens erweitert.

Ultraschallunterstützte Liposuktion Scuderi u. DeVita (1987) beschrieben eine Methode der Fetthomogenisierung durch Ultraschall (»ultrasoundassisted liposuction«, UAL). Infolge erheblicher Nebenwirkungen wie dem vermehrten Auftreten von Seromen, Hautverbrennungen und sogar einer Schädigung der Myelinscheide peripherer Nerven konnte sich dieses Verfahren nicht durchsetzen.

Vibrationsassistierte Liposuktion Der Einsatz vibrierender Kanülen bei der vibrationsassistierten Liposuktion (»power-assisted liposuction«) führt zu einer Schonung von Fasern und Gefäßen und erleichtert gleichzeitig die Behandlung fibröser Areale. Da die vibrierende Kanüle leichter durch das Gewebe gleitet und sich nicht an Fasern verhakt, wird der Absaugvorgang für den Operateur deutlich erleichtert und für den Patienten angenehmer. Es wurden keine relevanten Nebenwirkungen beobachtet.

13.4.4 Historische Entwicklung von Laserverfahren in der Liposuktionschirurgie

Ein Kombinationsverfahren aus Laserenergie und Fettabsaugung wurde erstmals von Apfelberg (1996) beschrieben. Dabei ging es jedoch nicht um die Zerstörung der Adipozyten durch Laserenergie, sondern um eine Gefäßkoagulation nach dem Absaugvorgang. Da sich hieraus keine Vorteile ergaben, blieb es bei einem versuchsweisen Einsatz. Cook (1997) berichtete über ein Kombinationsverfahren aus Liposuktion und Laserbehandlung bei der Liposkulpturierung von Hals und Kinn. Dabei wurde nach dem Absaugvorgang durch erweiterte Inzisionen mit einem CO₂-Laser behandelt. Aufgrund der Notwendigkeit größerer Inzisionen sowie der Gefahr von Hautnekrosen durch die thermische Schädigung konnte sich dieses Kombinationsverfahren nicht als Standard etablieren.

Die interstitielle Anwendung von Lasersonden zum Abbau von Adipozyten (eigentliche Laserlipolyse) wurde durch Blugerman und Schavelzon in den späten 1990er-Jahren initiiert (Blugerman 2000; Goldman et al. 2002, 2003). Der Ansatz dabei war, dass das Fettgewebe durch die Laserenergie »geschmolzen« werden sollte, um es

besser absaugbar zu machen. Sie setzten hierzu einen 1 064-nm-Nd:YAG-Laser sowie einen Diodenlaser ein. Dasselbe Lasersystem wurde in Deutschland (Sattler/Sommer, Rosenparkklinik) und Österreich (Sandhofer) zur gleichen Zeit eingesetzt (Sandhofer 2000).

Da im Vergleich zu anderen Methoden (insbesondere zu der sich als sehr effektiv erweisenden vibrationsassistierten Liposuktion) der Aufwand nicht im Verhältnis zum Ergebnis stand, gelang der Laserlipolyse nicht der Durchbruch zum Routineverfahren. Ein entscheidender Grund war wahrscheinlich die mit nur 6 W sehr geringe Energie, die die Operationszeit deutlich verlängerte. 2002 publizierte Badin seine Beobachtungen eines Retraktions-effekts des Gewebes durch den Einsatz von Laserlipolyse (Badin et al. 2002). Berichte zu positiven Effekten von sog. Low-Level-Lasern erwiesen sich als nicht reproduzierbar (Neira u. Ortiz-Neira 2002; Brown et al. 2004). Eine Zulassung durch die FDA, die 2004 bereits angekündigt war, fand deshalb auch bisher nicht statt.

13.4.5 Aktuelle Lasersysteme für die Laserlipolyse/laserassistierte Liposuktion

1999 erfolgte die Markteinführung eines neuen 1 064-nm-Nd:YAG-Lasersystems mit 300-µm-Sonden zur interstitiellen Anwendung (SmartLipo® Deka-Laser, Firenze, Italy). Bis 2007 wurden Nachfolgemodelle mit zunächst 10 W, dann sogar 18 W eingeführt (Smartlipo® 10 und Smartlipo® 18). Die Lasersonden werden über eine Mikrokannüle mit 1 mm Durchmesser ins Gewebe eingeführt. Hierdurch ist ein direkter Kontakt mit den Adipozyten möglich (interstitielle Lipolyse).

Klinische Studien zeigten gute Ergebnisse bei der Behandlung kleiner Areale, ausgezeichnete Patientenverträglichkeit und einen raschen Heilungsverlauf. Die Hautretraktion über den behandelten Zonen wurde ebenfalls als gut beschrieben (Kim u. Geronemus 2006). Bei der Behandlung größerer Gebiete zeigte es sich allerdings rasch, dass die Laserlipolyse nur in Kombination mit einer anschließenden Liposuktion eingesetzt werden konnte, um überzeugende Ergebnisse zu erhalten (laserassistierte Liposuktion).

Bei der Betrachtung der Wellenlängen-Absorptionsspektren fällt auf, dass die Wellenlänge von 1 064 nm nicht ideal zur Behandlung von Fettgewebe ist, das ein ähnliches Absorptionsspektrum wie Wasser hat (Abb. 13.2).

Im Jahr 2008 kam der SmartLipo® MPX auf den Markt, ein System, das 2 Wellenlängen kombiniert: 1 064 und 1 320 nm. Die Wellenlängen können unabhängig voneinander emittiert werden. Im sog. Multiplex-Mode werden sie hintereinander freigesetzt. Für die 1 064-nm-Wellenlänge kann die Energie bis 20 W, für die 1 320-nm-Wellenlänge bis 12 W gesteigert werden. Unter Berücksichtigung

der Absorptionsmaxima wird die 1 064-nm-Wellenlänge eher in den oberflächlichen Gewebeschichten mit dem Ziel einer Straffung sowie Gefäßkoagulation eingesetzt, während die 1 320-nm-Wellenlänge eher eine Ruptur der Adipozyten (also die eigentliche Lipolyse) bewirken soll. Aufgrund der höheren erreichbaren Energiewerte steigt das Risiko thermischer Schäden. Daher wurde ein spezielles Sicherheitssystem eingebaut. Das SmartSense®-System registriert die Bewegung der Lasersonde im Gewebe und stoppt die Laserenergiezufuhr automatisch, wenn keine ausreichende Bewegung erfolgt und daher die Gefahr einer Überhitzung steigt. Mit dem ThermoGuide® wird außerdem eine kontinuierliche Temperaturkontrolle ermöglicht, um die optimale Temperatur (max. 39 °C an der Hautoberfläche) zu erreichen, aber auch nicht zu überschreiten.

Der inzwischen verfügbare SmartlipoTriplex® wurde um eine weitere Wellenlänge von 1 440 nm aufgestockt. Diese Wellenlänge entspricht dem eigentlichen Absorptionsmaximum des Fetts und soll daher bessere Ergebnisse ermöglichen. Die nach wie vor im Gerät verfügbaren Wellenlängen von 1 064 bzw. 1 320 nm werden nun in der Kombination eher zur Gefäßkoagulation bzw. Gewebetraktion empfohlen. Der Effekt übersteigt aufgrund der spezifischen Wellenlänge auch den von zwischenzeitlich erprobten Diodenlasern.

Im Rahmen der Cellulitebehandlung werden die 3 Wellenlängen besonders sinnvoll kombiniert (► Abschn. 13.1.2). Das neueste Gerät der Firma Cynosure, das Cellulaze®, verfügt nur über die Wellenlänge von 1 440 nm und ist gedacht zum thermischen Remodellieren, insbesondere bei Cellulite.

Ein 980-nm-Diodenlaser wurde von Reynaud getestet (Reynaud et al. 2009), der trotz extrem hoher kumulativer Energiewerte von bis zu 51 000 J keinerlei Komplikationen beschreibt.

13.4.6 Effekte der Laserenergie im Gewebe

Der Effekt der Laserlipolyse beruht auf einer Kombination von photoakustischer Zellruptur sowie einer selektiven Photothermolyse. Der photoakustische Effekt tritt gemeinsam mit dem thermischen Schaden auf; er ist histologisch schwer darstellbar.

Zunächst findet im Umfeld der Lasersonde eine sofortige thermisch induzierte Zellzerstörung statt. Der zugrunde liegende Effekt ist eine selektive Photohyperthermie durch Umwandlung des Laserlichts in Hitzeenergie nach Absorption durch das Fett. Die Adipozyten absorbieren die Energie, dehnen sich aus und platzen.

Die Druckwelle des Lasers scheint ebenfalls einen Einfluss auf die Zerstörung des Fettgewebes zu haben: Die hoch konzentrierte Energie der Kurzpulse erzeugt

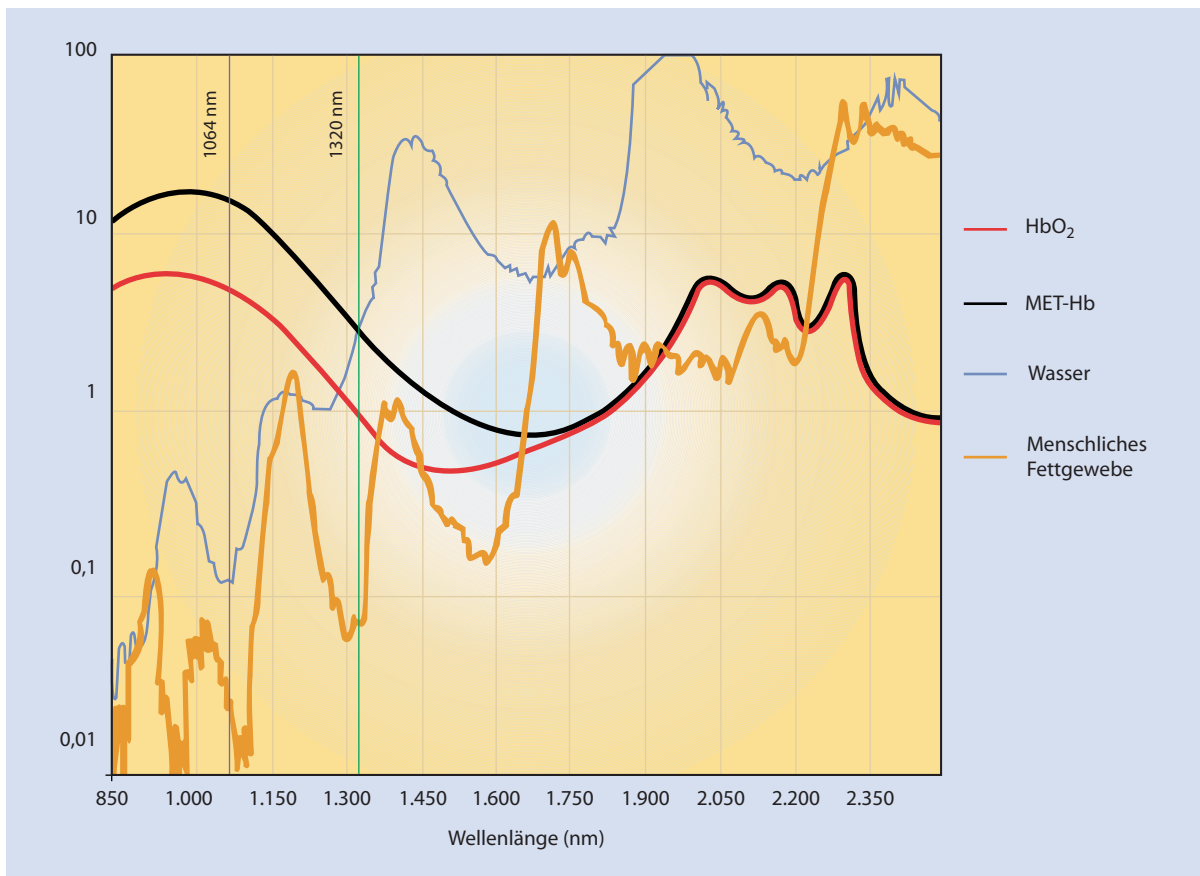


Abb. 13.2 Absorptionskoeffizienten von Wasser und menschlichem Fettgewebe (cm⁻¹). *HbO₂* Oxyhämoglobin, *Hb* Hämoglobin, *MET* Methämoglobin. (Aus Sommer u. Bergfeld 2013)

einen explosiven Effekt auf Atome und damit eine Druckwelle durch Mikroentladungen der Energie in der Zelle.

Die histologische Untersuchung einen Tag nach der Laserbehandlung zeigt schmale Kanäle nekrotischen Gewebes und Kollagenkoagulation. Auch kleine Blutgefäße sind koagulierte. Die Zellmembranen der Adipozyten sind teilweise rupturiert, der Zellinhalt hat sich in den Extrazellularraum entleert (Goldman 2005).

Ichikawa et al. (2005) führten eine Studie durch, in der sie frisch exzidierte menschliche Haut und Subkutangewebe mit einem 1064-nm-Nd:YAG-Lasersystem bestrahlten. Sie konnten dabei elektronenmikroskopisch zeigen, dass Adipozyten durch die direkte Laserenergie zerstört wurden. Es fanden sich zerstörte Zellmembranen, Verflüssigung und Vaporisation des Fettgewebes sowie Karbonisation und hitzokoagulierte Kollagen.

Histologische und klinische Beobachtungen legen nahe, dass der Effekt der Laserenergie im Gewebe ein zweizeitiger sein könnte. Sandhofer (2000) postuliert einen photodynamischen Prozess, der eine verzögerte Zellruptur auslöst und dadurch eine zeitlich ebenfalls verzögerte zusätzliche Gewebereduktion.

Bei der Beurteilung des Effekts der verschiedenen Wellenlängen im Gewebe zeigte sich primär, dass der ausgeprägteste thermische Schaden in den Fällen mit höchster Energierate pro Laserpuls auftrat. Die starke Varianz der Befunde sowie die ungleiche Verteilung in den untersuchten Querschnitten ließen jedoch eine endgültige Aussage zu den Befunden nicht zu. Khoury et al. (2008) forderten daher weitere Studien, um den tatsächlichen biologischen Effekt und die Mechanismen der Laserlipolyse endgültig zu klären.

Angemerkt sei, dass Ichikawa et al. (2005) den Laser so einsetzten, wie es in der ursprünglichen Literatur empfohlen wurde: Die Impulsabgabe erfolgte beim langsamen Zurückziehen der Lasersonde. In der praktischen Anwendung wird bei allen Demonstrationen und Workshops die Sonde von den Anwendern rasch durch das Gewebe bewegt und die Energie in alle Richtungen der Lasersondenbewegung emittiert. Man muss davon ausgehen, dass bei diesem Vorgehen kleinere Gefäße eher zerstört als koaguliert werden, da für eine Koagulation eine ausreichende Kontaktzeit zwischen Lasersonde und Gefäß Voraussetzung ist.

13.4.7 Vorteile der Methode

Erleichterte Behandlung fibrotischer oder voroperierter Areale

In einigen Regionen wie der männlichen Brust sowie bei bereits voroperierten Patienten kann die Liposuktion durch einen erhöhten Anteil an fibrösen Septen manchmal erschwert sein. Hier kann durch die Laserenergie der Eingriff deutlich erleichtert werden.

Bessere Hautretraktion Im Abheilungsprozess wird nach Laserlipolyse eine bessere Hautretraktion beschrieben. Dabei zeigen histologische Untersuchungen, dass durch den Einsatz des 1 064-nm-Nd:YAG-Lasers eine Kollagen-neoformation induzierbar ist (Cook 1997). Eine vorsichtig kontrollierte und sehr gleichmäßige Erwärmung der oberen Gewebeschichten ist notwendig (max. 39 °C).

Weniger Blutung? Seit Einführung der Tumeszenztechnik stellen Blutungen oder Blutverlust kein wesentliches Problem der Liposuktionschirurgie mehr dar, wenn sie korrekt angewendet wird. Der postulierte Gefäßkoagulationseffekt ist, wie in ► Abschn. 13.4.5 dargestellt, eher zweifelhaft in der klinischen Anwendung. In unserem Patientengut konnten wir bezüglich Hämatomen oder Blutverlust keinerlei Unterschied durch den Einsatz des Lasers sehen.

Rascherer Heilungsverlauf, geringere Downtime? Angeblich sollen sich Patienten nach der Laserlipolyse im postoperativen Verlauf besser fühlen und sich rascher erholen. Nach unseren Beobachtungen kann es aufgrund des thermischen Schadens eher zu verlängerter Schwellung kommen; auch entfällt bei Anwendung von geringeren Mengen an Tumeszenzlösung (was viele Operateure bei Einsatz des Lasers bewusst in Kauf nehmen) der lang anhaltende analgetische Effekt der Lösung. Eine raschere Erholung oder größeres Wohlempfinden der Patienten können wir daher im direkt postoperativen Verlauf nicht bestätigen.

Positiv kann die Verheilung fibrotischer Areale durch Lasereinsatz beeinflusst werden. Weiterhin ist es möglich, die Hautretraktion zu beschleunigen und dadurch der Heilungsverlauf zu verkürzen.

13.4.8 Nachteile der Methode

Mögliche Nebenwirkungen Auch bei korrekt durchgeführter, konstanter Temperaturkontrolle können Hautverbrennungen auftreten, insbesondere wenn der Laser in oberflächlichen Schichten eingesetzt wird (■ Abb. 13.3).

Kosten/Zeit Laserassistierte Liposuktion wirft höhere Kosten auf, und es wird mehr Zeit benötigt als bei einer konventionellen Liposuktion (im Durchschnitt 10–30 min längere OP-Zeit pro Region).



■ **Abb. 13.3** Hautverbrennung 2 Tage nach submentaler laserassistierter Liposuktion (Aus Sommer u. Bergfeld 2013)

Komplikationen Bei Beachtung aller Sicherheitsmaßnahmen handelt es sich um ein sehr komplikationsarmes Verfahren. Katz u. McBean (2008) wiesen auf eine umschriebene Infektion und 4 Hautverbrennungen in einem Patientenkollektiv von 527 mit dem 1 064-nm-Nd:YAG-Laser behandelten Patienten hin. Im eigenen Patientengut mit zwischenzeitlich ca. 250 Patienten beobachteten wir vermehrt prolongierte Schwellungen und eine Hautverbrennung trotz Einhalten des Richtwerts von 40 °C an der Hautoberfläche. Wir empfehlen daher zur Sicherheit ein Maximum von 39 °C bei externer Temperaturmessung. Nach Einführung des Smartsense®-Systems traten keine Verbrennungen mehr auf.

13.4.9 Schlussfolgerungen

Bei korrekter Anwendung der Tumeszenzlokanalanästhesie ergeben sich einige der postulierten Vorteile der Laserlipolyse automatisch:

- geringer Blutverlust,
- wenig Hämatome,
- rasche Erholungszeit für den Patienten.

Die postoperativen Ergebnisse beider Verfahren sind vergleichbar (Goldman 2005).

In Kombination mit der vibrationsassistierten Technik erreicht man mit der konventionellen Liposuktion in Tumeszenzbetäubung vergleichbare, wenn nicht gar bessere Resultate im Hinblick auf Gewebeschonung und Patientenwohlbefinden.



Abb. 13.4 Patientin, 26 Jahre, **a** vor und **b** 2 Tage nach Behandlung kleiner Fettdepots der Knie mit laserassistierter Liposuktion. (Aus Sommer u. Bergfeld 2013)

Diese Aspekte stellen also keine wirklichen Vorteile der laserassistierten Liposuktion dar und können mit dem bisher zur Verfügung stehenden Instrumentarium bei korrekter Anwendung und entsprechender Erfahrung ebenfalls erreicht werden.

Wie groß der zusätzliche Effekt auf die Gewebestraffung wirklich ist, sollte im Rahmen von Studien noch weiter belegt werden. Erste klinische Beobachtungen scheinen für eine verbesserte Straffung in einigen Fällen zu sprechen. Folgende Faktoren sollten weiterhin berücksichtigt werden:

- Es besteht noch kein einheitliches Behandlungsprotokoll. Die kontinuierliche Einführung neuer zusätzlicher Wellenlängen sowie noch nicht ganz geklärte Funktionsmechanismen im Gewebe zeigen, dass das Verfahren noch in der Entwicklung ist und hier evtl. noch weitere Erkenntnisse zu erwarten und ggf. auch abzuwarten sind.

- Die große Domäne der Laserlipolyse stellen derzeit fibrotische Areale dar.
- Weiterhin ist ein großer Pluspunkt des Verfahrens die hohe Patientenakzeptanz, die mit der grundsätzlich positiven Einstellung der Patienten gegenüber Laserverfahren als innovativ und wenig invasiv verbunden ist: Die Vorstellung des »Wegschmelzens« störender Fettpolster gefällt ihnen oft besser als das Absaugen derselben.

13.5 Fallbeispiele

Ein Beispiel zur laserassistierten Liposuktion kleiner Fettdepots der Knie finden Sie in **Abb. 13.4**, zur laserassistierten Liposuktion von Abdomen und Hüften in **Abb. 13.5**.



■ **Abb. 13.5** Beispiel für gute Hautretraktion und raschen Heilungsverlauf nach laserassistierter Liposuktion von Abdomen und Hüften. Die Hüften wurden initial behandelt, dann nach 1 Monat das Abdomen; a, c, e vor und b, d, f nach Behandlung. (Aus Sommer u. Bergfeld 2013)

13.6 »Take Home Messages«

- Die Laserlipolyse ist eine vielversprechende Erweiterung im Instrumentarium der Liposuktionschirurgie.
- Derzeit fehlen noch bindende standardisierte Behandlungsprotokolle, und der endgültige Wirkmechanismus ist nicht geklärt. Hier ist zukünftig mit weiteren Entwicklungen zu rechnen.
- Da die Laserlipolyse in den allermeisten Fällen mit einer Liposuktion kombiniert werden sollte und die gleichen Risiken und Nebenwirkungen auftreten können, eignet sich das Verfahren auch nur für Therapeuten, die auf diesem Gebiet ausreichende Erfahrung haben. Es ist kein einfaches »Anfängerverfahren«. Die postoperativen Ergebnisse sind unmittelbar abhängig von der Erfahrung des Operateurs.

Klärungsbedarf

- Wie viel Tumescenzlösung kann verwendet werden? Bei Verwendung zu geringer Mengen gehen die Vorteile der Tumescenz sowie der anästhetische Effekt verloren. Wird eine korrekte Menge installiert, stellt sich aber die Frage, ob durch die großen Flüssigkeitsmengen der Lasereffekt nicht deutlich eingeschränkt wird.
- Welche Wellenlängen und welche Kombinationen führen zu den besten Resultaten?
- Wo liegt die optimale Energiedosis für gute Wirkung ohne Nebenwirkung (Behandlungsprotokolle)?
- Spielt es eine Rolle, wie die Kanüle durch das Gewebe geführt und wann und wie die Energie abgegeben wird?

Literatur

- Apfelberg DB (1996) Results of multicenter study of laser assisted liposuction. *Clin Plast Surg* 23: 713–719
- Badin A, Moraes L, Godek L et al. (2002) Laser lipolysis: flaccidity under control. *Aesth Plast Surg* 26: 335–339
- Blugerman G (2000) Laser lipolysis for the treatment of localized adiposity and cellulite. Abstracts of World Congress on Liposuction Surgery 2000. Dearborn, USA
- Brown SA, Rohrich RJ, Kenkel J et al. (2004) Effect of low level laser therapy on abdominal adipocytes before lipoplasty procedures. *Plast Reconstr Surg* 113: 1796–1804
- Cook WR (1997) Laser neck and jowl liposculpture including platysma laser resurfacing and vaporisation of subcutaneous fat. *Dermatol Surg* 23: 1143–1148
- Fischer A, Fischer G (1977) Revised technique for cellulitis fat reduction in riding breeches deformity. *Bull Int Acad Cosmet Surg* 2: 40–41
- Goldman A (2005) Submental laser-assisted liposuction: clinical and histological findings. *Kosmetische Medizin* 3: 4–12
- Goldman A, Schavelzon D, Blugerman G (2002) Laserlipolysis: liposuction using Nd:YAG laser. *Rev Soc Bras Chir Plast* 17: 17–26
- Goldman A, Schavelzon D, Blugerman G (2003) Liposuction using neodymium:yttrium aluminium garnet laser. *Plast Reconstr Surg* 111: 2497
- Ichikawa K, Miyasaka M, Tanaka R et al. (2005) Histologic evaluation of the pulsed Nd:YAG laser for laser lipolysis. *Lasers Surg Med* 36: 43–46
- Illouz Y (1983) Body contouring by lipolysis: a 5-year experience with over 3000 cases. *Plast Reconstr Surg* 72: 511–524
- Katz B, McBean J (2008) Laser-assisted lipolysis: a report on complications. *J Cosmet Laser Ther* 10(4): 231–233
- Khoury JG, Saluja R, Keel D, Detwiler S, Goldman MP (2008) Histologic evaluation of interstitial lipolysis comparing a 1064, 1320 and 2100 nm laser in an ex vivo model. *Lasers Surg Med* 40(6): 402–406
- Kim HK, Geronemus RG (2006) Laserlipolysis using a novel 1064 Nd:YAG Laser. *Dermatol Surg* 32: 241–248
- Klein JA (1988) Anesthesia for liposuction in dermatologic surgery. *J Dermatol Sur Oncol* 14: 1124–1132
- Neira R, Ortiz-Neira C (2002) Low level laser assisted liposculpture: clinical report in 700 cases. *Aesthetic Surg J* 22: 451
- Reynaud JP, Skibinski M, Wassmer B, Rochon P, Mordon S (2009) Lipolysis using a 980-nm diode laser: a retrospective analysis of 534 procedures. *Aesthetic Plast Surg* 33(1): 28–36
- Raulin C, Karsai S (2013) Lasertherapie der Haut. Springer, Berlin
- Sandhofer M (2000) Laser lipolysis facilitates the liposculpture. Abstracts of World Congress on Liposuction Surgery 2000. Dearborn, USA
- Sattler G, Sommer B, Hanke CW (2003) Geschichte der Liposuktion. In: Sattler G, Sommer B, Hanke CW (Hrsg) Lehrbuch der Liposuktion. Thieme, Stuttgart
- Scuderi N, DeVita R (1987) Nuove prospettive nella liposuzione: La lipoemulsificazione. *Giorn Chir Plast Riconstr Estet* 1: 33
- Sommer B (1998) Vorteile und Nachteile der Tumescenz-Lokalanästhesie. In: Sommer B, Hanke CW Sattler G (Hrsg) Tumescenz-Lokalanästhesie. Springer, Berlin
- Sommer B et al. (1998) Einleitung und Definition. In: Sommer B, Hanke CW, Sattler G (Hrsg) Tumescenz-Lokalanästhesie. Springer, Berlin
- Sommer B et al. (1998) Einleitung und Definition. In: Sommer B, Hanke CW, Sattler G (Hrsg) Tumescenz-Lokalanästhesie. Springer, Berlin
- Sommer B, Bergfeld D (2013) Lasserassistierte Liposuktion (Laserlipolyse). In: Raulin C, Karsai S (Hrsg) Lasertherapie der Haut. Springer, Berlin, S 339–350

Wundbehandlung

G. Daeschlein, C. F. Müller-Debus

14.1 Diagnose – 168

- 14.1.1 Wunden, die für eine Low-Level-Lasertherapie (LLLT) infrage kommen – 168
- 14.1.2 Wirkung – 168
- 14.1.3 Antimikrobielle Effekte – 169
- 14.1.4 Immunologie – 169
- 14.1.5 Photobiologie »Low laser is not low power« – 169

14.2 Indikationen – 170

14.3 Praktisches Vorgehen – 170

- 14.3.1 Lasersysteme – 171
- 14.3.2 Sicherheit – 171

14.4 Nachbehandlung – 171

14.5 Epikrise – 172

14.6 Fallbeispiele – 173

- 14.6.1 LLLT bei Ulcus cruris venosum – 174
- 14.6.2 LLLT bei diabetischem Fußulcus – 176

Literatur – 177

14.1 Diagnose

Die Anwendung von Lasern in der Wundbehandlung stellt eine adjuvante Therapie dar. Diese Behandlung soll die Wundheilung unterstützen, wenn diese aus den verschiedensten Gründen derart gestört ist, dass sie ohne zusätzliche Maßnahmen nicht oder nicht in ausreichendem Maß einsetzt. Das ist dann der Fall, wenn weitere Faktoren eine hemmende Rolle spielen, d. h. eine komplexe Störung vorliegt. Dies ist typischerweise bei den sog. chronischen Wunden der Fall, die dann vorliegen, wenn sich nach 3 Monaten trotz entsprechender therapeutischer Intervention keine Heilung einstellt. Meist liegen dann bereits weitreichende hämodynamische Störungen der Makro- und Mikrozirkulation vor, deren Schweregrad durch das Vorliegen zusätzlicher Faktoren weiter verschlechtert wird. Hierzu gehören v. a. Fettstoffwechselstörungen, Rauchen, Adipositas, Immobilität und Störungen der humoralen und/oder zellulären Immunität. Trotz verschiedenster Störungsmechanismen führen letzten Endes alle diese Faktoren zu einem Sauerstoff- und damit Energiedefizit an der Endstrecke der Energieversorgung im Wundgewebe mit entsprechenden Störungen der Wundheilung. Diese Situation soll durch die adjuvante Therapie kompensiert werden.

Es ist klar, dass dieser Beitrag zur Kompensation nicht das eigentliche Problem lösen kann, dies kann nur durch eine adäquate Behandlung der auslösenden Ursache(n) mit geeigneter Nachbehandlung gelingen, was bereits durch den Begriff der adjuvanten Therapie beschrieben wird. Da ebenso klar auf der Hand liegt, dass gerade in fortgeschrittenem Alter und bei fortgeschrittener direkter zugrunde liegender Erkrankung nebst den entsprechend fortgeschrittenen Begleiterkrankungen in den seltensten Fällen die hieraus resultierenden Störungen (und die sie verschlechternden Nebendiagnosen) vollständig ausgeschaltet werden können, ist ersichtlich, dass gerade hier die Bedeutung von geeigneten adjuvanten Therapiemaßnahmen liegt, die von verschiedenen Seiten her die Situation verbessern helfen sollen (häufig eher symptomatisch) und so den eigentlichen Charakter der komplexen Behandlung dieser Erkrankungen ausmachen. Damit sei auf die außerordentliche Bedeutung einer kompetenten und multidisziplinären Patientenführung hingewiesen, und es muss betont werden, dass in diesen Stadien kein singulärer Eingriff bleibenden Erfolg haben kann.

Tip

Je geringer die Aussichten auf erfolgreiche Intervention bezüglich der primären Ursache(n), desto wichtiger die flankierenden Maßnahmen einer effektiven adjuvanten Therapie für den Heilungserfolg. Hier hat neben weiteren Behandlungsformen die Lasertherapie als Low-Power-Therapie ihre Bedeutung.

14.1.1 Wunden, die für eine Low-Level-Lasertherapie (LLLT) infrage kommen

Neben den chronischen Wunden, bei denen Ulcera crurum bei chronisch-venöser Insuffizienz (CVI) die größte Entität stellen, kommen für eine LLLT v. a. noch Brandwunden, aber unabhängig davon alle Arten heilungsge störter Wunden in Betracht. In der Literatur sind chronische Ulcuswunden und Brandwunden am besten referenziert. Bei Brandwunden konnten positive Effekte im Tierversuch gezeigt werden. Brandwunden sind fast zu 100 % kolonisiert und besonders durch Pseudomonaden extrem durch Infektionen gefährdet. Heilungsstörungen kommen häufig vor und führen leicht zu Sekundärinfektionen sowie unerwünschter Narbenbildung.

14.1.2 Wirkung

Ziel der LLLT von Wunden ist die Förderung der Heilung über verschiedene Effekte, die z. T. auch in vitro oder in vivo (meist Tierversuch) gezeigt werden konnten. Dazu gehören im Wesentlichen

- die Proliferation von Fibroblasten und Keratinozyten,
- die Aktivierung von Phagozyten und
- die Stimulation der Gefäßneubildung.

Die Wirkung wird über eine (relativ) tief gehende Penetration der langwelligen elektromagnetischen Strahlung in die Epidermis erklärt, wobei sie in Zielzellstrukturen (Targets), die als Chromophore wirken, absorbiert werden. Hierdurch werden Kaskaden photobiologischer Wirkungen getriggert, die letzten Endes über Enzymreaktionsketten den Zellstoffwechsel und damit u. a. die Wundheilung beeinflussen (Photobiostimulation). Auch einer Wirkung auf Schlüsselenzyme der mitochondrialen Atmungskette, die frequenzabhängige Absorptionsspektren zeigen, wird eine wichtige Rolle zugeschrieben (Karu 1987).

Damit kann die LLLT prinzipiell den gleichen Wirkungsmechanismen zugeordnet werden, die auch bei der UV-Bestrahlung und bei der Photodynamischen Therapie (PDT) wesentlich an der Wirkung beteiligt sind.

Die meisten Effekte dieser Kaskade bei der LLLT wurden in vitro beobachtet und umfassen neben den genannten Folgen u. a. den Anstieg der Prokollagensynthese, Förderung der Fibroblasten- und Keratinozytenproliferation und Migration, eine Hemmung unerwünschter apoptotischer Zellaktivität sowie eine angiogenetische Stimulation. Als weitere Wirkungen wurden beschrieben: Freisetzung von Neurotransmittersubstanzen und Prostaglandinen, Steigerung der Proteinsynthese und der ATP-Synthese, Steuerung des Zellwachstums und der Zelldifferenzierung, Aktivierung der Phagozytose sowie Veränderungen des

Membranpotenzials (Karu 1987; Enwemeka 1992; Lam et al. 1986; Passarella et al. 1984; Fork 1971; Young et al. 1989).

Im Endergebnis sollen sich diese Effekte positiv auf die Wundheilung auswirken. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass die langwellige Laserbehandlung in Hautwunden die Kollagensynthese über eine verstärkte Bildung von Typ-I- und Typ-II-Prokollagen-mRNS stimuliert (Saperia et al. 1986). Dieses wurde in Tierversuchen in verschiedenen Nagermodellen, jedoch bisher nicht in Versuchen am Schwein (humannahe Testung) beobachtet. Weitere wichtige Effekte mit positiver Wirkung auf Heilungsvorgänge sind proinflammatorische Stimulation (über komplexe Prostaglandinfreisetzung, u. a. PG-2-alpha-Freisetzung), Steigerung der ATP-Synthese (über intensivierten Elektronentransfer in innerer Mitochondrienmembran) (Passarella et al. 1984), Steigerung der DNS- und RNS-Synthese.

Trotz umfangreicher Forschung auf dem Gebiet der LLLT bleiben viele Mechanismen bisher ungeklärt, insbesondere die nicht seltenen Diskrepanzen zwischen theoretischer Wirksamkeit und Effektivität der Behandlung an der humanen Wunde, was auf großen weiteren Forschungsbedarf hinweist.

14.1.3 Antimikrobielle Effekte

Obwohl vereinzelt über antimikrobielle Effekte der LLLT berichtet wurde, erlauben die bisher vorliegenden Daten hierzu keine abschließende Bewertung, d. h. zur Frage, inwieweit (gezielt) eine Reduktion der Wundflora einschließlich von Biofilmen durch LLLT möglich ist. Außerdem ist es schwierig, solche Wirkungen von indirekten Effekten im Rahmen der fortschreitenden Wundheilung abzugrenzen, die natürlicherweise die Erregerlast begrenzen (Phagozytose, Entfallen der für das mikrobielle Wachstum unentbehrlichen Wachstumsbedingungen).

Verschiedene Autoren berichten über antibakterielle Effekte gegen verschiedene Erreger durch LLLT (Nussbaum et al. 2003; Santos et al. 2011), die sie mithilfe eines HeNe-Lasers (Okamoto et al. 1992) mit 6–40 mW erzielen konnten.

14.1.4 Immunologie

Mit der LLLT-Behandlung konnte gezeigt werden, dass bei Bestrahlung von separierten Blutzellen eine Stimulation mit Vermehrung aktivierter T-Zellen sowie ein verstärktes Rosettenphänomen bei T- und B-Zellen erzielt werden kann, was besonders bei Blut von Patienten mit Immunsuppression ausgeprägt war (Kupin et al. 1982). Des Weiteren wurde bei der Bestrahlung von Lymphozyten eine

verstärkte und vermehrte Bindung an mikrobielle Pathogene, eine Vermehrung der Bindungsstellen sowie eine verstärkte Affinität zu mikrobiellen Antigenen in vitro nachgewiesen (Passarella et al. 1985).

Aufgrund dieser Befunde kann durch die LLLT eine Steigerung der zellulären Abwehr mikrobieller Pathogene und damit positive Effekte in der Behandlung mikrobiell kolonisierter bzw. infizierter Wunden erwartet werden.

14.1.5 Photobiologie »Low laser is not low power«

Allen zur Förderung der Wundheilung eingesetzten Lasersystemen gemeinsam ist, dass sie im Vergleich zu sonstigen Laserbehandlungen mit relativ geringer Energieabgabe eingesetzt werden, was zur Bezeichnung »low level laser therapy« (LLLT) geführt hat. Alle LLLT-Verfahren emittieren Einzelwellenlängen und eine kohärente monochromatische Strahlung. Im Unterschied zur konventionellen Laserbehandlung dominieren vergleichsweise längere Wellenlängen, in der Regel zwischen 600 und 1 000 nm. Entsprechend der Niedrigenergie und der eingesetzten Wellenlängen treten im Gegensatz zur konventionellen Lasertherapie keine thermischen und ablativen Effekte auf (»cold laser«) und bereits bei Dosen von deutlich weniger als 0,01 J/cm² können signifikante zelluläre und subzelluläre Effekte nachgewiesen werden (Karu 1987). Hierin liegt die Ursache der Möglichkeiten zur Auslösung potenter Wirkungen auch durch Niedrigenergielaser (und andere elektromagnetische Quellen): Durch ein Photon lassen sich Enzyme aktivieren, die das Vielfache an Substratmolekülen umsetzen können, was einem Amplifikationseffekt gleichkommt (Bioamplifikation). Dies hat allerdings auch Bedeutung für potenzielle unerwünschte Wirkungen bei der Behandlung mit LLLT (► Abschn. 14.3.2).

Da die Laserwellenlängen für eine effektive LLLT sich sowohl im sichtbaren als auch im langwelligen Bereich befinden, müssen die bisher postulierten unterschiedlichen primären Aktivierungsmechanismen gemeinsame zelluläre und subzelluläre Endstrecken haben. Im Gegensatz zur langwelligen (IR-)Bestrahlung, die nach entsprechender Absorption zu molekularen Rotationsbewegungen sowie Vibrationen mit relativen Verschiebungen der Atomkerne zueinander führt, jedoch ohne das Gleichgewicht im Atomverband zu verändern, und die aus diesem Grund keine chemischen Veränderungen erwarten lassen kann, ist die kürzerwellige (höher energetische) Strahlung eher in der Lage, photochemische Reaktionen mit veränderten Molekülstrukturen und z. B. Enzymaktivierungen zu erzeugen. Zur Erklärung der Mechanismen stellt Karu (1987, 1988) ein Modell der Biostimulation vor, bei dem sie postuliert, dass durch die Niedrigbestrahlung in kürzerwelligen

Bereichen (z. B. 633 nm) eine Reaktionskette molekularer Ereignisse ausgelöst wird, die mit der Absorption der entsprechenden Wellenlänge durch einen Photorezeptor startet, und über Signaltransduktion und Enzymaktivierung eine Photoreaktion ablaufen lässt. Die Absorption erfolgt im Bereich der Reaktanden der Atmungskette, z. B. Zytochromoxidase, Zytochrome, Flavin-Dehydrogenasen) (Karu 1987, 1988). Bei der langwellig induzierten Wirkung über molekulare Bewegungsenergie (Rotation, Vibration) werden neben v. a. thermischen Effekten Membranwirkungen an der Zielzelle postuliert, bei denen über Kalziumkanäle der Ca^{++} -Einstrom, deren Funktionalität selbst und auch die intrazelluläre Kalziumkonzentration und damit Signalübertragungen mit multiplen Funktionen generiert werden können. Eine Besonderheit in diesem Modell ist, dass die Effekte in besonderem Maß vom zellulären Funktionszustand beeinflusst werden, d. h. verschiedene Effekte (auch nicht nachweisbare Wirkungen unter bestimmten Bedingungen) unter veränderten Ausgangsbedingungen resultieren können (Karu 1987, 1988). Dies bedeutet auch, dass sich physiologisch intakte Zellen mit hochgeregelter Funktion (z. B. befeuerter Zellregeneration) auch durch LLLT nicht weiter aktivieren lassen. Fazit: Eine optimale Wirkung ist am ehesten bei nichtaktivierten Zellfunktionen zu erwarten.

Eine Besonderheit der »langen« Wellenlängen ist ihre relativ hohe Eindringtiefe, was für die Wundbehandlung mit Erreichen des Wundgrunds und des umliegenden vitalen Gewebes relevant ist. Dieser Effekt wird durch das geringere Scattering längerwelliger Strahlung beim Gewebedurchtritt erklärt.

Eine weitere Besonderheit der LLLT ist die Möglichkeit, zusätzlich zur Wundheilung auch Wundschmerzen zu beeinflussen. Nachgewiesen wurden bisher verschiedene Resultate mit positiven Wirkungen auf evozierte Potenziale, die Nervenleitgeschwindigkeit und die nervale Regeneration, wobei positive Effekte bei Nervenverletzungen gezeigt werden konnten, außerdem eine klinisch relevante Schmerzlinderung beim Karpaltunnelsyndrom (Ekim et al. 2007; Dakowicz et al. 2011). Aus diesem Grund kann durch die LLLT neben positiven Effekten auf die Heilung direkt eine ergänzend nerval bedingte günstige Beeinflussung von Wundschmerzen erwartet werden, die sich wiederum günstig auf die Heilungsprozesse auswirken kann.

14.2 Indikationen

Obwohl prinzipiell eine günstige Wirkung auf alle gestörten Heilungsprozesse im Gewebe erwartet werden kann und somit akute wie chronische Läsionen potenzielle Indikationen für eine LLLT darstellen, wird eine unterstützende Behandlung besonders dort wichtig, wo der

größte Bedarf herrscht und mit dem größten Benefit zu rechnen ist (Aufwand-Nutzen-Diskussion). Hauptindikationen sind daher alle Zustände, bei denen eine erheblich gestörte Wundheilung vorliegt oder eine solche zu erwarten ist, d. h. in aller Regel verlangsamt, also über Jahre schlecht heilende, chronische Wunden. Ganz im Vordergrund stehen hier die Ulcuswunden am Unterschenkel bei chronisch-venöser Insuffizienz (CVI). Mit Abstand folgen Unterschenkelulcera bei peripherer arterieller Verschlusskrankheit (pAVK) und Fußulcera beim diabetischen Fußsyndrom. Weitere wichtige Indikationen sind arteriell-venös gemischte Unterschenkelulcera, chronische Decubitalulcera, Ulcera nach Thrombosen (PTS, postthrombotisches Syndrom), bei arterieller Hypertonie (Ulcus hypertonicum Martorell) und bei Immunerkrankungen (z. B. Pyoderma gangränosum) sowie Brandwunden (Ezzati et al. 2010). Eine besondere Entität stellen Tumorzellen dar, deren Bedeutung bei zunehmend effektiven sowohl chirurgischen als auch zytostatischen Behandlungsregimen mit immer längerem Überleben stetig zunimmt (u. a. Patienten mit multiplen Metastasen in Haut und Weichteilen). Daher rücken Behandlungsverfahren in den Mittelpunkt, die bei guter Leistung auch gut vertragen werden und möglichst auch ambulant eingesetzt werden können (z. B. ulcerierte Hautmetastasen bei fortgeschrittenem Mammakarzinom oder fortgeschrittenem malignen Melanom. Hier liegt die besondere Bedeutung und Chance auch für die LLLT, die in aller Regel problemlos toleriert wird (► Abschn. 14.3.2).

Eine weitere Indikation sind ebenfalls im Rahmen der Tumorthherapie auftretende Wunden nach Bestrahlung (Bestrahlungswunden, Radioderm), bei denen mit derben fibrotischen Umwandlungen zu rechnen ist und die jede Wundbehandlung auf eine besondere Probe stellen.

Radioderm Bei diesen Wunden verlaufen chirurgische Interventionen häufig ohne Erfolg, weil als Bestrahlungsfolgen typischerweise fibrosierende Gewebeveränderungen auftreten, die aufgrund der gestörten Mikrozirkulation durch das Sauerstoff- und Energiedefizit im Wundbett eine Heilung mit Wundverschluss verhindern.

14.3 Praktisches Vorgehen

Die ersten Berichte der Niedrigenergie-Laserbehandlung gehen auf die 60er-Jahre zurück (»biostimulative effects« by nonthermal low-laser therapy) (Mester et al. 1968). Mittlerweile liegen Erfahrungen an über 1 000 Patienten in der Literatur vor, die mit unterschiedlichen LLLT behandelt wurden, z. T. bereits mit Flächenbehandlung (Diodenarray).

Bisher liegen für die Laserbehandlung als LLLT keine einheitlichen Therapieempfehlungen vor, d. h., diese

Therapieform gilt bisher nicht als leitliniengerechte Standardtherapie. Daher muss auf Einzeldarstellungen zurückgegriffen werden, wobei unterschiedliche Angaben der Autoren vorliegen. Die meisten geben eine mindestens 2- bis 5-mal wöchentliche Behandlung über insgesamt 3–6 Wochen an, z. T. auch deutlich länger. Die Wunden werden mehrere Sekunden bis zu mehreren Minuten behandelt. Die eingesetzten Energiedosen betragen 1–4 J/cm² bei Leistungsabgaben zwischen 10 und 100 mW.

Pulsrate Neben kontinuierlicher Bestrahlung wird gepulst behandelt (1–4 KHz). Neben kontaktloser und indirekter (über Lichtleiter) Behandlung kann auch direkt mit Kontakt zur Wundfläche behandelt werden (mit Folie).

14.3.1 Lasersysteme

Die Leistungen der Geräte liegen zwischen 5 und 500 mW im Gegensatz von bis zu 300 W und mehr bei herkömmlichen Lasern. Typischerweise werden folgende Lasertypen auf der Basis von Halbleiterdioden und Edelgasen verwendet:

- Helium/Neon (HeNe, 632,8 nm),
- Rubin (694 nm),
- Argon (488 und 514 nm),
- Krypton (521, 530, 568, 647 nm),
- Galliumarsenit (GaAs, 904 nm),
- Gallium-Aluminiumarsenit (GaAlAs, 820 und 830 nm).

Fazit: Obwohl wie ausgeführt diverse Laser zur LLLT eingesetzt werden können und eingesetzt werden, wurden und werden die meisten LLLT-Behandlungen mit Helium-Neon-(HeNe)-, Galliumarsenit-(GaAs)- und Gallium-Aluminiumarsenit-(GaAlAs)-Systemen mit Wellenlängen zwischen 632,8 nm (HeNe) und 904 nm (GaAs) durchgeführt. Weniger häufig verwendet werden der Neodymium-Yttrium-Aluminium- (Nd:YAG, 1 064nm) und der CO₂-Laser (10 600 nm).

Nach antiseptischer Vorbehandlung mittels Aufschlägen und einem modernen Antiseptikum (Polihexanid oder Octenidindihydrochlorid) mit Abwarten einer Einwirkzeit von ca. 20 min (bei Polihexanid) wird nach entsprechender Aufklärung (unterschiedene Patientenaufklärung und Einverständniserklärung) die Laserbehandlung durchgeführt.

14.3.2 Sicherheit

Die wichtigste Sicherheitsmaßnahme während der LLLT ist der Schutz der Augen (Retina) mittels geeigneter La-

serschutzbrillen, die sowohl vor direkter als auch indirekter Strahlung schützen. Dies ist wichtig, weil anders als im behandelten Gewebe (Wunde) die Laserstrahlung auch im Low-dose-Bereich zu Retinaschäden und Kopfschmerzen führen kann, d. h. ohne thermische Gewebeschädigung oder Reizung von Schmerzrezeptoren (Jamis et al. 1990). Neben den unter Kontraindikationen aufgeführten Kriterien wenden die meisten Behandler die LLLT nicht bei Schwangeren sowie Kleinkindern an, ohne dass hierfür reale und referenzierbare Risiken benannt werden können.

! Safety first: Auch bei der LLLT immer Laserschutzbrille aufsetzen (Arzt- und Patientenschutz)!

Obwohl in aller Regel bei den eingesetzten geringen Laserleistungen keine thermischen Effekte und damit keine Schmerzen auftreten, sind Missempfindungen möglich, was häufiger bei immunologisch mitverursachten Ulcera mit Überempfindlichkeit der Wundoberfläche vorkommen kann. Hier sollte nach Behandeln eines Testareals und Schmerzangabe durch den Patienten eine Behandlungspause zum Auftragen von Betäubungscreme eingelegt werden. Anschließend wird die Behandlung nach einigen Minuten fortgesetzt. Wenn die Schmerzen weiterhin auftreten, wird eine lokalanästhetische Unterspritzung des Ulcus durchgeführt.

Absolute und relative Kontraindikationen für eine Therapie oder bei welchen Symptomen diese zur Sicherheit abgebrochen werden sollte, sind in ■ Tab. 14.1 dargestellt.

14.4 Nachbehandlung

Bei der LLLT werden bestimmungsgemäß im Gegensatz zur konventionellen Laserbehandlung geringe Dosen und Leistungen eingesetzt, die nicht in der Lage sind, Gewebe zu abladieren oder auf andere Weise hochenergetisch zu verändern. Aus diesem Grund kommen bei sachgemäßer Anwendung keine Gewebeschädigungen und entsprechende unerwünschte Wirkungen vor und werden auch nicht in der Fachliteratur erwähnt. Am ehesten berichten die Patienten über Kribbelparästhesien oder ein diffuses Wärmegefühl während oder bis kurz nach der Behandlung. Allerdings traten diese Sensationen auch in den Placebogruppen auf (Basford 1995). Die Nachbehandlung erfolgt durch regelmäßige Kontrollvisiten mit Dokumentation der erzielten Wirkungen. Hierfür sind Befragungen über VAS (visuelle Analogskala) gut geeignet.

Lokalbehandlung Die Wundfläche wird feucht gehalten (Prinzip der feuchten Wundbehandlung), was durch

■ Tab. 14.1 Abbruch der Therapie und Kontraindikationen

Absolut	Relativ
Infektionen im Wundbereich (und Allgemeininfektionen)	Missempfindungen unter Behandlung
Floride Allgemeininfektionen	Vorübergehende Steigerung der Schmerzempfindung unter Therapie
Schmerzen	
Mäßige bis starke Missempfindungen	
Erytheme	
Infektionszeichen	
Blutungen	
Lichtdermatosen	
Schübe bei chronischen Dermatosen (LE, blasenbildende Erkrankungen) während und bis 3 Monate nach Zytostatikagabe	
Tumorerkrankung lokal	
Thrombosen und Thrombophlebitis	
UV- oder lichtgeschädigte Haut	

Wundaufgaben, die eine Austrocknung verhindern bzw. verzögern, ermöglicht wird. Grundsätzlich soll die Wundoberfläche frei von Belägen wie z. B. Biofilmen gehalten werden. Das heißt, je nach Art der Beläge (fest anhaftend bis leicht abspülbar) wird dies durch Spülen oder entsprechend intensivem Debridement vor und ggf. bei Neubildung auch nach der LLLT erreicht.

Während der Nachbehandlung wird über einen geeigneten Zeitraum der Behandlungserfolg dokumentiert (VAS, Fotodokumentation mit digitaler Auswertung nach Fläche und Wundzusammensetzung im Verlauf, ggf. mikrobielle Abstriche), wodurch sich die Weiterbehandlung mit der LLLT ergibt. Bei anhaltenden Missempfindungen oder Schmerzen muss deren Ursache ohne Verzug abgeklärt und die Behandlung entsprechend modifiziert bzw. unterbrochen oder abgebrochen werden.

14.5 Epikrise

Die Durchführung guter vergleichender Studien, die therapeutische Einflüsse auf den Heilungsverlauf untersuchen sollen, ist speziell bei chronischen Wunden außerordentlich schwierig, wenn nicht fast unmöglich. Das liegt

an der außerordentlichen Variabilität des Auftretens der Wunden und deren Begleitkonditionen wie Stoffwechselerkrankungen, immunologische Erkrankungen, Tumoren, Ernährungszustand, Mobilität, Therapiehistorie, Wundanamnese und vielen weiteren individuellen Faktoren (Patientenalter!).

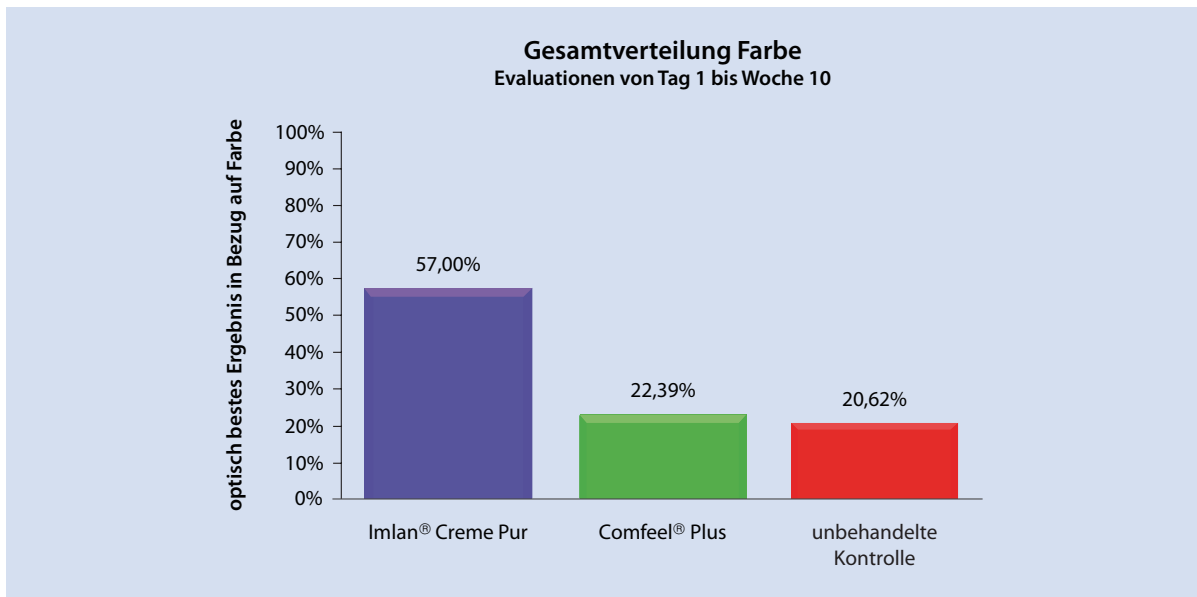
In der Zusammenschau bietet die LLLT eine Vielzahl an geeigneten pathophysiologisch-biochemischen zellulären und subzellulären Wirkungsansätzen, sodass eine positive Wirkung auf die Wundheilung insbesondere bei in der Heilung gestörter Wunden zu erwarten ist. Trotzdem liegt auch für diese physikalische Therapie bisher kaum höherwertige Evidenz vor, was sich u. a. in den entsprechenden Leitlinien niederschlägt. Allerdings ist in Anbetracht der außerordentlichen Variabilität (wie geschildert) besonders chronischer Wunden damit zu rechnen, dass sich bei den sehr schwierig valide gestaltenden Studienplanungen und Ergebnissen eine höherwertige Evidenz nicht ohne Weiteres erbringen lässt (was grundsätzlich für alle Verfahren in der Behandlung chronischer Wunden gilt).

Daher spricht der bisherige Evidenzmangel nicht a priori gegen einen klinischen Benefit, der mit der LLLT wie auch den grundsätzlich laserverwandten Behandlungsverfahren bei seriösem Einsatz zum Wohl der Patienten möglich werden kann.

■ Exkurs

Während die Laserbehandlung erfolgreich zur Wundbehandlung eingesetzt werden kann, werden bekanntlich mit meist ablativ wirksamen Laserbehandlungen in der ästhetischen Laserchirurgie selbst Mikrowunden therapeutisch induziert. Ablative Laser finden z. B. ergänzend Einsatz zur oberflächlichen Faltenglättung nach einem operativen Lifting der Gesichtshaut, als alleinige Behandlungsalternative im Gesamtkonzept der Facial Rejuvenation oder auch zur Glättung schlecht verheilter Narben. Für diese ablativen bzw. gewebe-modifizierenden Eingriffe ist eine höhere Energie erforderlich, als sie bei der Low-Level-Lasertherapie (LLLT) Anwendung findet. Die induzierten Hautläsionen erfordern eine sorgfältige Nachbehandlung, die bisher nicht standardisiert ist. Daher ist es wichtig, dass der Lasertherapeut mit dem Wundmanagement der laserinduzierten Wunden vertraut ist.

Grundsätzlich werden in der ästhetischen Laserchirurgie bei der Nachsorge von laserinduzierten Wunden sowohl die offene Behandlung mit halbfesten Zubereitungen, die geschlossene Wundbehandlung mit Folien als auch die Kombination beider Methoden praktiziert. Als besonders geeignet für die Nachbehandlung eines ablativen Lasereingriffs zeigte sich eine offene Wundbehandlung mit einer Betulin-Emulsion in einer aktuellen intraindividuellen, klinisch-experimentellen Studie: Die



■ **Abb. 14.1** Heilungsverläufe nach CO₂-Laserabrasion unter Betulin-Therapie (Imlan Creme Pur), Hydrokolloidverband (Comfeel Plus). Differenziert betrachtet wurde das Kriterium »Farbe«

Nachsorge mit einer Betulin-Emulsion ermöglichte eine zügige und komplikationslose Wundheilung mit guten ästhetischen Ergebnissen bei angenehmer Anwendung (Metelmann et al. 2012; Müller-Debus 2012). Bei den in der Emulsion enthaltenen Betulinen handelt es sich um pentazyklische Triterpene, die Inhaltsstoffe der Birkenrinde sind. Zahlreiche Studien konnten wundheilungsfördernde Eigenschaften nachweisen, selbst bei komplizierten therapieresistenten Wunden (Betulin-Institut e.V. 2008; Brandner 2009; Daniels u. Laszczyk 2008; De la Puerta et al. 2000; Fernandez et al. 2001; Galgon et al. 2005; Máñez et al. 1997; Recio et al. 1995; Metelmann et al. 2011).

In der Studie erhielten 50 gesunde Probanden mit einem CO₂-Laser je 3 Hautabrasionen auf der Unterarminnenseite. Die Einstellungen des Lasers entsprachen den bei ästhetischen Eingriffen im Gesicht üblicherweise verwendeten Einstellungen. Von den 3 Laserabrasionen wurde jeweils eine Laserabrasion 4 Wochen lang mit einer Betulin-Emulsion (Imlan Creme Pur) und jeweils eine mit einem Hydrokolloidverband (Comfeel Plus) behandelt. Die 3. Laserabrasion diente als Kontrolle und blieb unbehandelt. Dies bedeutete in dieser Studie die Abdeckung der Laserabrasion mit wenigen Schichten einer trockenen Wundkompressen. Der Heilungsprozess wurde über 4 Wochen beobachtet und dokumentiert. Bei einer Stichprobe von 23 Probanden erfolgte eine Langzeitkontrolle nach 10 Wochen. Im Vordergrund stand bei dieser Studie

die Bewertung der Ästhetik der Wunde. Als Maßstab für die Evaluation der Ästhetik wurden die Kriterien »Textur« und »Farbe« der unbeschädigten Haut herangezogen (Müller-Debus 2012).

Die Ergebnisse der Studie zeigen, dass die Betulin-Emulsion sowohl bei dem Kriterium »Farbe« mit 57 % als auch bei dem Kriterium »Textur« mit 58 % verglichen mit dem Hydrokolloidverband und der unbehandelten Kontrolle die besten ästhetischen Wundheilungsergebnisse erzielte (Metelmann et al. 2012; Müller-Debus 2012) (■ Abb. 14.1, ■ Abb. 14.2).

Die antiphlogistischen, antibakteriellen, antiviralen, antimykotischen und für Keratinozyten differenzierungsfördernden Eigenschaften von Triterpenen könnten auch in Kombination mit der LLLT bei der Behandlung chronischer Wunden von Vorteil sein (Galgon et al. 2005; Alakurtti et al. 2006; Kuate et al. 2007; Parlova et al. 2003; Scheffler u. Birken 2009; Shai et al. 2008; Weigenand et al. 2004; Wheeler 1899; Woelfle et al. 2010; Yogeewari u. Siyam 2005).

14.6 Fallbeispiele

Exemplarisch wird die LLLT bei der Behandlung eines venösen Ulcus cruris und einer diabetischen Fußwunde dargestellt (■ Abb. 14.3, ■ Abb. 14.4, ■ Abb. 14.5, ■ Abb. 14.6, ■ Abb. 14.7, ■ Abb. 14.8, ■ Abb. 14.9, ■ Abb. 14.10, ■ Abb. 14.11).

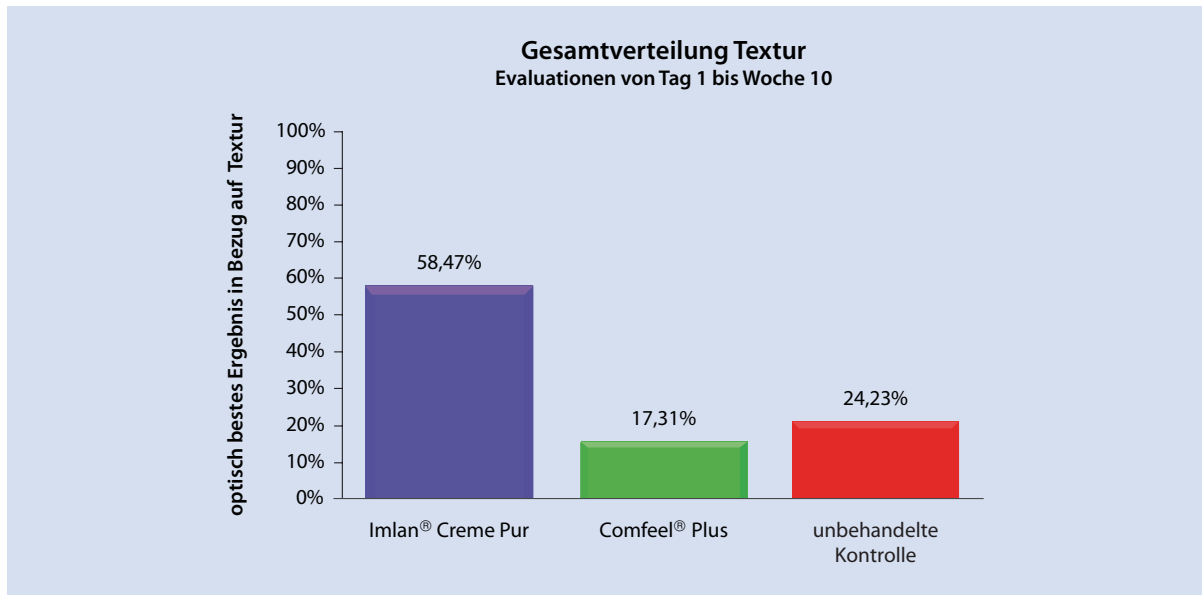


Abb. 14.2 Heilungsverläufe nach CO₂-Laserablation unter Betulin-Therapie (Imlan Creme Pur), Hydrokolloidverband (Comfeel Plus). Differenziert betrachtet wurde das Kriterium »Textur«



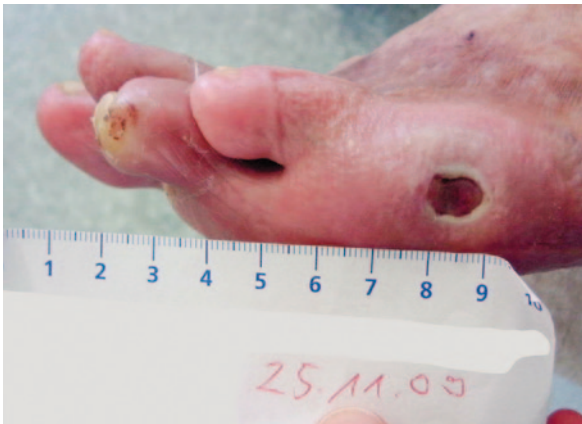
Abb. 14.3 Kreisrundes Fußulcus ca. 3 cm lang, 2 cm breit, 0,5 cm tief (12.11.2009). (Mit frdl. Genehmigung von Frau Füchtenbusch)



Abb. 14.4 Zustand am 18.11.2009. (Mit frdl. Genehmigung von Frau Füchtenbusch)

14.6.1 LLLT bei Ulcus cruris venosum

1. Diagnosestellung: Klinische Untersuchung, Bildgebung, Labor und Mikrobiologie einsetzen. Diagnose: CVI Grad III nach Widmer
2. Hämodynamische Ursachen ausgeschalten! Zum Beispiel Stripping-OP oder thermoablative endoluminale Verfahren
3. Indikationsstellung zur LLLT: Frage mit ja beantworten, ob sich durch die LLLT ein Vorteil für den Patienten ergeben kann. Ist von der adjuvanten LLLT Schmerzlinderung und oder Unterstützung der Wundheilung realistisch zu erwarten? Aufklärung mit unterschriebener Einverständniserklärung und Fotodokumentation sowie Befragung des Patienten (Schmerzen, Missempfindungen, mittels VAS)
4. Therapieplan aufstellen (über 3 Monate: Mo, Di, Mi behandeln, danach ggf. weiter oder intensiviert)
5. Set*: 5 × 5 cm Ulcus: GaAlAs-Laser als Dioden-Array mit 14 Dioden, λ : 785 nm, Leistungsdichte: 14 × 50 mW, Betriebsart: continuous wave (cw), Dosierung 3–4 J/cm², maximale Leistung/Diode: 50 mW, maximale Gesamtdiodenleistung: 700 mW (14 × 50 mW)
*Beispiel mit Diodenlaser (MKW-Therapiesysteme, Sinzheim, Deutschland)



■ **Abb. 14.5** Zustand am 25.11.2009. (Mit frdl. Genehmigung von Frau Fächtenbusch)



■ **Abb. 14.8** Zustand am 11.12.2009. (Mit frdl. Genehmigung von Frau Fächtenbusch)



■ **Abb. 14.6** Zustand am 4.12.2009. (Mit frdl. Genehmigung von Frau Fächtenbusch)



■ **Abb. 14.9** Zustand am 14.12.2009. (Mit frdl. Genehmigung von Frau Fächtenbusch)



■ **Abb. 14.7** Zustand am 7.12.2009. (Mit frdl. Genehmigung von Frau Fächtenbusch)



■ **Abb. 14.10** Zustand am 28.12.2009. (Mit frdl. Genehmigung von Frau Fächtenbusch)



■ **Abb. 14.11** Zustand am 15.01.2010. (Mit frdl. Genehmigung von Frau Fuchtenbusch)

6. Bei Indikationsstellung zur LLLT: Optimale Behandlung relevanter Begleiterkrankungen anstreben, besonders wichtig Diabetes- und Blutdruckeinstellung, erhöhte Fibrinogenplasmaspiegel absenken, Hämoglobindezitat ausgleichen, Proteinverlust (Mangelernährung, Kachexie) ausgleichen, Gewichtsreduktion und Sistieren von Nikotinabusus
7. Wundkonditionierung: Vor der Behandlung saubere Wundoberflächen ermöglichen. Das heißt, je nach Wundsituation wird entweder scharf debridiert, ultraschalldebridiert oder gespült (drucklos oder hydrodynamisch). Vor und nach Debridement erfolgt eine antiseptische Behandlung mit Polihexanid- oder Octenidindihydrochloridlösung
8. 1–2 Tage nach erfolgter Konditionierung kann bei reizlosen Wundverhältnissen die LLLT beginnen
9. Zweit täglich Verbandwechsel, feuchte Wundbehandlung
10. Verlaufsdokumentation und Anpassung der Therapieplanung

Anmerkung: Mindestens 2 Wochen in Serien behandeln (z. B. $2 \times 3 = 6$ Sitzungen), bei Erfolg kann weiterbehandelt werden, wobei Serien mit täglicher Behandlung wie auch Behandlungen mit längerem freien Intervall möglich sind. Dies muss für jeden Patienten optimiert werden. Abbruch, wenn sich nach 2 Wochen Behandlung mit 5 Tagesbehandlungen hintereinander (Wochenende Pause) kein Erfolg einstellt. Der Erfolg kann auch primär in Schmerzreduktion liegen.

■ **Tab. 14.2** Technische Parameter LLLT-Behandlung

Gerätetyp	MKW-Therapiesysteme GmbH Sinzheim, ► www.mkw-laser.de
Lasertyp und Wellenlänge	GaAlAs-Laser – 785 nm (Halbleiterlaser)
Lasercharakteristik	Laserdusche »POWERPLUS« mit 14 Laserdioden, Gesamtbestrahlungsfläche 3 500 mm ² Laserdioden gleichmäßig im Abstand von 1 cm über Fläche von 5 × 7 cm verteilt, divergente Strahlen, Betriebsarten: cw (continuous wave)
Output/Leistung	Maximale Gesamtdiodenleistung: 700 mW (14 × 50 mW)
Leistungsdichte	14 × 50 mW

14.6.2 LLLT bei diabetischem Fußulcus

Das folgende Fallbeispiel ist der Beobachtungsstudie »Low-Level-Laser-Therapie (LLL) bei chronischen Wunden« entnommen und wurde im Klinikum Schwabing von Süß-Burghart et al. (2010) durchgeführt sowie dokumentiert, Fotos mit freundlicher Genehmigung von Frau Fuchtenbusch.

Anamnese Patient männlich, 72 Jahre, Diagnose: Diabetischer Fußulcus li, Dig. 5, seit ca 4 Jahren. Nebendiagnosen: diabetischer peripherer Polyneuropathie, Diabetes mellitus Typ 2. Behandlung über 3 Monate. Keine Wundheilung nach Standardwundtherapie. Bisher keine operative Therapie.

Bei Aufnahme Kreisrunde Wunde, freiliegendes Gelenk, ca. 2,5 cm Durchmesser, Tiefe ca 0,5 cm, Wagner-Armstrong BIII (sowie fistelndes Knopf-Ulcus am Dig. 3 mit Sezernierung, infiziert, Wagner-Armstrong BIII), im Verlauf mazerierend.

Behandlungsverlauf und Maßnahmen Standardwundbehandlung parallel zur LLLT: Debridements, Druckentlastung, Feuchte Wundbehandlung mit Wundauflagen u. a. Repithel. Im Wechsel verschiedene Antibiotika.

Sonstige Maßnahmen: Antiseptik mit Braunovidon, orales Antibiotikum, Tamponage mit Cutisorb sorbact, Abdeckung mit einfacher Fettgaze.

LLL: ambulant tägliche LLLT bei Verbandwechsel, Parameter ■ Tab. 14.2 und ■ Tab. 14.3.

Tab. 14.3 Behandlungsparameter LLLT-Behandlung

Dosierung	Dosierung für chronische/tiefe Wunden: 3–4 J/cm ²
Leistung	Maximale Leistung 50 mW/Laserdiode; in der Studie am Schwabinger Krankenhaus zur LLLT bei chronischen Wunden wurde die Wundfläche über 1 min bis 1 min 20 s/Flächeneinheit bestrahlt (Betriebsart cw)
Behandlungsmethode	Kontakttherapie mit dünner Folie; Laserdusche ist an einem Stativ fixiert und wird nach 1–2 min neu justiert, bis das komplette Wundareal versorgt ist
Anzahl Behandlungen	Je nach Behandlungsverlauf; intensive LLLT in den Phasen I (Infektion/ Nekrose) und II (Granulation), danach je nach Verlauf und Einbestellung weniger häufig
Behandlungsfrequenz	Phase I und Phase II: 2- bis 3-mal pro Woche bei Verbandswechsel; Phase 3: je nach Heilungsverlauf

Verlauf Nach 3 Wochen LLLT beginnende Granulationsphase, danach Granulationsaufbau mit Promogran und Allevyn AG als Wundauflage.

Patient kommt nur mehr 2-mal pro Woche zum Verbandswechsel, damit nur noch 2-mal LLLT in der Granulationsphase, im Verlauf Wundgröße halbiert.

Nach 5 Behandlungswochen: Wundgröße 1 cm lang, 0,5 cm hoch, 0,5 cm tief. Nach 6 Wochen Diabetesboot.

3 Monate nach Behandlungsbeginn (3 Wochen täglich LLLT bei Verbandwechsel, danach 2-mal pro Woche LLLT bei Verbandwechsel) Wunde verschlossen. Wundumgebung reizlos. Bis zum Berichtszeitpunkt kein Rezidiv.

Literatur

- Alakurtti S, Mäkelä T, Koskimies S, Yli-Kauhaluoma J (2006) Pharmacological properties of the ubiquitous natural product betulin. *Eur J Pharm Sci* 29: 1–13
- Basford JR (1995) Low Intensity Laser Therapy: Still not an established clinical tool. *Laser Surg Med* 16: 331–342
- Betulin-Institut e.V. (2008) Betuline, Pharmakologisches Wirkspektrum, Antientzündliche und wundheilungsfördernde Wirkung; <http://www.betulin.de/betulin/pharmakologischeswirkspektrum/antientzundwundheilwirkung>. Zugriffen: 7. Oktober 2009
- Brandner JM, Universitätsklinik Hamburg-Eppendorf (2009) Ex vivo Schweineohrenmodell zur Wundheilung. Persönliche Mitteilung.
- Dakowicz A, Kuryliszyn-Moskal A, Kosztyla-Hojna B, Moskal D, Latosiewicz R (2011) Comparison of the long-term effectiveness of physiotherapy programs with low-level laser therapy and pulsed magnetic field in patients with carpal tunnel syndrome. *Adv Med Sci* 56(2): 270–274
- Daniels R, Laszczyk MN (2008) Betulin für tensidfreie Emulsionen. *Pharma Ztg* 11: 34–36
- De la Puerta R, Martinez-Dominguez E, Ruiz-Gutierrez V (2000) Effect of minor components of virgin olive oil on topical anti-inflammatory assays. *Z Naturforsch* 55: 814–819
- Ekim A, Armagan O, Tascioglu F, Oner C, Colak M (2007) Effect of low level laser therapy in rheumatoid arthritis patients with carpal tunnel syndrome. *Swiss Med Wkly* 16 137(23–24): 347–352
- Enwemeka CS (1992) Ultrastructural morphology of membrane-bound intracytoplasmic collagen fibrils in tendon fibroblasts exposed to He:Ne laser beam. *Tissue Cell* 24(5): 1–523
- Ezzati A, Bayat M, Khoshvaghti A (2010) Low-level laser therapy with a pulsed infrared laser accelerates second-degree burn healing in rat: a clinical and microbiologic study. *Photomed Laser Surg* 28(5): 603–611
- Fernandez MA, De las Heras B, Garcia MD, Saenz MT, Villar A (2001) New insight into the mechanism of action of the anti-inflammatory triterpene lupeol. *J Pharm Pharmacol* 53: 1533–1539
- Fork RL (1971) Laser stimulation of nerve cells in aplysia. *Science* 171: 907–908
- Galgon T, Wohlrab W, Dräger B (2005) Betulinic acid induces apoptosis in skin cancer cells and differentiation in normal human keratinocytes. *Exp Dermatol* 14: 736–743
- Jamis D, MacIver BM, Tanelian DL (1990) Effects of He-Ne laser irradiation on corneal A-Delta and C-fiber nociceptor electrophysiology. Poster 105, S209, Supplement 5, 1990 (SPONm.Lo) Department of Anesthesia, Stanford University Medical Center, Stanford, CA 94305
- Karu TI (1987) Photobiological fundamentals of low-power laser therapy. *IEEE J Quant Elect* 23: 1703
- Karu TI (1988) Molecular mechanisms of the therapeutic effect of low-intensity laser radiation. *Lasers in Life Science* 2: 53–74
- Kuiate JR, Mouokeu S, Wabo HK, Tane P (2007) Antidermatophytic triterpenoids from *Syzygium jambos* (L.) Alston (Myrtaceae). *Phytother Res* 21: 149–152
- Kupin IV, Bykov VS, Ivanov AV, Larichev VY (1982) Potentiating effects of laser radiation on some immunological traits. *Neoplasms* 29: 403–406
- Lam TS, Abergel RP, Meeker CA, Castael JC, Dwyer RM, Uitto J (1986) Laser stimulation of collagen synthesis in human skin fibroblast cultures. *Lasers Life Sci* 1: 61–77
- Máñez S, Recio CM, Giner RM, Ríos JL (1997) Effect of selected triterpenoids on chronic dermal inflammation. *Eur J Pharmacol* 334: 103–105
- Mester E, Ludany, G, Sellyei M, Szende B, Tota J (1968) The stimulating effects of low power laser rays on biological systems. *Laser Rev (Lond)* 1: 3
- Metelmann HR, Brandner J, Schumann H, Bross F, Hoffmann M, Podmelle F (2011) Accelerating the aesthetic benefit of wound healing by triterpene. *J Craniomaxillofac Surg*. doi:10.1016/j.jcms.2011.07.020
- Metelmann HR, Podmelle F, Waite PD, Müller-Debus CF, Hammes S, Funk W (2012) Conditioning in laser skin resurfacing – Betulin emulsion and skin recovery. *J Craniomaxillofac Surg*. doi:10.1016/j.jcms.2012.10.003
- Müller-Debus CF (2012) Die Wirkung einer Betulin-Emulsion auf die Reepithelialisierung der Haut in der Plastisch-ästhetischen Chirurgie. Eine intraindividuelle Vergleichsstudie zur Nachbehandlung oberflächlicher Laser-Hautabtragungen mit Imlan®

- Creme Pur und einem Hydrokolloidverband; ► www.ub-ed.uni-greifswald.de/opus/volltexte/2012/1281/pdf/diss_mueller_debus_charlotte_friederike_1.pdf. Zugriffen: 14. Januar 2013
- Nussbaum EL, Lilge L, Mazzulli T (2003) Effects of low-level laser therapy (LLLT) of 810 nm upon in vitro growth of bacteria: relevance of irradiance and radiant exposure. *J Clin Laser Med Surg* 21(5): 283–290
- Okamoto H, Iwase T, Morioka T (1992) Dye-mediated bactericidal effect of He-Ne laser irradiation on oral microorganisms. *Lasers Surg Med* 12: 450–458
- Parlova NI, Savinova OV, Nikolaeva SN, Boreko EI, Flekhter OB (2003) Antiviral activity of betulin, betulinic and betulonic acid against some enveloped and non-enveloped viruses. *Fitoterapia* 74: 489–492
- Passarella S, Casamassima E, Molinari S, Pastore E, Quagliariello E, Catalano IM, Cingolani A (1984) Increase of proton electrochemical potential and ATP synthesis in rat liver mitochondria irradiated in vitro by Helium-Neon laser. *FEES Lett* 175: 95–99
- Passarella S, Casamassima E, Quagliariello E, Caretto G, Jirillo E (1985) Quantitative analysis of lymphocyte-Salmonella interaction and the effects of lymphocyte irradiation by He-Ne laser. *Biochem Biophys Res Commun* 130: 546–552
- Recio CM, Giner RM, Máñez S, Gueho J, Julien HR, Hostettmann K, Ríos JL (1995) Investigations on the steroidal anti-inflammatory activity of triterpenoids from *Diospyros leucomelas*. *Planta Medica* 61: 9–12
- Santos NR, de M Sobrinho JB, Almeida PF, Ribeiro AA, Cangussú MC, dos Santos JN, Pinheiro AL (2011) Influence of the combination of infrared and red laser light on the healing of cutaneous wounds infected by *Staphylococcus aureus*. *Photomed Laser Surg*. Mar;29(3): 177–182
- Saperia D, Glassberg E, Lyons RF, Abergel RP, Baneux P, Castel JC, Dwyer RM, Uitto J (1986) Demonstration of elevated type I and type III procollagen mRNA levels in cutaneous wounds treated with helium-neon laser. Proposed mechanism for enhanced wound healing. *Biochem Biophys Res Commun* 141(3): 1123–1128
- Scheffler A, Birken GmbH (2009) Oleogel – S10 – kurze Charakterisierung. Persönliche Mitteilung
- Shai LJ, McGaw LJ, Aderogba MA, Mdee LK, Eloff JN (2008) Four pentacyclic triterpenoids with antifungal and antibacterial activity from *Curtisana dentata* (Burm.f) C. A. Sm. leaves. *J Ethnopharmacol* 119: 238–244
- Süß-Burghart A, Fächtenbusch M, Fächtenbusch A (2010) Low-Level-Laser-Therapie (LLLT) bei chronischen Wunden. Neue Wege für das Wundmanagement: Evidenz und Praxis. Fächtenbusch Fachkommunikation, Starnberg
- Weigenand O, Hussein AA, Lall N, Meyer JJM (2004) Antibacterial Activity of Naphthoquinones and Triterpenoids from *Euclea natalensis* Root Bark. *J Nat Prod* 67: 1936–1938
- Wheeler J (1899) Die Darstellung des Betulin durch Sublimation. *Pharm J* 494: 353
- Woelfle U, Laszczyk MN, Kraus M, Leuner K, Kersten A, Simon-Haaraus B, Scheffler A, Martin SF, Müller WE, Nashan D, Schempp CM (2010) Triterpenes promote keratinocyte differentiation in vitro, ex vivo and in vivo: a role for the transient receptor potential canonical (subtype) 6. *J Invest Dermatol* 130: 113–123
- Yogeeswari P, Siriam D (2005) Betulinic acid and its derivatives: a review on their biological properties. *Curr Med Chem* 12: 657–666
- Young S, Bolton P, Dyson M, Harvey W, Diamantopoulos C (1989) Macrophage responsiveness to light therapy. *Lasers Surg Med* 9: 497–505

Zahnmedizinische Ästhetik

G. Bach, W. Sümnick

- 15.1 Einführung – 180
- 15.2 CO₂-Laser als »Skalpellersatz« in der zahnärztlichen Chirurgie – 180
- 15.3 Schnittführung in der ästhetischen Zahnmedizin – 180
- 15.4 Einfluss von Nahtmaterial und -technik – 181
- 15.5 Effekte des Laserlichts auf Mikroorganismen – 181
- 15.6 Konditionierung der Wurzeloberfläche – 181
- 15.7 Erbium:YAG-Laser für die Zahnhartsubstanz – 182
- 15.8 Diodenlaser – 182
- 15.9 Mehrwellenlängenlaser – 182
- 15.10 Nachbehandlung – 183
- 15.11 Spezielle Laser in der ästhetischen Zahnmedizin? – 183
- 15.12 Fallbeispiele – 183
 - 15.12.1 Fallbeispiel 1: Laserunterstützte Lippenbandplastik – 183
 - 15.12.2 Fallbeispiel 2: Laserablation bei Papillomatose – 184
 - 15.12.3 Fallbeispiel 3: Minimalinvasive laserunterstützte chirurgische Alternative zur chirurgischen Therapie einer Malformation der Lippe – 185
- Literatur – 188

15.1 Einführung

Die Begriffe »zahnmedizinische Ästhetik oder Ästhetische Zahnmedizin« waren noch bis vor wenigen Jahren allein auf den Ersatz und die Veränderung von Farbe, Oberfläche, Form und Position von Zahnhartsubstanz beschränkt. Dies wurde jedoch dem Anspruch von Patienten und Behandlern bezüglich des Erreichens eines ästhetischen Gesamtbilds mit einem harmonischen Zusammenspiel von Zähnen, Zahnfleisch und Lippen nicht gerecht. So erfuhr der Begriff »Ästhetische Zahnmedizin« eine wesentliche Erweiterung um den Bereich der ästhetisch orientierten Parodontalchirurgie bzw. Oralchirurgie.

In den vergangenen Jahren wurden zahlreiche regenerative Techniken entwickelt, deren Ziel die Schaffung oder Wiedergewinnung eines möglichst idealen Zahnfleischsaums ist. Aktuell hat sich der Begriff der ästhetisch orientierten zahnärztlichen Chirurgie durchgesetzt.

Die Laserzahnheilkunde hat sich gerade in den beiden letzten Jahrzehnten stürmisch weiterentwickelt. Die Befürworter der Laserzahnheilkunde, die noch vor 2 Jahrzehnten als Exoten galten, sind heute ganz »normale« Zahnärzte. Die Laserzahnheilkunde ist inzwischen in der zahnmedizinischen Wissenschaft und durch die entsprechenden Fachgesellschaften akzeptiert. In der Laserzahnheilkunde werden v. a. folgende Themenbereiche behandelt:

- Ästhetische MKG-Chirurgie bzw. Oralchirurgie,
- Parodontologie und Periimplantitis,
- Zahnhartsubstanzenbearbeitung,
- Dentinhypersensibilitäten und Laserbleaching,
- Laserosteotomien und Alterszahnheilkunde.

15.2 CO₂-Laser als »Skalpellersatz« in der zahnärztlichen Chirurgie

CO₂-Laser sind die am längsten auf dem Markt vertretenen Laser und werden bereits seit Ende der 80er-Jahre in der Zahnheilkunde eingesetzt. Sie wurden lange Zeit als »Zugpferd« der chirurgischen Laserzahnheilkunde bezeichnet.

CO₂-Laser emittieren Laserlicht der Wellenlänge 10 600 nm und absorbieren außerordentlich gut auf Wasser, was ihre gute Schneidewirkung in intraoralen wasserenthaltenden Geweben erklärt. Das Laserlicht wird durch einen Spiegelgelenkarm oder eine Hohlfaser zum Zielort geleitet, was unter Umständen im Seitenzahngebiet gewisse Handlungsschwierigkeiten bereitet. Viele Autoren betonen das hohe Maß an Blutungsarmut beim Schneiden mit einem CO₂-Laser.

Es können nahezu alle chirurgischen Schnittführungen in der Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde mit einem CO₂-

Laser durchgeführt werden. Unter dem Gesichtspunkt der ästhetisch orientierten Parodontalchirurgie ist v. a. die geringe Eindringtiefe des Gaslaserlichts von Vorteil.

Ein weiteres Gebiet, in dem der CO₂-Laser höchst erfolgreich eingesetzt wird, wurde von Deppe et al. (1999) untersucht, der eindrucksvoll die Dekontamination keimbesiedelter Zahn- und Implantatoberflächen unter Ermöglichung eines Reattachments bzw. einer Reosseointegration beschreibt.

Die Zeiten, in denen lediglich nur die eine Laserwellenlänge der CO₂-Laser vornehmlich in kieferchirurgischen und vereinzelt in zahnärztlichen Praxen vertreten war, sind vorbei. Die Dominanz des CO₂-Lasers ging im vergangenen Jahrzehnt zugunsten neuer, weiterer Wellenlängen zurück.

Heute werden Laser nicht nur als Skalpellersatz eingesetzt. Aufgrund der physikalischen Daten der einzelnen Wellenlängen, haben sich zahlreiche Indikationen etabliert, welche in der Regel weniger invasiv als konventionelle Verfahren durchgeführt werden können. Limitierend auf die Verbreitung von Dentallasern für die zahnärztliche Chirurgie wirken sich insbesondere die hohen Gerätepreise aus.

Auch die Gruppe der langjährigen Skalpellanwender sehen oftmals überhaupt keinen Grund, ihr bewährtes Verfahren zugunsten eines weitaus teureren aufzugeben. Auf der anderen Seite sind die Laserbefürworter, die v. a. die minimale Invasivität, die geringe perioperative Blutung und den hohen Patientenkomfort während und nach dem Eingriff hervorheben.

In der Tat bedingt der Einsatz monochromatischen Lichtes in der zahnärztlichen Chirurgie auch ein gewisses Maß an Umdenken, was die Applikation und Anwendung des Laserlichts an Strukturen des Zahnbetts betrifft. Lasereffekte, die sonst bewusst in Kauf genommen oder gar erwünscht gewesen sind – hier ist z. B. die Karbonisation zu nennen –, sind im Rahmen vieler zahnärztlich-chirurgischer Operationen gänzlich unerwünscht.

Allgemein wird für die laserunterstützte chirurgische Anwendung jedoch immer noch das hohe Maß an Blutungsarmut während des Eingriffs und die signifikante Schmerzreduktion, besonders beim Einsatz von gepulsten Lasern, lobend erwähnt.

15.3 Schnittführung in der ästhetischen Zahnmedizin

Die Laserschnittführung betrifft eine zentrale Forderung: die nach einem Versorgungs- oder Angiosomenkonzept. In diesem Zusammenhang können mehrere Konzepte der Schnittführung formuliert werden: das ästhetische und das plastisch-geometrische Konzept.

Ästhetisches Konzept

- Keine Narben, Platzierung in Übergangsbereichen
- Keine Kreuzung ästhetischer Zonen
- Erhalt physiologischer Strukturen
- Rekonstruktionen mit ortsständigem Gewebe

Plastisch-geometrisches Konzept, z. B. durch Verschiebelappen. Hier ist besonders die Beachtung der Geometrie wichtig.

Nach Berücksichtigung dieser Gesichtspunkte sind folgende Schnittführungen mittels monochromatischen Lichtes empfehlenswert:

- UK: auf dem Alveolarfortsatz; Entlastungen median (frontal) bzw. senkrecht im 4er-Bereich (lateral)
- OK: teilbezahnt auf dem Alveolarfortsatz, nur frontale, keine dorsale Entlastung
- Eine Alternative ist im zahnlosen OK/UK die absolut vestibuläre Schnittführung, bei der man tunnelierend arbeitet
- Beim Einzelzahn: marginale Schnittführung, keine Entlastungen, hier sind auch Periostschlitzungen möglich

Als Fazit der vorangestellten Überlegungen können folgende Leitgedanken der Laserschnittführung in der ästhetisch orientierten zahnärztlichen Chirurgie formuliert werden, die gleichzeitig auch die Grenzen der Laseranwendung für diesen Bereich darstellen.

Leitgedanken der Laserschnittführung und Grenzen der anwendung

- Erstellen eines Konzepts vor der Schnittführung (»am Anfang zu Ende denken«)
- Erkennen von Veränderungen in der Anatomie
- Beachten eines Angiosomenkonzepts – Grenzen der Versorgungsgebiete (Blutgefäße) geben Schnittführung vor
- Beachten der Intaktheit der Vaskularisation sowie der photothermischen und photoablativen Laserwirkungen
- Kein Applizieren bzw. Ausschneiden minderperfundierter Areale mit Laserlicht

Eine Heilung per secundam intentionem, also per granulationem ist in der ästhetisch orientierten zahnärztlichen Chirurgie aus ästhetischen und funktionellen Gründen obsolet. Hier muss auch der erfahrene Laserchirurg umdenken. Hatte er bis dato das monochromatische Licht speziell dann eingesetzt, wenn er exzessive Wundblutungen und eine Nahttechnik vermeiden wollte, sollte nun auf Nahtmaterial unbedingt zurückgegriffen werden, um das gewünschte ästhetische Ergebnis zu gewährleisten.

Aufgrund der allgemein sehr geringen Gewebereaktion und Narbenbildung sind polyfile Nahtmaterialien erste Wahl. Zwar weisen die monofilen Nahtmaterialien eine geringere Plaqueakkumulation auf, diese sind aber generell glatter und steifer als polyfile Materialien und damit schwieriger zu handhaben. Sie erfordern gleichzeitig eine höhere Anzahl von Knoten, die es in der ästhetisch orientierten Parodontalchirurgie zu vermeiden gilt.

In der Regel wird resorbierbaren Materialien – zu meist auf Polyglukolsäurebasis – der Vorzug gegeben.

15.5 Effekte des Laserlichts auf Mikroorganismen

Eine große Übereinstimmung in der einschlägigen internationalen Literatur ist in dem Punkt festzustellen, der die Wirkung von Laserlicht bestimmter Wellenlängen auf gramnegative und anaerobe Keime, also solche, die für das Entstehen und Fortschreiten einer marginalen Parodontopathie verantwortlich sind, beschreibt.

Alle Autoren betonen die suffiziente Schädigung dieses »Markerkeimspektrums« durch CO₂- und Diodenlaserlicht. Es ist in jedem Fall ratsam, diesen Effekt des monochromatischen Lichtes auf die im Zahnzement enthaltenen Bakterien auch im Rahmen eines ästhetisch orientierten parodontalchirurgischen Eingriffs zu nutzen, selbst dann, wenn eine ursprünglich angetroffene marginale Parodontopathie bereits saniert ist.

Bei korrekter Wahl von Leistungs- und Zeitparametern, die wellenlängenabhängig teilweise erheblich differieren, kann eine Schädigung von peridontalen oder pulpären Strukturen ausgeschlossen werden. Die Laserlichtdekontamination von keimbesiedelten Zahn- (oder auch Implantat-) Oberflächen ist ein gesichertes Verfahren. Es liegen seit geraumer Zeit zahlreiche entsprechende Langzeitstudien vor.

15.4 Einfluss von Nahtmaterial und -technik

Die Naht dient dem festen Verschluss der Wunde nach einem chirurgischen Eingriff und der genauen Repositionierung der Wundränder zueinander, um die Heilung per primam intentionem zu unterstützen, zu fördern und zu beeinflussen.

15.6 Konditionierung der Wurzeloberfläche

Der Sanierung eines Gebisses unter ästhetischem Gesichtspunkt muss die Sanierung einer eventuell bestehenden Zahnbitterkrankung vorausgehen. Das primäre Ziel

einer solchen parodontalen Therapie ist es, die erkrankte Wurzeloberfläche biologisch für ein gesundes Parodontium kompatibel zu machen. Dies beinhaltet die Entfernung von Endotoxin, Bakterien und anderen Wirkstoffen, die in dem Zement auf der Wurzeloberfläche angetroffen werden.

Die ästhetisch orientierte Parodontalchirurgie weicht zumeist von diesem generellen Schema ab, da hier im Allgemeinen nach Sanierung einer marginalen Parodontopathie der entsprechende rekonstruktive Eingriff vorgenommen wird. Somit entfällt der Zwang einer Konditionierung der Wurzeloberfläche zumeist.

Festzuhalten ist, dass vor der Durchführung eines ästhetisch orientierten Parodontaleingriffs vorbereitende Maßnahmen die Wurzeloberfläche betreffend stattgefunden haben müssen.

Hierzu dienen in der Regel Scaling und Root Planing, welche in der Lage sind, annähernd alle entdeckbaren bakteriellen Endotoxine zu entfernen.

15.7 Erbium:YAG-Laser für die Zahnhartsubstanz

Er:YAG-Laser können seit der Präsentation der aktuellen dritten Gerätegeneration in der ästhetisch orientierten Parodontalchirurgie erfolgreich eingesetzt werden. Diese hatten ihre ursprünglichen Haupteinsätze in der konservierenden Zahnheilkunde.

Der Gedanke, Zahnhartsubstanz ohne rotierende Instrumente bearbeiten zu können, ist ein lang gehegter Traum in der Zahnheilkunde. Bereits zu Ende der 70er- und Anfang der 80er-Jahre wurden vornehmlich im asiatischen Raum Versuche unternommen, mittels Laser Kavitäten in Zähne zu präparieren oder Karies zu exkavieren. Doch die Gruppe um Yamamoto gab enttäuscht diese Versuche auf und kam zum Schluss, dass eine Zahnhartsubstanzbearbeitung mit den damals verfügbaren Lasersystemen nicht möglich ist. Der Durchbruch erfolgte erst Mitte der 80er-Jahre, als es dem deutschen Forscherteam Keller u. Hibst (1989) gelang, den Erbium:YAG-Laser zu etablieren. Er ist bis dato der einzige Laser, der wissenschaftlich abgesichert, als geeignet bezeichnet werden kann, Zahnhartsubstanz bearbeiten zu können.

In die Zahnhartsubstanz werden durch das Erbium:YAG-Laserlicht kleine Defekte »geschossen«, die für eine retentiv verankerte Restauration optimale Haftbedingungen bieten. Allerdings sind an die Ränder der Laserkavität nicht die Ansprüche bezüglich definierter und eindeutiger Grenzfläche zu stellen wie bei der mechanischen Präparation.

Die Arbeitsgruppe um Keller u. Hibst (1993) regte nach entsprechenden In-vitro-Studien bei bestehenden marginalen Parodontopathien auch die Bearbeitung von Wurzelzementoberflächen mit dem Er:YAG-Laser an. Schwarz et al. (2003) konnten in einer späteren Studie auf die hohe Wertigkeit des Er:YAG-Lasers in der Parodontologie und Implantologie eindrucksvoll hinweisen.

Die hier getroffenen Aussagen könnten zumeist auch auf den relativ neu am Markt befindlichen Millennium-Waterlase-Laser, der eine eng mit dem Er:YAG-Laser verwandte Variante darstellt, übertragen werden.

15.8 Diodenlaser

Diodenlaser sind seit Mitte der 90er-Jahre auf dem Dentalmarkt erhältlich, sie bringen einige besondere materialspezifische Eigenschaften ein, die ihren Einsatz in der Zahnmedizin interessant machen. Wegen ihrer geringen Abmessungen beanspruchen die Geräte wenig Platz, die Erzeugung des Laserlichts erfolgt direkt durch kohärente Kopplung nach Anlegen der elektrischen Energie am Halbleiter.

Da bei diesem Lasertyp Strom direkt in Laserlicht umgewandelt werden kann (»Injektionslaser«), wird ihm weltweit große Beachtung geschenkt. Keimbeseidelte Oberfläche, wie sie dem Therapeuten gerade bei Periimplantitis und der Parodontitis marginalis Schwierigkeiten bereiten, können mit Diodenlasern bestrahlt und damit dekontaminiert werden. Durch einen photothermischen Diodenlasereffekt werden die Keime abgetötet. Leistung und Applikationsdauer des Laserlichts werden so gewählt, dass es nicht zu thermischen Schäden an Pulpa und Knochen oder Hartsubstanz kommt.

Bach et al. (2000) konnten die ausgezeichnete Integrationsfähigkeit des Diodenlasers in bewährte Schemata der Periimplantitis und Parodontitis in einer 5-Jahres-Studie belegen.

Diodenlaser werden aufgrund ihrer guten Absorption auf der oralen Schleimhaut ebenfalls erfolgreich für Schnittführungen in der zahnärztlichen Chirurgie eingesetzt. Dies gilt v. a. seit der Präsentation der neuen Diodenhochleistungslaser, die mit der Hochpulstechnik arbeiten und einen wesentlichen Fortschritt im Sinn einer minimalinvasiven Schnittführung darstellen.

15.9 Mehrwellenlängenlaser

Die Erkenntnis, dass jede Wellenlänge ihre spezifischen Indikationen und auch Kontraindikationen hat, führte zur Entwicklung von Geräten mit mehreren Wellenlängen,

deren Indikationsspektren sich jeweils möglichst breit ergänzen sollen. Damit wurden Geräte mit möglichst breitem Einsatzspektrum geschaffen, die sich allerdings in der Regel durch einen recht hohen Preis auszeichnen.

Sollte bei einem Gerät eine Kombination zwischen zwei der Wellenlängen gewählt worden sein, dann macht auch der Einsatz eines der gestalteten Mehrwellenlängenslasers in der ästhetisch orientierten Parodontalchirurgie Sinn, z. B. durch eine besonders für die Schnittführung geeignete Wellenlänge und eine, deren Einsatz besonders im Rahmen der Dekontamination sinnvoll ist.

15.10 Nachbehandlung

Eine »laserspezifische« Nachbehandlung ist im Allgemeinen nicht erforderlich, Wund- und Nachkontrollen erfolgen im Regelfall ähnlich denen nach konventionellem, nicht laserunterstütztem Vorgehen.

15.11 Spezielle Laser in der ästhetischen Zahnmedizin?

Zwei Lasertypen können erfolgreich in der ästhetischen orientierten zahnärztlichen Chirurgie eingesetzt werden: Es sind zum einen die Laser, die eine minimalinvasive Schnittführung unter Vermeidung unerwünschter photothermischer und photoablativer Effekte ermöglichen. Zum anderen sind es Laser, die für die Dekontamination geeignet sind und somit gute Voraussetzungen für ein Reattachment nach Laserlichtapplikation bieten.

In jedem Fall verlangt die Anwendung des Laserlichts in der ästhetisch orientierten zahnärztlichen Chirurgie auch vom geübten Laseranwender ein hohes Maß an Umdenken. In gewisser Weise werden einige der sonst bei der Laseranwendung geschätzten und erwünschten Wirkungen des monochromatischen und kohärenten Lichtes auf das intraorale Gewebe konterkariert, in dem diese nun tunlichst vermieden werden sollen.

Karbonisationseffekte wie beim Stoppen überstarker Gewebeblutungen oder als steriler Wundverband sind in der ästhetisch orientierten Laserzahnheilkunde obsolet. Auch hohe Eindringtiefen, ggf. bis in Höhe des Alveolar-knochens, sind unerwünscht. Demnach können nur solche Wellenlängen eingesetzt werden, die den Forderungen eines minimalinvasiven Vorgehens genügen.

Es sind insbesondere die Gaslaser, Er:YAG- und Diodenlaser, die in der ästhetisch orientierten, zahnärztlichen Chirurgie mit großem Erfolg eingesetzt werden. Bei den Dioden- und Gaslasern betonen ferner viele Autoren deren hohe Wertigkeit bei der Dekontamination keimbe-



■ **Abb. 15.1** Ausgeprägtes Lippenband verhindert Annähern der oberen mittleren Schneidezähne

siedelter Oberflächen im Rahmen einer marginalen Parodontopathie.

Der Einsatz eines Lasers in einer Zahnarztpraxis ist im hohen Maß von den Schwerpunkten des Behandlers abhängig. Zudem sind unbedingt die von den Wellenlängen abhängigen Indikationen eines Hardlasers, aber auch seine eindeutigen Kontraindikationen zu beachten.

15.12 Fallbeispiele

15.12.1 Fallbeispiel 1: Laserunterstützte Lippenbandplastik

In der frühen Phase des Wechselgebisses imponiert folgender Befund:

Ein ausgeprägtes Lippenband verhindert das Annähern der beiden oberen mittleren Schneidezähne bei einem 8-jährigen Jungen (■ Abb. 15.1). Ziel ist ein für das Kind möglichst schonendes, mit geringer Blutung vergesellschaftetes chirurgisches Vorgehen im Sinn einer Lippenbandplastik.

Aufgrund der muskulären Ausgestaltung des Lippenbands konnte in diesem Fall nicht auf eine Lokalanästhesie verzichtet werden, bei weniger stark ausgeprägten Lippenbändern gilt diese Option.

Die klinischen Bilder zeigen das atraumatische Schneiden mit dem Diodenlaser (■ Abb. 15.2) und die Plastik des ausgeprägten Lippenbands. Nach 7 Tagen präsentiert sich das ehemalige OP-Areal in einer frühen Abheilungsphase (■ Abb. 15.3). Nach 14 Tagen ist die Wundheilungsphase weitestgehend abgeschlossen (■ Abb. 15.4) und nach 4 Wochen hat sich ein neues Vestibulum ausgebildet, durch Trennen des stark muskulären Bandes haben sich bereits die beiden mittleren Incisivi genähert (■ Abb. 15.5).



■ Abb. 15.2 Atraumatisches Schneiden mit dem Diodenlaser



■ Abb. 15.4 Weitestgehend abgeschlossene Wundheilungsphase nach 14 Tagen



■ Abb. 15.3 Frühe Abheilungsphase nach 7 Tagen



■ Abb. 15.5 Nach 4 Wochen ist die Ausbildung eines Vestibulums in der Oberkieferfront in der Gegend des ehemaligen Lippenbands und bereits ein beginnendes Schließen der Lücke 11–21 zu beobachten

15.12.2 Fallbeispiel 2: Laserablation bei Papillomatose

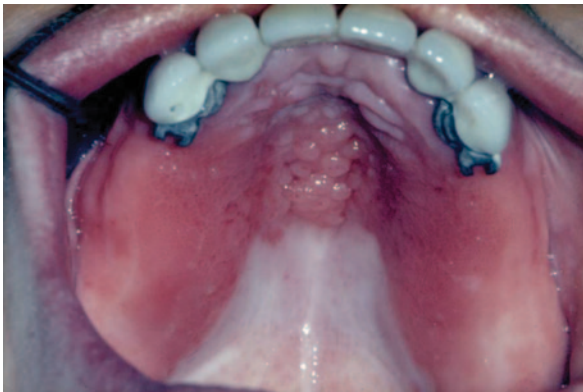
Diagnose Stomatitis prothetica mit ausgedehnter Papillomatose am harten Gaumen verursacht durch ungeeignete insuffiziente herausnehmbare Prothese bei einer 40-jährigen Patientin (■ Abb. 15.6, ■ Abb. 15.7).

Indikation Es bestand eine Indikation zur flächenhaften Abtragung der Papillomatose am harten Gaumen mittels CO₂-Laser.

Praktisches Vorgehen Nach einwöchiger Prothesenkaenz erfolgt in Lokalanästhesie die flächige Laserablation mit CO₂-Laser (Nova puls) im defokussierten Strahlaustritt (■ Abb. 15.8, ■ Abb. 15.9).



■ Abb. 15.6 Insuffiziente herausnehmbare schleimhautgetragene Prothese



■ Abb. 15.7 Stomatitis prothetica mit Papillomatose am harten Gaumen

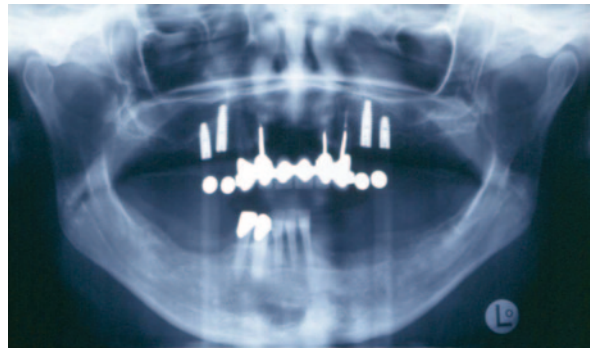


■ Abb. 15.8 Ablation der Papillomatose mit CO₂-Laser Nova puls



■ Abb. 15.9 Zustand unmittelbar nach der Laserablation

Nachbehandlung Unmittelbar nach der Laserbehandlung erfolgt eine weitere Woche Prothesenkarenz und Abdeckung der Wundfläche mit Kamistad-Gel nach den Mahlzeiten über 2 Wochen zur Wundabheilung (■ Abb. 15.10, ■ Abb. 15.11).



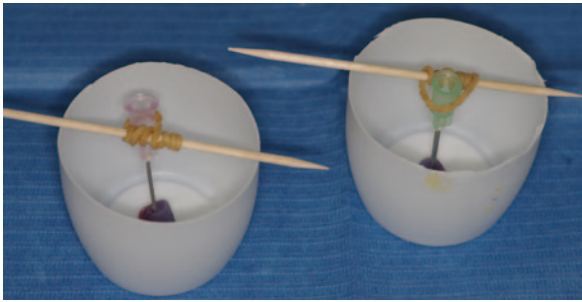
■ Abb. 15.10 Gaumenfreie implantatgestützte Versorgung (Röntgenbild)



■ Abb. 15.11 Klinisches Bild der gaumenfreien festsitzenden implantatgestützten Versorgung

15.12.3 Fallbeispiel 3: Minimalinvasive laserunterstützte chirurgische Alternative zur chirurgischen Therapie einer Malformation der Lippe

Diodenlaserlicht der Wellenlänge von 810 nm absorbiert hervorragend auf dunkle Oberflächen, somit auch auf Blut. Eine Anwendung bei Hämangiomen im Sinn einer – im Idealfall – kontrollierten thermischen Koagulation ist somit denkbar. Bei anderen Laserwellenlängen, die seit Jahren zur Therapie von Hämangiomen eingesetzt werden (Nd:YAG-/CO₂-/Argon-/Gelblichtlaser), wird oftmals über Gewebenekrosierungen und postoperative Nekrosen nach Laseranwendung berichtet. Diese Folgen sind bei Geweben im ästhetisch relevanten Bereich, zu denen die Lippe zweifellos gehört, unerwünscht und werden von Patienten kritisch hinterfragt.



■ **Abb. 15.12** Einwegfaserhalter, der mittels eines Zahnstochers und Gummiringen platziert wird. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)



■ **Abb. 15.13** Auffüllen mit Wasser und das Gefrieren des Kombiblocks im Eisschrank. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)

Zentrale Idee der vorliegenden diodenlaserunterstützten Therapie von Hämangiomen der Lippe ist, die gute Absorption von Diodenlaserlicht der Wellenlänge von 810 nm mit einer gleichzeitigen Kühlung mittels eines Eisblocks zu kombinieren, um die beschriebenen Nebenwirkungen möglichst gering zu halten bzw. im Idealfall zu verhindern.

■ Anfertigung des Eis-Faserhalter-Kombiblocks

Die Anfertigung des Eisblocks sollte in einer idealen Größe und Form erfolgen. Unseren Erfahrungen zufolge lässt sich dies recht einfach mit dem unteren (abgeschnittenen) Teil eines Trinkbehältnisses für probiotische Drinks erzielen.

Um die Faser durch diesen Eisblock führen zu können, muss ein Einwegfaserhalter (Durchmesser der einzusetzenden Faser muss passen!) mittels eines Zahnstochers und Gummiringen so platziert werden, dass dessen Spitze Kontakt zum Boden hat. Dann erfolgen das Auffüllen mit Wasser und das Gefrieren des Kombiblocks im Eisschrank (■ Abb. 15.12, ■ Abb. 15.13).



■ **Abb. 15.14** Präoperative »Ankühlungsphase« 10 min vor der Laseranwendung. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)



■ **Abb. 15.15** Ausgangsbefund des Hämangioms der Lippe. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)

Für die präoperative »Ankühlungsphase«, welche ca. 10 min vor der Laseranwendung erfolgen sollte, empfiehlt sich die Anfertigung eines 2. (ggf. 3.) Eisblocks ohne Faserhalter (■ Abb. 15.14).

Die bauchige Form des Blockes schmiegt sich in idealer Weise der Lippenkonfiguration an.

■ Klinische Anwendung

Die ■ Abb. 15.15 und ■ Abb. 15.16 zeigen den Ausgangsbefund des Hämangioms der Lippe. Im Vorfeld der laserunterstützten chirurgischen Anwendung werden rund um das Hämangiom kleine Lokalanästhesiedepots (ca. $8 \times 0,1$ ml) gesetzt. Bei kleineren Hämangiomen kann diese Zahl geringfügig nach unten korrigiert werden (bei sehr großen Hämangiomen der Lippe sollte dieses Verfahren nicht zur Anwendung kommen).

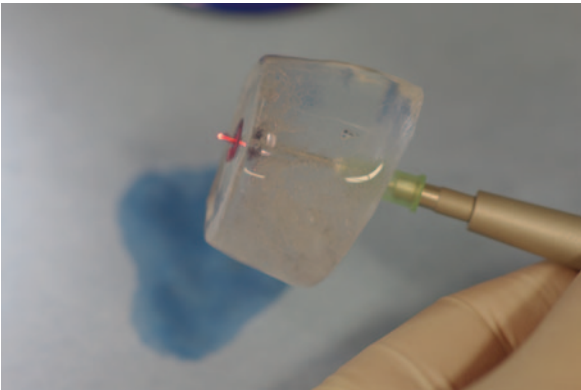
Direkt nach der Lokalanästhesie erfolgt eine 10-minütige Kühlung des Gebiets (möglichst Hämangiom-flächendeckend) mit dem faserlosen Eisblock. Dieser wird gewechselt, der Eisblock mit dem integrierten Faserhalter



■ **Abb. 15.16** Ausgangsbefund des Hämangioms der Lippe. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)



■ **Abb. 15.19** Postoperativer Status. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)



■ **Abb. 15.17** Faser mit 400 µm Durchmesser. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)



■ **Abb. 15.20** Status 7 Tage nach Behandlung. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)



■ **Abb. 15.18** Hämangiom nach Abschluss der Behandlung. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)

wird möglichst bündig auf das Hämangiom aufgesetzt und die Laserfaser durchgeschoben.

Es folgt die Laserlichtapplikation. Die Faser durchdringt die Lippenoberfläche und wird bis maximal 5 mm

in das Hämangiom unter Laserlichtapplikation eingeführt. Im Idealfall ist die Endposition der Faser die »Mitte« der Ausdehnung des Hämangioms. Nach 10-sekündiger Laserlichtapplikation wird die Faser herausgezogen, der Eisblock etwas verrutscht, und es erfolgt das gleiche Prozedere an einer noch nicht bearbeiteten Stelle des Hämangioms.

Als für diese Anwendung geeignet herausgestellt haben sich Fasern mit 400 µm Durchmesser. Diese stellen einen guten Kompromiss zwischen zu erzielender Flächenwirkung und möglichst geringem Gewebetrauma dar. Die Behandlung ist dann beendet wenn das Hämangiom möglichst in seiner gesamten Maximalausdehnung berücksichtigt wurde (■ Abb. 15.17, ■ Abb. 15.18).

Um eine ständige optimale Abdeckung des Hämangioms zu gewährleisten, ist die Verfügbarkeit eines zweiten Eisblocks mit Faserhalter als Reserve empfehlenswert.

Die ■ Abb. 15.19 zeigt den direkt postoperativen Status, ■ Abb. 15.20 den nach 7 Tagen und letztendlich ■ Abb. 15.21 die 4-Wochen-Kontrolle.



■ **Abb. 15.21** Status 4 Wochen nach Behandlung. (Aus Bach 2011; mit frdl. Genehmigung)

■ Fazit

Die vorgestellte Kombinationstherapie bestehend aus simultaner Kühlung bei Laserlichtapplikation im Rahmen der Therapie eines Hämangioms der Lippe stellt eine hochwertige Alternative zu bereits etablierten Verfahren dar. Es ist in der Anwendung recht einfach und zeichnet sich durch geringe postoperative Beschwerden (geringe Schmerzen/Schwellung, sehr geringe Narbenbildung) aus.

Die weite Verbreitung von Diodenlasern in zahnärztlichen, oral- und kieferchirurgischen Praxen unterstützt die Verfügbarkeit dieser therapeutischen Anwendung. Deren Limitation ist bei ausgedehnten, großen Hämangiomen zu finden.

Literatur

- Bach G (2011) Diodenlaserunterstützte Kombinationstherapie eines Hämangioms – Minimalinvasive Alternative zur chirurgischen Therapie einer Lippenmalformation. *Laser Journal* 2: 18–21
- Bach G, Neckel C, Mall C, Krekeler G (2000) Conventional versus laser-assisted therapy of periimplantitis: a five-year comparative study. *Implant Dent* 9(3): 247–251
- Deppe H, Horch HH, Donath K (1999) Experimentelle Studie zur laser-assistierten Periimplantitistherapie. *Zahnärztl Implantol* 5: 97–104
- Keller U, Hibst R (1989) Experimental studies of the application of the Er:YAG laser on dental hard substances. *Laser Surg Med* 9(4): 345–351
- Keller U, Hibst R (1993) Lasereinsatz in der Kariestherapie. In: *Laser-Praxis*, Göggingen
- Schwarz F, Sculean A, Berakdar M, Georg T, Reich E, Becker J (2003) Periodontal treatment with an Er:YAG laser or scaling and root planing. A 2-year follow-up split-mouth study. *J Periodontol* 74(5): 590–596

Weiterführende Literatur

- Bach G (1998) Atraumatische Schnittführung für die orale Implantologie mit einem Diodenlaser. *Laser-Journal* 2/98: 25–26

- Bach G (2007) *Laser Zahnheilkunde*. SPITTA, Balingen
- Bach G, Krekeler G (1995) Unsere ersten Erfahrungen mit einem Dioden-Hardlaser. Studie, Freiburg
- Bach G, Mall C (1998) Konventionelle versus laserunterstützte Therapie der Periimplantitis im Vierjahresvergleich. *Dentale Implantologie* 5/98: 108–115
- Bach G, Mall C, Krekeler G (1998) Konventionelle versus laserunterstützte Therapie marginaler Parodontopathien – ein Vierjahresvergleich. *ZMK* 4/98: 6–10
- Franzen R (2012) *Laserphysik für Zahnmediziner*. Eigenverlag
- Gutknecht N (2007) *Laser-Zahnheilkunde*. Quintessenz, Berlin
- Gutknecht N, Moritz A, Conrads G, Sievert T, Lampert F (1996) Bactericidal effect of the Nd:YAG laser in vitro root canals. *J Clin Laser Med Surg* 14(2): 77–80
- Keller U (1998) *Laser in der Zahnmedizin*. ZBW 7/98 (27)
- Moritz A (2005) *Orale Lasertherapie*. Quintessenz, Berlin
- Moritz A, Gutknecht N, Doertbudak O, Goharkhay K, Schoop U, Schauer P, Sperr W (1997) Bacterial reduction in periodontal pockets through irradiation with a diode laser: a pilot study. *J Clin Laser Med Surg* 15(1): 33–37
- Myers TD (1991) Lasers in Dentistry. *JADA* 122(1): 47
- Romanos G (1999) *Atlas der chirurgischen Laserzahnheilkunde*. Urban & Fischer, München
- Romanos GE, Renner PJ, Everts H, Nentwig GH (1998) Veränderung an der Wurzeloberfläche frisch extrahierter Zähne nach Anwendung eines Nd:YAG-Lasers – Eine in-vitro-REM-Untersuchung. *Quintessenz* 49(5): 497–500

Kühltechniken

S. Hammes

- 16.1 Einführung – 190**
- 16.2 Übersicht – 190**
- 16.3 Kontaktkühlung – 190**
- 16.4 Kontaktlose Kühlung – 190**
 - 16.4.1 Flüssiger Stickstoff – 191
 - 16.4.2 Halogenierte Kohlenwasserstoffe – 191
 - 16.4.3 Kaltluft – 191
- 16.5 Problemstellungen, Entwicklungen, Aussichten – 191**
- 16.6 »Take Home Messages« – 192**
 - Literatur – 193**

Das Kapitel stammt aus Raulin C, Greve B (Hrsg) Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin (s. Hammes 2003); mit frdl. Genehmigung von Schattauer, Stuttgart.

H.-R. Metelmann, S. Hammes (Hrsg.), *Lasermedizin in der Ästhetischen Chirurgie*, DOI 10.1007/978-3-642-34936-2_16, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

- Kühlverfahren in der ästhetischen Lasertherapie ermöglichen Analgesie und Protektion der Epidermis.
- Es werden Kontaktkühlverfahren und kontaktlose Kühlverfahren unterschieden.
- Als Kühlmittel werden Flüssigkeiten, Festkörper und Gase verwendet.
- Die Auswirkungen von additiven Kühlverfahren auf die Clearance sind Gegenstand aktueller Forschungen.

16.1 Einführung

Schon in der Antike waren Schnee und Eis als Therapiemittel bekannt. Bereits Hippokrates von Kos (460–377 v. Chr.) empfiehlt in seinen Schriften kalte Getränke zur Fieberbekämpfung sowie das Auflegen von kalten Umschlägen und Eisstücken zur Linderung von Gichtschmerzen und Verbrennungserscheinungen. Heute ist die Kältherapie in der Rheumatologie, Orthopädie, Sportmedizin und der Neurologie unentbehrlicher Bestandteil der täglichen Behandlung (Ott 1991). Das Ziel sind hierbei tiefliegende Gewebestrukturen. Seit einiger Zeit wird auch in der ästhetischen Lasertherapie der Kälteanwendung als Additivum zunehmend Beachtung geschenkt (Gilchrest et al. 1982; Zenzie et al. 2000; Raulin u. Greve 2003). Die Intentionen dabei sind:

- Analgesie, durch die die Behandlung für den Patienten weniger unangenehm wird,
- thermische Protektion der Epidermis, die den Einsatz höherer therapeutischer Energiedichten erlaubt.

Im Gegensatz zu den klassischen Anwendungsgebieten sollen hierbei im Idealfall die Epidermis gekühlt und gleichzeitig tiefliegende Strukturen sowie der Laserstrahl unbeeinflusst gelassen werden (Berlien et al. 1987, Adrian 1995, Althshuler et al. 1999).

16.2 Übersicht

Bei den Kontaktkühlungen wird das meist flüssige oder feste Kältemittel in unmittelbarem Hautkontakt gebracht. Hierzu zählen:

- Befeuchtung der Haut (Verdunstungskälte),
- Aufbringen von Kühlelementen (direkte Kühlung),
- Auflegen von Eis(-Gel) (direkte Kühlung und Verdunstungskälte),
- Anwendung von Kälteleitern, z. B. »Chilled-Tip™-Handstück« für den langgepulsten KTP-Nd:YAG-Laser, »Metallkühlfinger« für den Rubinlaser, Saphirlinse beim Diodenlaser (direkte Kühlung).

Bei der kontaktlosen Kühlung wird durch ein geeignetes gasförmiges Medium die Kälte auf die Haut übertragen. Beispiele hierfür sind:

- Kühlung mit Kaltluft,
- Kühlung mit anderen kalten Gasen, insbesondere flüssigem Stickstoff.

Die Anwendung von Kältesprays (Dynamic Cooling Device, DCD), meist halogenierter Kohlenwasserstoffe, nimmt eine Zwischenstellung ein, da sowohl eine Kontaktphase als auch eine kontaktlose Phase auftreten.

16.3 Kontaktkühlung

Gefrorenes Ultraschallgel ist leicht anzuwenden und gut wirksam. Dabei wird die Haut für einige Sekunden mit dem festen Gel bestrichen und anschließend behandelt. Nachteilig hierbei ist, dass die Kühlwirkung schnell nachlässt und die Therapie häufig unterbrochen werden muss. Weiterhin sind Wirkverluste durch die reflektierende Oberfläche möglich.

Chess und sein Team (Chess u. Chess 1993) setzten einen Eiswasseraufsatz ein. Die Autoren geben an, dass durch senkrechtes Halten des Laserhandstücks nicht mit Refraktionsverlusten zu rechnen ist. Dies ist aber fraglich, da mehrere Grenzflächen zu durchdringen sind. Andere Autoren benutzten ein gekühltes Glasaufsatzstück (Adrian u. Tanghetti 1998; Tiel et al. 1998). Auch hier sind optische Verluste (Beschlagen, Reflexion, Streuung) zu erwarten, ebenso bei der Verwendung von Eiswürfeln, durch die der Laserstrahl appliziert wird. Zusätzlich besteht die Möglichkeit von Intensitätsverlusten durch eingeschlossene Luftbläschen.

Die Kühlwirkung bei Kontaktkühlungen kann nach Kauvar et al. (2002) durch die zusätzliche Verwendung eines Kopplungsgels verbessert werden.

In allen Fällen ist das Zielgebiet nicht unmittelbar einsehbar. Die Beurteilbarkeit wird durch die mechanische Kompression der Haut verschlechtert. Inwieweit diese theoretischen Nachteile im praktischen Einsatz zu einer geringeren Wirksamkeit der Laserbehandlung führen, kann noch nicht bewertet werden.

16.4 Kontaktlose Kühlung

Kontaktlose Kühlmethode haben den Vorteil, dass kein Medium den Verlauf des Laserstrahls behindert. Insbesondere entfällt eine Grenzfläche, die meist zu Streuungs-, Transmissions- und Reflexionsverlusten führt. Weiterhin ist ein für Behandler und Patienten angenehmeres und

schnelleres Arbeiten möglich, da keine Substanzen auf die Haut appliziert werden müssen.

Ein besonderer Vorteil der kontaktlosen Kühlmethoden ist die Unabhängigkeit von der Topographie. Bereiche ohne ebene Oberfläche (z. B. Fingergelenke, tiefe Falten), Schleimhäute oder Körperöffnungen wie Mundhöhle, Ohren oder Nase sind mit Kontaktkühlungen schlecht oder gar nicht zu behandeln.

Eine Kompression der Haut findet nicht statt. Dies kann bei oberflächlichen vaskulären Läsionen von Bedeutung sein. Wenn andererseits Strukturen zu therapeutischen Zwecken komprimiert werden sollen wie bei voluminösen Hämangiomen kann wiederum der Einsatz einer Kontaktkühlung von Vorteil sein (Werner et al. 1992, 1995).

16.4.1 Flüssiger Stickstoff

Die Kühlung mit flüssigem Stickstoff ist bereits seit längerem bekannt. Der Vorteil tiefer Temperaturen kann sich jedoch ins Gegenteil verkehren, da prinzipiell die Gefahr von Hautschäden durch Erfrierungen besteht.

16.4.2 Halogenierte Kohlenwasserstoffe

In der Literatur wurde mehrfach die Verwendung von halogenierten Kohlenwasserstoffen in Form von Kältesprays beschrieben (Dichlor-Difluor-Methan, 1,1,1,2-Tetrafluor-Ethan) (Nelson et al. 1995; Waldorf et al. 1997; Kelly et al. 1999; Pfefer et al. 2000; Chang et al. 2001; Majaron et al. 2001a; Kelly et al. 2002). Sie nehmen eine Zwischenstellung ein, denn zunächst wird das noch flüssige Medium auf die Haut appliziert. Dann geht es zeitlich verzögert in die gasförmige Phase über.

Torres et al. (2001) beschreiben ein Persistieren des Kryogensprayfilms auf der Haut über mehrere 100 ms, was Interaktionen mit dem Laserstrahl vermuten lässt. Durch den zusätzlichen Einsatz eines Luftstroms konnte die Verdampfungszeit auf die Dauer des Kryogenstoßes begrenzt werden. Hirsch et al. (2002) berichten über erfrierungsbedingte Hypopigmentierungen nach Applikation von Kryogenspray aufgrund der langen Verweildauer auf der Haut. Die Bildung von Reif aus Umgebungsfeuchte nach Verdunsten des Kryogenfilms kann nach Majaron et al. (2001a,b) die Kühlwirkung reduzieren.

Ein In-vitro-Vergleich von Kältespray und Kontaktkühlungen ergab ein identisches Kühlprofil in der Haut. Inwieweit dies auf Prozesse in vivo übertragbar ist, bleibt offen. Bei den Kältesprays zeigten sich zwar eine gute Verträglichkeit und verringerte Schmerzhaftigkeit, allerdings sind halogenierte Kohlenwasserstoffe aus ökologischen Erwägungen zurückhaltend zu bewerten.

16.4.3 Kaltluft

Eine innovative Therapieform unter den kontaktlosen Kühlmethoden ist dosiert angewendete Kaltluft zwischen -20 und -30°C (Raulin et al. 2000). Die Gefahr von Kälteschäden ist durch die höhere Minimaltemperatur geringer als bei der Anwendung von flüssigem Stickstoff. Wichtig ist eine effektive Adaption des Lufttransportschlauchs an das Laserhandstück. Für einige Lasertypen liegen einsatzbereite Adapter vor, weitere sind in Entwicklung.

Knollmann u. Berliner (1990) wiesen nach, dass die Absenkung der Hauttemperatur durch Kaltluft (45 % des Ausgangswerts) der durch Eisgel (49 %) und durch flüssigen Stickstoff (41 %) vergleichbar ist. Das Laser-Doppler-Signal zeigte, dass die Hautdurchblutung bei den gegenübergestellten Methoden gleichermaßen um etwa 40 % sank. Danach ist die Kaltlufttherapie zumindest hinsichtlich dieser objektiven Parameter den Vergleichsverfahren ähnlich. Von Kröling u. Mühlbauer (1992) wurde durch elektromyographische Untersuchungen am Epicondylus humeri radialis nachgewiesen, dass die Schmerzschwelle nach Anwendung von Kaltluft erheblich rascher und stärker ansteigt als nach der von flüssigem Stickstoff und Eisgel. Nach Biesman et al. (2002) ermöglichte der Einsatz von Kaltluft im Tiermodell deutlich höhere Energiedichten mit einem 810-nm-Diodenlaser als bei Kühlung durch einen Saphiraufsatz (150 J/cm^2 vs. 75 J/cm^2).

Die Akzeptanz der Kaltluft bei den Patienten ist sehr hoch, wie sich in eigenen Studien zeigte (Raulin et al. 2000; Greve et al. 2001). Auch in anderen Untersuchungen bestätigte sich die gute Verträglichkeit der Methode.

Durch die Analgesie der Kaltluft konnten durchschnittlich 15–30 % höhere Energiedichten verwendet werden. Die Nebenwirkungsrate der Laseranwendung war dennoch geringer. Bei der Beurteilung des Therapieergebnisses konnten keine signifikanten Veränderungen beobachtet werden. Für den Behandler ist die Therapie unter Kaltluft einfacher, sicherer und angenehmer. Es kann schneller gearbeitet werden. Das Zielareal ist ständig einsehbar, und es entstehen keine Verunreinigungen der Laserhandstücke und Schutzvorrichtungen (Raulin et al. 2000).

16.5 Problemstellungen, Entwicklungen, Aussichten

Bisher ist noch keine Langzeituntersuchung zur Auswirkung der Kältetherapie in Bezug auf das Ergebnis von ästhetischen Laserbehandlungen durchgeführt worden. Bei unseren Patienten ist es auch bei unveränderten Energiedichten nicht zu einer signifikanten Wirkungsabschwächung gekommen (■ Abb. 16.1). Jedoch ist u. a. eine



Abb. 16.1 a Naevus flammeus unmittelbar nach Therapie mit dem gepulsten Farbstofflaser (1/00). Der obere Anteil wurde mit, der untere ohne Kühlung behandelt. b Patient nach 3 Tagen. Im gekühlten Teil deutlich weniger Purpura. c Zustand nach 4 Wochen (2/00). Kein Unterschied im Behandlungsergebnis. (Aus Hammes 2003; mit frdl. Genehmigung)

Aufhellung der Haut durch die Kühlung erkennbar. Dies könnte theoretisch die Ergebnisse bei der Farbstofflasertherapie z. B. von Teleangiektasien negativ beeinflussen.

Greve et al. (2001) zeigten, dass Kaltluftanwendung in 84 % der Fälle keine Verringerung, sondern in 15 % der Fälle sogar eine Erhöhung der Clearancerate bei der Therapie von Feuermalen mit dem Farbstofflaser verursachte.

Durch die höheren möglichen Energiedichten unter Kaltluftkühlung bei der Behandlung von Feuermalen ist auch nach einer Untersuchung von Hammes et al. (2007) bei gesteigertem Behandlungskomfort im Mittel eine bessere Clearance möglich. Ähnliche Ergebnisse fanden Hammes u. Raulin (2005) bei der Behandlung von Teleangiektasien des Gesichts.

Auch beim Skin-Resurfacing mit dem CO₂-Laser wurde in einer prospektiven Studie im Seitenvergleich unter Kaltluftkühlung eine deutlich erhöhte Patientenzufriedenheit bei unveränderter Clearance nachgewiesen (Raulin u. Grema 2004).

Chang et al. (2001) erreichten bei der Behandlung von Hämangiomen mittels eines hochenergetischen Farbstofflasers (585 nm, 9–10 J/cm²) und Kryogenkühlung eine Reduktion der Anzahl der Sitzungen und eine Verbesserung der Clearancerate. Majaron et al. (2001a) berichten über eine nur minimale Verschlechterung der Therapieergebnisse beim Einsatz von Kryogenspray im Rahmen eines Er:YAG-Skin-Resurfacings.

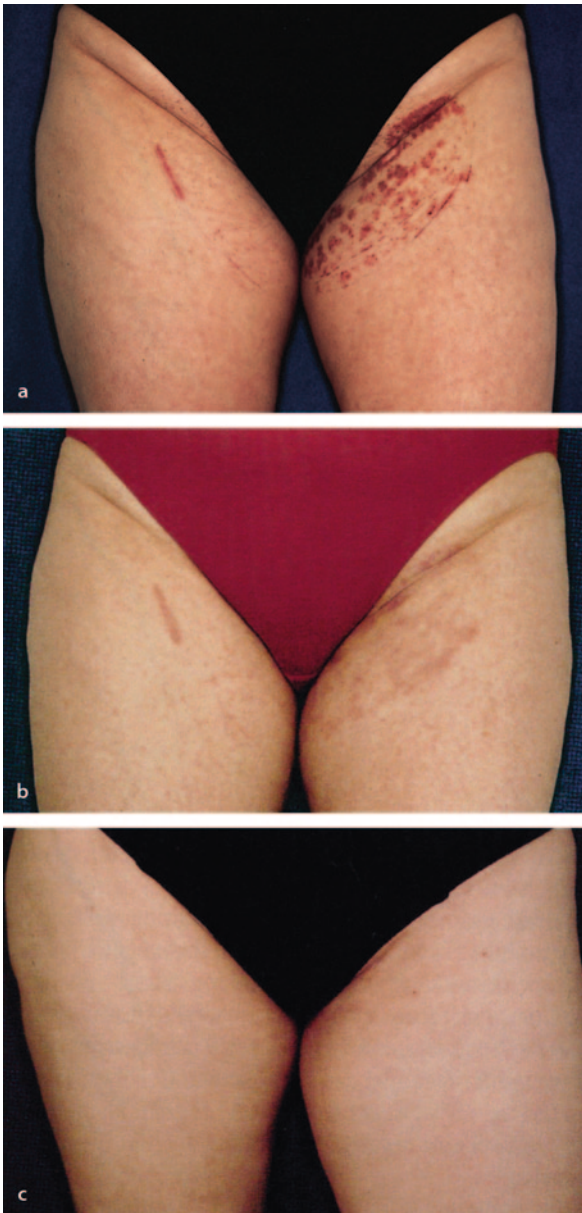
Der Effekt von Kühlverfahren auf den therapeutischen Erfolg scheint vom notwendigen Temperaturgradienten (ΔT) der Zielstruktur abhängig zu sein. Je größer ΔT in Relation zur Temperaturabsenkung T_k der Zielstruktur ist, desto geringer ist die potenziell negative Auswirkung einer additiven Kühlung. So ist bei der Behandlung von Tätowierungen ΔT ungefähr 1 000 °C. Eine T_k von etwa 20 °C ist im Verhältnis zu ΔT sehr klein und daher zu vernachlässigen. Bei der Therapie von Gefäßveränderungen (ΔT ca. 40 °C) ist der Quotient $\Delta T/T_k$ sehr klein und daher evtl. eine negative Auswirkung auf das Ergebnis zu erwarten.

Ein weiterer Einflussfaktor bei der Clearancebewertung ist die Lage der Zielstruktur in der Haut. Je oberflächlicher sie liegt, desto anfälliger ist sie für Temperaturveränderungen. So sind superfizielle Gefäße in Form von essenziellen Teleangiektasien weitaus temperatursensibler als in der Tiefe liegende Haarfollikel.

Die thermische Protektion der Epidermis zeigt sich in der trotz erhöhter Energiedichten gleichbleibenden oder sogar gesunkenen Nebenwirkungsrate (Greve et al. 2001). Fehlerhafte oder fehlende Anwendung von Kühlverfahren kann jedoch zu Behandlungsfehlern führen (Abb. 16.2).

16.6 »Take Home Messages«

Zusammenfassend ist die analgetische Kälteanwendung in der ästhetischen Lasertherapie mittlerweile als eine unverzichtbare und bei Patienten wie Behandlern akzeptierte Methode einzustufen. Weitere prospektive Untersuchungen sind notwendig, um zu klären, ob durch die höheren möglichen Energiedichten neben der besseren Verträglichkeit auch bessere Ergebnisse zu erwarten sind.



■ **Abb. 16.2** a Krustenbildung am linken Oberschenkel nach Photoepilation mit dem langgepulsten Alexandritlaser (3/00). Auf der linken Seite wurde ohne, auf der rechten mit Kaltluftkühlung therapiert. b Partielle Rückbildung der Hautirritationen 2 Wochen nach der Behandlung (3/00). c Zustand 8 Wochen nach der Behandlung. Vollständige Rückbildung der Hautirritationen (5/00). (Aus Hammes 2003; mit frdl. Genehmigung)

Literatur

Adrian RM (1995) Cutaneous cooling facilitated high fluence pulsed dye laser therapy of port wine stains. *Lasers Surg Med* 6: 76
 Adrian RM, Tanghe EA (1998) Long pulse 532-nm laser treatment of facial telangiectasia. *Dermatol Surg* 24: 1–4

Altshuler GB, Zenzie HH, Erofeev AV, Smirnov MZ, Anderson RR, Dierickx C (1999) Contact cooling of the skin. *Phys Med Biol* 44: 1003–1023
 Berlien HP, Waldschmidt J, Müller G (1987) Laser treatment of cutan and deep vessel anomalies. In: Waidelich W, Waidelich R (Hrsg) *Laser 87 – Optoelectronics in medicine*. Springer, Berlin, S 526–528
 Biesman BS, Chang D, Richards S, Reinisch L (2002) A comparison of cold air vs. a thermoelectrically cooled sapphire window for epidermal protection. *Lasers Surg Med (Suppl. 14)*: 36
 Chang CJ, Kelly KM, Nelson JS (2001) Cryogen spray cooling and pulsed dye laser treatment of cutaneous hemangiomas. *Ann Plast Surg* 46: 577–583
 Chess C, Chess Q (1993) Cool laser optics treatment of large telangiectasia of the lower extremities. *J Dermatol Surg Oncol* 19: 74–80
 Gilchrist BA, Rosen S, Noe JM (1982) Chilling port wine stains improves the response to argon laser therapy. *J Plast Reconstr Surg* 69: 278–283
 Greve B, Hammes S, Raulin C (2001) The effect of cold air cooling on 585 nm pulsed dye laser treatment of port-wine stains. *Dermatol Surg* 27: 633–636
 Hammes S (2003) Kühlverfahren. In: Raulin C, Greve B (Hrsg) *Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin*, 2. Aufl. Schattauer, Stuttgart, S 165–168
 Hammes S, Raulin C (2005) Evaluation of different temperatures in cold air cooling with pulsed-dye laser treatment of facial telangiectasia. *Lasers Surg Med* 36(2): 136–140
 Hammes S, Roos S, Raulin C, Ockenfels HM, Greve B (2007) Does dye laser treatment with higher fluences in combination with cold air cooling improve the results of port-wine stains? *J Eur Acad Dermatol Venereol* 21(9): 1229–1233
 Hirsch RJ, Farinelli WA, Anderson RR (2002) A closer look at dynamic cooling. *Lasers Surg Med (Suppl. 14)*: 36
 Kauvar AN, Frew KE, Friedman PM, Geronemus RG (2002) Cooling gel improves pulsed KTP laser treatment of facial telangiectasia. *Lasers Surg Med* 30: 149–153
 Kelly KM, Nelson JS, Lask GP, Geronemus RG, Bernstein LJ (1999) Cryogen spray cooling in combination with nonablative laser treatment of facial wrinkles. *Arch Dermatol* 135: 691–694
 Kelly KM, Nanda VS, Nelson JS (2002) Treatment of port-wine stain birthmarks using the 1.5-msec pulsed dye laser at high fluences in conjunction with cryogen spray cooling. *Dermatol Surg* 28: 309–313
 Knollmann BC, Berliner M (1990) Vergleichende Untersuchung zur Wirkung von drei verschiedenen Formen der Cryotherapie (Cryogelbeutel, Kaltluft und kalter Stickstoff) auf Hauttemperatur und Hautdurchblutung gesunder Probanden. *Z Phys Med Baln Med Klim* 19: 225
 Kröling P, Mühlbauer M (1992) Einfluß von Eisbeutel, Kaltluft und N₂-Kaltgas auf die gelenknahe elektrische Schmerzschwelle. *Phys Rehab Kur Med* 2: 1–6
 Majaron B, Kelly KM, Park HB, Verkruysse W, Nelson JS (2001a) Er:YAG laser skin resurfacing using repetitive long-pulse exposure and cryogen spray cooling: I. Histological study. *Lasers Surg Med* 28: 121–30
 Majaron B, Kimel S, Verkruysse W, Aguilar G, Pope K, Svaasand LO, Lavernia EJ, Nelson JS (2001b) Cryogen spray cooling in laser dermatology: effects of ambient humidity and frost formation. *Lasers Surg Med* 28: 469–476
 Nelson JS, Milner TE, Anvari B, Tanenbaum BS, Kimel S, Svaasand LO, Jacques SL (1995) Dynamic epidermal cooling during pulsed laser treatment of port wine stains. *Arch Dermatol* 131: 695–700

- Ott KD (1991) Kaltlufttherapie. *Physiotherapie* 82: 231–232
- Pfefer TJ, Smithies DJ, Milner TE, van Gemert MJC, Nelson JS, Welch AJ (2000) Bioheat transfer analysis of cryogen spray cooling during laser treatment of port wine stains. *Lasers Surg Med* 26: 145–157
- Raulin C, Grema H (2004). Single-pass carbon dioxide laser skin resurfacing combined with cold-air cooling: efficacy and patient satisfaction of a prospective side-by-side study. *Arch Dermatol* 140(11): 1333–1336
- Raulin C, Greve B (2003) Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin. Schattauer, Stuttgart
- Raulin C, Karsai S (2013). *Lasertherapie der Haut*. Springer, Berlin
- Raulin C, Greve B, Hammes S (2000) Cold air in laser therapy: First experiences with a new cooling system. *Lasers Surg Med* 27: 404–410
- Tiel H, Drosner M, Hebel T, Raulin C (1998) New cooling technique for pulsed lasers or intensive light sources. *Lasers Surg Med* 22 (Suppl. 10): 77
- Torres JH, Tunnell JW, Pikkula BM, Anvari B (2001) An analysis of heat removal during cryogen spray cooling and effects of simultaneous airflow application. *Lasers Surg Med* 28: 477–486
- Waldorf HA, Alster TS, McMillan K, Kauvar AB, Geronemus RG, Nelson JS (1997) Effect of dynamic cooling on 585-nm pulsed dye laser treatment of port wine stain birthmarks. *Dermatol Surg* 23: 657–662
- Werner JA, Lippert BM, Godbersen GS, Rudert H (1992) Die Hämangiombehandlung mit dem Neodym:Yttrium-Aluminium-Granat-Laser (Nd:YAG-Laser). *Laryngo Rhino Otol* 71: 388–395
- Werner JA, Lippert BM, Hoffmann P, Rudert H (1995) Nd:YAG laser therapy of voluminous hemangiomas and vascular malformations. *Adv Otorhinolaryngol* 49: 75–80
- Zenzie HH, Altshuler GB, Smirnov MZ, Anderson RR (2000) Evaluation of cooling methods for laser dermatology. *Lasers Surg Med* 26: 130–134

Organisatorisches für die Laserpraxis

- Kapitel 17** **Praxismanagement und -marketing – 197**
M. Landsberg, H.-R. Metelmann, S. Hammes
- Kapitel 18** **Risikomanagement und Behandlungsfehler – 205**
S. Hammes, W. Kimmig
- Kapitel 19** **Ausgewählte Laser- und Plasmageräte – 215**
S. Hammes, H.-R. Metelmann, Firmenbeiträge
- Kapitel 20** **Ausgewählte Medikamente – 223**
S. Hammes, H.-R. Metelmann, Firmenbeiträge
- Kapitel 21** **Abrechnungsaspekte – 227**
S. Hammes, H.-R. Metelmann

Praxismanagement und -marketing

M. Landsberg, H.-R. Metelmann, S. Hammes

17.1 Einleitung – 198

17.2 Praxismanagement – 198

17.2.1 Einführung – 198

17.2.2 Welche Bereiche gehören zum Praxismanagement? – 198

17.3 Marketing – 199

17.3.1 Was ist Marketing? – 199

17.3.2 Aufgaben des Marketing – 199

17.3.3 Corporate Identity – 200

17.3.4 Analyse – 200

17.3.5 Umsetzung – 200

17.3.6 Werbe- & Marketingmaßnahmen – 201

17.3.7 Erfolgsanalyse – 202

17.3.8 »Ich-Marketing« in der Ästhetik – 202

17.4 »Take Home Messages« – 203

Der heutige Praxisinhaber muss Mediziner, Unternehmer, Praxismanager, Personalmanager und Marketingprofi in einer Person sein.

Ab einer bestimmten Größe der Praxis ist der Einsatz einer qualifizierten Führungskraft zur Entlastung der/des Ärztin/Arztes unumgänglich. Der/dem Praxismanagerin/Praxismanager werden Aufgaben verantwortlich übertragen, die weit über die allgemeine Praxisverwaltung hinausgehen.

17.1 Einleitung

Politische Vorgaben und Regularien im Gesundheitswesen führen zu einem Umdenken von niedergelassenen Ärzten. Gewinne sind nur noch durch die Einführung und auf der Grundlage eines modernen und wettbewerbsorientierten Praxismanagements und eines zeitgemäßen Marketingplans erzielbar. Organisations- und Kostenmanagement in der Arztpraxis sind die Schlüsselwörter, um den durch Gesundheitsreformen veränderten Rahmenbedingungen gerecht zu werden. Wirtschaftlichkeit und Gewinnorientierung spielen ebenso eine große Rolle wie das Ausüben des Heilberufs selbst.

Neben den weltweit bekannten Stärken bei uns Deutschen finden wir auch zu kritisierende Attribute wie z. B. die »Regelverliebtheit«. Für Schönheit und Erfolg gibt es eben keinen Rechtsanspruch, so wie der eine oder andere das gern hätte.

Die nachfolgende Zusammenfassung soll Ihnen einen Überblick zu den allgemeinen Grundlagen und Vorgehensweisen im Praxismanagement und marketing verschaffen.

Eine detaillierte Darstellung beider Themenbereiche mit all seinen Facetten und Ausprägungen ist einem Kapitel sicherlich nicht zu erzielen. Für eine tief greifende Veranschaulichung ist eine weitere Informationsbeschaffung und/oder Kontaktaufnahme zu themenrelevanten Dienstleistern mit spezieller Sachkenntnis aus dem komplexen Sachbereich Arztmanagement erforderlich.

17.2 Praxismanagement

17.2.1 Einführung

Die Beobachtungen der allgemeinen Entwicklungen im Gesundheitswesen zeigen deutlich, dass auch der Betrieb in einer Arztpraxis Veränderungen unterliegt. Der wirtschaftliche Druck auf den Praxisinhaber nimmt immer mehr zu, und es ist lange nicht mehr ausreichend, nur Heilbehandler zu sein. Der heutige Praxisinhaber muss

Mediziner, Unternehmer, Praxismanager, Personalmanager und Marketingprofi in einer Person sein.

Dass dies nicht vollständig zu realisieren ist und die Anforderungen allein nicht zu erfüllen sind, ist völlig klar, denn im Vordergrund des Handelns stehen immer noch die medizinische Versorgung von Patienten und somit das Erbringen von Leistungen, die den Erhalt der Praxis sichern. Neben den allgemeinen Fachkenntnissen im medizinischen Bereich, der weiteren Entwicklung hinsichtlich Behandlungsstrategien und Innovationen ist gerade der betriebswirtschaftliche Aspekt, die Praxis rentabel zu führen, nicht außer Acht zu lassen. Allein die medizinische Erfahrung ist zum Führen einer Praxis nicht mehr ausreichend.

Besonders betriebswirtschaftliche, aber auch marketingrelevante Elemente müssen in der Praxis integriert werden, um ein erfolgreiches Bestehen zu gewährleisten.

Damit die eigentliche Ausübung des Heilberufs nicht in den Hintergrund gerät, ist ab einer bestimmten Größe der Praxis der Einsatz einer qualifizierten Führungskraft zur Entlastung der Ärztin/des Arztes unumgänglich. Der Praxismanagerin/dem Praxismanager werden Aufgaben verantwortlich übertragen, die weit über die allgemeine Praxisverwaltung hinausgehen.

17.2.2 Welche Bereiche gehören zum Praxismanagement?

Grundlegend sind folgende Teilbereiche als Aufgaben im Praxismanagement definiert:

- Betriebswirtschaft
- Praxisorganisation
- Qualitätsmanagement
- Patientenmanagement/Kommunikation
- Personalmanagement
- Rechtsvorschriften
- Hygienemanagement
- EDV-Systeme
- Marketing/PR

Praxismanagement ist ein Thema geworden, mit dem sich Ärzte auseinander setzen müssen. Die Analyse und ggf. Nachbesserung zur Optimierung von Abläufen ist in jeder Arztpraxis zwingend erforderlich. Allen der aufgeführten Punkte muss zu Recht eine hohe Bedeutung beigemessen werden.

Patienten erwarten z. B. eine optisch einladende und gut organisierte Praxis, in der ein optimaler Service angeboten wird. Somit zählt es zu den elementaren Dingen, dass dem äußeren Erscheinungsbild der Praxis ein großes Augenmerk zuteil wird, da dies die entscheidende Visiten-

karte des Arztes darstellt. Nicht nur medizinische Qualifikationen und die Ausbildung des Arztes spielen eine große Rolle, sondern auch zunehmend andere Aspekte. Patienten können heutzutage auf diverse Informationsquellen zurückgreifen und sind mit modernen Behandlungsmethoden vertraut. Gleichzeitig haben sie große Erwartungen an die spezielle Fachkenntnis des Arztes und legen großen Wert auf das Erscheinungsbild der Praxis.

Nur ein Beispiel: Erfahrungsgemäß verbringt der Patient/Kunde im Gang zum Wartezimmer nur wenige Sekunden, während er im Wartezimmer mitunter Minuten bis Stunden verbringt. Wartezeiten sind für alle Parteien unangenehm, sollten aber in jedem Fall sinnvoll genutzt werden. Bekommt die oder der »Wartende« alle Informationen über Ihr Praxisangebot? Liegen die richtigen Flyer aus oder Monate bis Jahre alte abgegriffene Illustrierte? Wo hängen Ihre Zeugnisse? Im Gang, wo niemand sie liest, oder in dem Bereich, wo man wartet? Gehen Sie mit der Zeit? Hat der »Wartende« die Möglichkeit, im Internet zu surfen? Bieten Sie kostenfreies W-LAN an? Gibt es Ästhetikprodukte, die man im Wartezimmer gemütlich ausprobieren kann? Die Liste kann beliebig fortgesetzt werden, und die Möglichkeiten zur Verbesserung der Kundenzufriedenheit sind vielfältig.

Das Praxismanagement in der Gesamtheit führt zu vielfältigen positiven Effekten. Die Optimierung von Prozessen spart in der Regel Zeit und somit Geld. Den Verbrauch bestehender Ressourcen zu reduzieren, führt ebenfalls zur Kostenreduzierung. Nicht zu vernachlässigen ist die Zufriedenheit und Motivation des Personals, welches zu einem positiven Nebeneffekt auf die Qualität der Patientenversorgung führt (evtl. Provisionsregelung oder Leistungsprämien). Eine langfristige Mitarbeiter- und Kundenbindung wird erzielt, neue Patientengruppen werden generiert.

Der Einsatz einer qualifizierten Praxismanagerin/eines qualifizierten Praxismanagers stellt die Entlastung des Arztes von Routineführungsaufgaben sicher, sodass sich der Praxisinhaber voll und ganz auf die ärztliche Behandlung und Ergebnisqualität konzentrieren kann. Wie auch bei anderen Tätigkeiten unterscheidet sich allerdings auch das Aufgabengebiet einer Praxismanagerin/eines Praxismanagers grundlegend in Theorie und Praxis.

Für die Bewältigung aller oben aufgeführten Punkte wäre selbst ein 24-h-Arbeitstag zu wenig. Aus diesem Grund ist die Koordination und Übertragung der Aufgaben in verschiedene Positionen unabdingbar. Einige dieser Aufgaben können an bereits in der Praxis tätige Mitarbeiter delegiert werden. Für andere Teilbereiche sind ggf. externe, professionelle Dienstleister die bessere Lösung. Dies trifft insbesondere auf die zuletzt genannten Punkte (Praxis-EDV-Anwendungen & Marketing/PR) zu.

17.3 Marketing

17.3.1 Was ist Marketing?

Die allgemeine Definition von Marketing beschreibt den Grundgedanken einer konsequenten Ausrichtung des gesamten Unternehmens an den Bedürfnissen des Marktes. In wettbewerbsintensiven Märkten, zu denen nunmal auch eine Praxis mit dem Angebot der medizinischen Grundversorgung, aber auch von individuellen Gesundheitsleistungen und Selbstzahlerleistungen gehört, steht der Nachfrager, in diesem Fall also der Patient, im Zentrum der Unternehmensführung. Marketing stellt folglich eine grundlegende Haltung dar, in der die Beobachtung von Veränderungen und das Verstehen von Bedürfnissen des Nachfragers an erster Stelle steht, um Wettbewerbsvorteile und den Erhalt des Unternehmens zu sichern.

Die Frage ist nun jedoch, was erfolgreiches Marketing auszeichnet. Um dieser Sache auf den Grund zu gehen, muss man erst einmal verstehen, was Marketing überhaupt ist. Hierzu zählt natürlich nicht nur Werbung, denn Marketing ist ein wesentlich größerer Komplex, der z. T. wichtige Punkte des Praxismanagements beinhaltet und sich mit diesen auch verzahnt und überschneidet.

Marketing wird viel zu oft als Synonym für Werbung verstanden, was aber dem oben bereits erwähnten Grundgedanken des Marketings in keiner Weise gerecht wird. Neben betriebswirtschaftlichen Gesichtspunkten sind soziologische, psychologische und verhaltenswissenschaftliche Aspekte für ein erfolgreiches Marketing von größter Bedeutung. Marketing versteht sich eher als ganzheitliches Konzept, welches nur zum Erfolg führt, wenn es in der Praxis gelebt wird und kontinuierlich optimiert und erweitert wird.

Um Ihnen einen kurzen Einblick in verschiedene Aufgaben des Marketing zu geben, finden Sie nachfolgend eine Zusammenfassung verschiedener Punkte, die unbedingt für erfolgreiches Marketing zu beachten sind. Für erfolgreiches Marketing gibt es kein Patentrezept. Viel zu oft werden Einheitsrezepte angeboten, deren Umsetzung mehr Schaden als Nutzen hervorrufen kann.

Eine detaillierte Auseinandersetzung mit dem Umfeld der Praxis und Kunden, in diesem Fall Patienten, ist von größter Bedeutung.

17.3.2 Aufgaben des Marketing

Erfolgreiches Praxismarketing hat die Aufgabe, das Fortbestehen und den Erfolg einer Praxis nachhaltig zu sichern. Bei der Durchführung von Marketing ist es nicht notwendig, über alle theoretischen Grundlagen Bescheid

zu wissen. Viel wichtiger ist es, 2 wichtige Grundgedanken nie aus dem Auge zu verlieren:

1. Welchen Nutzen hat der Patient?
2. Welchen Nutzen hat die Praxis?

Schon in der Betrachtung dieser Punkte kann man objektiv zwischen guten und schlechten Aktionen unterscheiden und sich auf für beide Seiten gewinnbringende Aktivitäten konzentrieren.

Erfolgreiches Marketing für eine Praxis sollte auch schon viel früher beginnen, als es vielen überhaupt bewusst ist. Denn schon nach der Entscheidung, sich mit einer Praxis niederzulassen, sind wichtige Faktoren entscheidend. Allein die Standortanalyse und letztendlich Standortwahl sind entscheidende Kriterien für die Auswahl von Patientengruppen. Auch die Gestaltung des Leistungsspektrums sowie die Einrichtung einer Praxis sind feste Größen im Marketingkonzept.

Marketing definiert sich somit also nicht als Multiplikator einer Werbemaßnahme, sondern ist eher die Summe einer ganzen strategischen Unternehmensausrichtung.

17.3.3 Corporate Identity

Corporate Identity (CI) bezeichnet das Selbstbild oder die Identität eines Unternehmens. Für die Praxis hinsichtlich ihrer angebotenen Leistungen und den Praxisinhaber als Unternehmer sind in der Corporate Identity alle sich von anderen Unternehmen unterscheidenden Merkmale zusammengefasst. Zur Corporate Identity zählen 3 wesentliche Eckpfeiler, die im Folgenden kurz dargestellt werden:

1. Corporate Design (CD) wird als visuelle Identität eines Unternehmens verstanden. CD findet sich in der Gestaltung zahlreicher unternehmensrelevanter Merkmale wieder. Hierzu gehören z. B. Praxislogo, Arbeitskleidung, Briefbögen, Visitenkarten, Webauftritte und Einrichtung.
2. Corporate Communication (CC) beschreibt die gesamte Unternehmenskommunikation nach innen und nach außen. Dies findet Anwendung bei Werbemaßnahmen, Öffentlichkeitsarbeit, aber auch bei interner Kommunikation. Durch CC wird ein einheitliches Erscheinungsbild vermittelt und das damit verbundene Image eines Unternehmens bzw. der Praxis verstärkt.
3. Corporate Behaviour (CB) spiegelt das Verhalten eines Unternehmens bzw. der Praxis gegenüber dem Patienten, aber auch Partnern, Mitarbeitern und Lieferanten wieder. CB ist die Sichtweise auf ein Unternehmen von außen. Hier gibt es oft eine Realitätsverschiebung zwischen eigener Sichtweise, Richtlinien des Unternehmens und den realen Abläufen – be-

rühmte Situationen der »Eigenwahrnehmung – Fremdwahrnehmung«, die in allen Bereichen zu finden sind.

17.3.4 Analyse

Im Vorfeld jeder Konzeption steht eine umfangreiche Analyse. Dies beginnt, wie in ► Abschn. 17.3.2 beschrieben, in der Auswahl des Standorts und der damit verbundenen Zielgruppensuche nebst der anzuschaffenden richtigen Gerätetechnik (z. B. professionelle Vorher-Nachher-Bildokumentation).

Um gezielt die bisherige Marketingstrategie zu optimieren, ist die Analyse der Ausgangssituation grundlegend wichtig. Nur so kann der Arzt auf betriebswirtschaftlichen Bereiche der Praxis Einfluss nehmen. Die Analyse schafft einen Überblick über lokale Gegebenheiten, um somit aktiv und effektiv Marketingmaßnahmen in die richtige Richtung zu starten, was einen entscheidenden Vorteil verschafft. Wichtige Fragen bei der Analyse sollten unbedingt Anwendung finden:

- Welche Altersgruppen sind in meiner Praxis vertreten?
- Wie ist die Geschlechteraufteilung?
- Gibt es bestimmte Postleitzahlengebiete im näheren Umfeld, die in meiner Praxis unterrepräsentiert sind?
- Wie hoch ist die Nachfrage nach IGeL- bzw. Selbstzahlerleistungen?
- Welche Leistungen werden vermehrt nachgefragt?
- Wie viele Patienten kommen regelmäßig in die Praxis?
- Welche Werbekanäle bringen welchen Rücklauf?
- Welches Bild wird von der Praxis in der Außendarstellung vermittelt?
- Wie sind die Bewertungen und Kommentare, die in Medien (Internet) zu finden sind?
- Habe ich eine professionelle Vorher-Nachher-Bildokumentation, die die Kunden/Patienten überzeugt?

Durch die regelmäßige Analyse können Sie gezielt Marketingmaßnahmen vorbereiten und umsetzen, um somit neue Patienten zu generieren und das bestehende Klientel an sich zu binden.

17.3.5 Umsetzung

Sie haben den Markt und Ihre eigene Position analysiert und können nun damit starten, effektiv und gezielt Ihr Marketing verbessern.

Doch wie bei allem sollte man jetzt einen klaren Kopf behalten, denn alles auf einmal geht nunmal nicht. Strategisch sollten Sie jetzt einen genauen Plan zur Umsetzung

mit genauen Definitionen der Marketingmaßnahmen und deren zeitlichen Zielsetzungen anlegen.

Wichtig ist es, die Ziele konsequent zu verfolgen und professionelle Hilfe in Anspruch zu nehmen. Überstürzen Sie nichts, und gehen Sie strategisch vor. Eine Differenzierung in kurz-, mittel- und langfristige Ziele ist zwingend erforderlich. Gerade im medizinischen Markt gibt es Dienstleister, auf deren Erfahrung und Know-how Sie zurückgreifen können. Aber auch hier ist Vorsicht geboten, denn es ist nicht immer alles Gold, was glänzt. Sprechen Sie persönlich mit Dienstleistern und vereinbaren Sie einen Termin, in dem Sie zusammen eine genaue Aufstellung vornehmen, was, wann und wie der Marketingplan umgesetzt werden kann.

17.3.6 Werbe- & Marketingmaßnahmen

Um das Ziel zu verfolgen, neue Patienten zu generieren und bestehende Patienten an die Praxis zu binden, können verschiedene Maßnahmen getroffen werden. Sie haben im Vorfeld eine genaue Analyse durchgeführt und können nun festlegen, in welchen Bereichen eine erhöhte Aktivität erforderlich ist. Im Vorfeld sollten aber hierfür die Eckpfeiler der Corporate Identity im Hinblick auf die derzeitige Präsentation und anstehende Werbemaßnahmen der Praxis abgeglichen werden.

Sind die Grundlagen zur Umsetzung (z. B. Corporate Design) geschaffen, können jetzt die Maßnahmen festgelegt werden. Grundsätzlich unterscheiden wir hier zwischen Marketingmaßnahmen und Werbemaßnahmen. Im Detail betreffen Marketing- & Werbemaßnahmen folgenden Bereiche:

■ Erscheinungsbild

Hierzu gehören, unter Beachtung der Punkte der Corporate Identity, Kommunikation, Praxisausstattung, Verhalten der Mitarbeiter und Informationsangebote. Der Patient sollte einen angenehmen Aufenthalt in der Praxis haben. Ihm sollten Informationen zum Leistungsspektrum zugänglich gemacht werden. Diese können zum einen in Form von Flyern und Broschüren, zum anderen digital in Form von Präsentationen auf Bildschirmen vorliegen. Eventuell legen Sie Touchpad-Computer für die Patienten aus (Webseite, Präsentationen zum Leistungsportfolio der Praxis: Hier können Leistungen vorgestellt und beworben werden, von denen der Patient ggf. noch gar nichts wusste).

Der Empfang in einer Praxis ist ausschlaggebend für das Gefühl des Patienten. Negativ beeinflussen die Wahrnehmung des Patienten gestresste Mitarbeiter, unruhige Raumgestaltungen sowie lange Wartezeiten. Kommunikation und ein Wohlfühlambiente sind wichtige Faktoren, auf die großen Wert gelegt werden sollte. Werden in einer

Praxis z. B. ästhetische Leistungen angeboten, muss das Gefühl von Ästhetik auch vermittelt werden. Nur wenn sich ein Patient bei Ihnen gut aufgehoben fühlt, wird er Sie im Bekannten- und Freundeskreis weiterempfehlen. Negative Wahrnehmungen wird er aber ebenso äußern und dies auch kommunizieren. Im schlechtesten Fall sogar eher als eine positive Wahrnehmung.

■ Printmedien

Hierzu gehören neben der Ausstattung der Praxis mit Flyern, Broschüren, Visitenkarten und Terminkarten auch z. B. Anzeigen. Wichtig ist hierbei, dass ein Wiedererkennungseffekt bei allen vorliegenden Printmedien erzielt wird. Dem Patienten, der die Praxis bereits kennt, muss bei Ansicht des jeweiligen Mediums klar sein, um welche Praxis es sich handelt, ohne den textlichen Inhalt zu erfassen. Eigene und individuell gestaltete Flyer & Broschüren sind immer aussagekräftiger und informativer als die, die von Firmen zur jeweiligen Leistung zur Verfügung gestellt werden. Bei der Gestaltung und Platzierung von Anzeigen sollten Sie auf Werbewirksamkeit, Werbeaussage und Zielgruppe achten und sich genau über das jeweilige Medium erkundigen. Je nach Standort und Ausrichtung Ihrer Leistungen sollten Sie sowohl regional als auch überregional tätig werden. Patienten nehmen gern auch einen längeren Anfahrtsweg in Kauf, wenn Sie dadurch einen Spezialisten konsultieren können. Viele Praxen stecken Unmengen Geld in Werbung und wundern sich, dass es keinen Rücklauf gibt. Die Antwort ist einfach: Die richtigen Kanäle machen den Unterschied! Sie müssen nicht über alle Dinge genau Bescheid wissen. Überlassen Sie diese Arbeit den Profis.

■ Internet

Ähnlich verhält es sich mit Aktionen im Internet. Der schönste Internetauftritt bringt nichts, wenn man Sie nicht im Internet findet. Laut Statistik suchen 37 % aller Deutschen ihren Arzt im Internet. Das Internet ist die Informationsquelle Nr. 1. Aus diesem Grund ist es immer wichtiger, hier Präsenz zu zeigen und auf die angebotenen Leistungen aufmerksam zu machen. Ein einheitliches Erscheinungsbild und einheitliche Aussagen sind ebenso wichtig wie die Dialogbereitschaft, Bilder und verständliche Erklärungen. Dokumentieren Sie auf ihrem Webauftritt ihre Zugehörigkeit in Fachverbänden und Gesellschaften. Auch können sie hier Kooperationen mit anderen Fachärzten oder Kliniken etc. aufzeigen. Die Integration bzw. Aktivität in diversen Internetportalen ist ebenfalls zu empfehlen. Einige Portale sind sehr bekannt und werden von Suchenden sofort aufgerufen, während andere über die Suchmaschinen gefunden werden. Patienten tauschen sich hier über Leistungen und Kompetenz aus und geben zusätzlich Bewertungen für Sie ab. Verzweifeln Sie nicht,

wenn auch kritische Bewertungen zu finden sind. Diese sollten natürlich nicht in der Mehrzahl zu finden sein, aber die eine oder andere schafft mehr Glaubwürdigkeit zu den hoffentlich vielen positiven Bewertungen. Sprechen Sie zufriedene und langjährige Patienten direkt darauf an, doch bitte ihre Erfahrung im Internet zu teilen.

Grafisch ansehnliche Internetauftritte bekommt man schon sehr günstig, allerdings sind die Leistungen auch eher »günstig«. Für die Auffindbarkeit Ihrer Internetseite in den einschlägigen Suchmaschinen wie Google etc. ist es von größter Bedeutung, dass Sie keine Fehler im Webaufbau haben. Stellen Sie sich vor, Sie bauen ein Haus, haben einen »günstigen« Plan vom Onlinearchitekten und stellen nach Fertigstellung des Hauses fest, dass zu wenig Steckdosen, Wasserleitungen und Heizungen eingebaut wurden, zudem noch in den falschen Dimensionen für Ihre Bedürfnisse. Nachträgliche Änderungen sind sehr kostspielig und evtl. gar nicht machbar.

Lassen Sie ihren Internetauftritt in Bezug auf Suchmaschineneinträge und die Auffindbarkeit optimieren. Experten wissen besser, welche Dinge effektiv dazu beitragen, dass sie schnell gefunden werden. Nutzen Sie neue Internetkanäle. Plattformen wie z. B. XING eignen sich hervorragend, um sich als Experte für bestimmte Leistungen zu positionieren. Facebook gewinnt immer mehr an Bedeutung. Informieren Sie auch hier ihre Patienten über Leistungen und Aktionen. Geben Sie Informationen zu diversen Behandlungsoptionen. Natürlich sollte man diese Kanäle immer unter Berücksichtigung des Heilmittelwerbegesetzes nutzen. Aber auch hier wissen Experten genauestens Bescheid, um sie bei diesen Aktionen zu unterstützen und zu positionieren.

■ Veranstaltungen

Ein »Tag der offenen Tür« oder Teilnahmen an regionalen Veranstaltungen können ebenfalls zur aktiven Patientengenerierung beitragen. Viele Patienten, die Interesse an Leistungen, gerade im ästhetischen Bereich, haben, sind zögerlich, den ersten Schritt zu tun. Geben Sie diesen Patienten die Möglichkeit, Sie und Ihre Praxis kennenzulernen, ohne gleich einen Termin zu vereinbaren. So können sie sich einen ersten unverbindlichen Eindruck verschaffen, um Vertrauen zu gewinnen.

17.3.7 Erfolgsanalyse

Eine Analyse der Voraussetzungen und Ausgangssituationen im Vorfeld jeglicher Marketingaktion ist unerlässlich. Nicht weniger wichtig ist aber auch, den Erfolg der Strategie messbar zu machen. Am einfachsten ist selbstverständlich die Messung von Onlinemarketing. Hier können Sie über die Zugriffszahlen sofort und schnell sehen, wie

effektiv Ihre Aktion war bzw. ist und können somit zeitnah reagieren. Einzelne Aktionen, wie z. B. Anzeigen, können Sie messbar machen, indem sie schon bei der Terminvergabe für neue Patienten erfragen, wie sie auf die Praxis aufmerksam geworden sind. Dies kann zum einen telefonisch durch das Personal erfolgen, zum anderen beim Erscheinen in der Praxis. Dokumentieren Sie diese Informationen in der Patientenakte ihres KIS-Systems. Viele Hersteller der Software haben diese Funktionen integriert und müssen unter Umständen nur zugänglich gemacht werden. Durch diese Funktionen können Sie genau einzelne Aktionen selektieren und Ihre weiteren Aktivitäten zielgerichtet optimieren.

Führen Sie Patientenbefragungen durch, die gezielt auf verschiedenste Umstände oder Situationen abzielen. Inhaltlich kann man hier die Qualität von Freundlichkeit, Ambiente, zeitlichem Verhalten, aber auch Leistungen hinterfragen. Diese Fragebögen können in schriftlicher Form bei der Anmeldung vom Personal ausgegeben werden – kurz und knapp und auf das Wesentliche reduziert. Bei zu vielen Fragen werden Ihre Patienten schnell die Lust verlieren, diese zu beantworten.

17.3.8 »Ich-Marketing« in der Ästhetik

Seit der Homo sapiens in die Pfütze gesehen hat, floriert und boomt das Geschäft mit einschlägigen Schönheitsbehandlungen. Wenn Sie von diesem Geschäft einen Teil des Kuchens haben möchten, achten Sie bitte auf Folgendes:

- Haben Sie sich beim Anblick eines Menschen mit seiner individuellen Auffassung von persönlicher Außendarstellung schon einmal fremdgeschämt?
- Haben Sie sich schon einmal mit Ihrer Eigen- und Fremdwahrnehmung ernsthaft beschäftigt?

Jetzt ist die Passage gekommen, wo Sie als Ärztin oder Arzt ganz stark sein müssen. Niemand hat sich selbst gemacht; das ist jedem Menschen klar. Stellen Sie sich allein vor den Spiegel. Fragen Sie sich ehrlich:

- Bin »ICH« eine gute Werbung für mein Unternehmen »Arztpraxis«?
- Bin »ICH« ästhetisch?
- Bin »ICH« gepflegt?
- Sind »MEINE« Zähne schön?
- Riecht »MEIN« Atem frisch und angenehm?
- Habe »ICH« eine schöne Haut?
- Dufte »ICH« gut?
- Hatte »ICH« bezüglich meiner Bekleidung eine Farb-/Stilberatung?
- Bin »ICH« freundlich und sympathisch?
- Lächle »ICH« meine Patienten an bei der Begrüßung?

Fakt ist, dass der Patient/Kunde, der vor Ihnen steht, überzeugt werden will

- durch Ihre Kompetenz,
- durch Ihren gesamten Geschäftsauftritt und nicht zuletzt
- durch den Zustand Ihrer eigenen Ästhetik, wie Sie sich selbst präsentieren.

17.4 »Take Home Messages«

Individualität spielt hier eine große Rolle. Es gibt keinen allgemeinen Fahrplan zur Vorgehensweise im Bereich des Marketings. Was für die eine Praxis gut ist, ist für eine andere eher kontraproduktiv.

Wichtig ist, einen starken Partner zu haben, der sich mit diesen Themen und den vielen Facetten auskennt. Praxismanagement und marketing sind Themenbereiche, die Sie als Arzt nie studiert haben.

Das »Ich-Marketing« ist von überragender Bedeutung in einer ästhetischen Praxis.

Führen Sie sich vor Augen:

- »Nur tote Fische schwimmen mit dem Strom!«
- »Investieren Sie in zukunftsweisende Techniken, bevor es Ihr Mitbewerber macht!«
- »Wer nicht mit der Zeit geht, geht mit der Zeit!«

Risikomanagement und Behandlungsfehler

S. Hammes, W. Kimmig

- 18.1 Einführung – 206**
- 18.2 Therapiebestimmende Parameter – 206**
- 18.3 Praktische Aspekte – 207**
- 18.4 Fehler und Komplikationen – 208**
 - 18.4.1 Iatrogene Schäden – 208
 - 18.4.2 Schäden durch nichtärztliche Behandler – 209
- 18.5 Fallbeispiele – 210**
- 18.6 Tipps für die Praxis – 212**
- 18.7 »Take Home Messages« – 213**
 - Literatur – 214**

Das Kapitel erschien ursprünglich in *Der Hautarzt* (Hammes u. Kimmig 2013).

H.-R. Metelmann, S. Hammes (Hrsg.), *Lasermethoden in der Ästhetischen Chirurgie*, DOI 10.1007/978-3-642-34936-2_18, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2015

Die bei der Benutzung von Laser- und Nichtlaser-Lichtquellen möglichen Behandlungsfehler und Komplikationen werden dargestellt und entsprechende Präventionsmaßnahmen erarbeitet. Hierbei wird besonders auf praxisrelevante Fehler hingewiesen und deren Vermeidung erläutert. Eine Checkliste für die sichere Durchführung von Behandlungen mittels Laser- und Nichtlaser-Lichtquellen schließt das Kapitel.

18.1 Einführung

Es existiert eine Vielzahl von heterogenen medizinischen oder ästhetischen Indikationen für die Anwendung von Laser- und Nichtlaser-Lichtquellen an der menschlichen Haut (zur prägnanteren Darstellung werden nachfolgende Abkürzungen verwendet: LS = Nichtlaser-Lichtquellen (von Light-source-Equipment), LLS = Laser- und Nichtlaser-Lichtquellen, ALLS = Anwendung von LLS). Jeder Gerätetyp, jede Indikation und jeder einzelne Patient kann eine unterschiedliche Herangehensweise notwendig machen, um schädliche Nebenwirkungen zu vermeiden. Hieraus ergibt sich eine sehr große Parametervielfalt, die nur mit viel Erfahrung sicher zu beherrschen ist. Selbst bei Beschränkung auf eine einzige Indikation können doch immer wieder unerwartete Situationen auftreten.

Typische Begleiterscheinungen, die indikations- und gerätebezogen auftreten und über die aufgeklärt werden muss, sind: Ödeme, Blutungen, Krusten, Purpura, Blasen, Schmerzen, temporäre Hypo- und Hyperpigmentierungen, Haarverlust. Schwerere Nebenwirkungen, die nicht auftreten sollten, aber nicht prinzipiell ausgeschlossen werden können, sind: Narben, Keloide, Verbrennungen, permanente Hypo- und Hyperpigmentierungen (Hammes 2011).

18.2 Therapiebestimmende Parameter

Die folgenden Parameter erfordern indikations-, geräte- und patientenbezogene Überlegungen vor und während jeder Behandlung. Zu jedem Parameter werden die jeweilige therapierelevante Bedeutung sowie die Auswirkungen von Fehleinschätzungen dargestellt (Hammes 2011):

Hauttyp/Bräunungsgrad Bei LLS mit Wellenlängen kleiner als 900–1 000 nm ist die Melaninabsorption nicht zu vernachlässigen. Falls mit zu hoher Energiedichte gearbeitet wird, sind Verbrennungen, Krusten, Hypo- und postinflammatorische Hyperpigmentierungen bis hin zu Narben möglich.

Energiedichte Sie wird gewöhnlich in J/cm^2 gemessen und ist einer der wichtigsten Parameter. Ihre Wahl

hängt von Wellenlänge, Indikation, Hautpigmentierung, Impulsdauer, Impulsform und Kühlverfahren ab. Hieran erkennt man, dass die korrekte Wahl einen komplexen Entscheidungsprozess erfordert. Bei zu hoher Energiedichte können Verbrennungen, Krusten, Hypo- und postinflammatorische Hyperpigmentierungen sowie Narben entstehen. Bei zu niedriger Energiedichte wird keine befriedigende Wirkung erzielt.

Wellenlänge Ihre Wahl hängt von der Zielstruktur und dem Pigmentierungsgrad der Haut ab. Bei falscher Wahl wird keine Wirkung erzielt, das Nebenwirkungsspektrum kann kleiner oder größer werden. Im ungünstigsten Fall erzielt man keine Wirkung bei maximalen Nebenwirkungen, wie bspw. bei dunklem Hauttyp, tiefer liegenden Gefäßen und dem Einsatz des KTP-Nd:YAG-Lasers (532 nm). Das kurzwellige Licht wird sehr gut im Melanin absorbiert und verursacht daher epidermale Schäden. Es hat jedoch nur eine geringe Penetrationstiefe und erreicht daher das tief liegende Gefäß nicht. Vorteilhafter wäre hier der Einsatz eines Nd:YAG-Lasers (1064 nm). Er hat nur eine geringe Melaninabsorption und aufgrund der großen Wellenlänge eine hohe Penetrationstiefe (Raulin u. Greve 2003).

Strahldurchmesser Der Strahldurchmesser wirkt sich ebenfalls auf die Eindringtiefe aus. Größere Strahldurchmesser erlauben bei sonst gleichen Parametern eine tiefere Penetration, da die Randstreueffekte verringert werden. Allerdings sollte der Strahldurchmesser auch an die Größe der Zielstruktur angepasst werden, um möglichst wenig nichtbetroffene Haut mit zu behandeln. Es muss somit ein Mittelweg zwischen Penetrationstiefe und Wirkungsbereich gefunden werden. Bei der flächenhaften Behandlung sind große Strahldurchmesser hilfreich, da die Behandlung schneller durchgeführt werden kann. Allerdings steigt dadurch das Risiko der unbeabsichtigten Behandlung von Hautveränderungen, die nicht so leicht »ausgespart« werden können. So werden etwa bei der flächenhaften Photoepilationstherapie nicht selten Naevuszellnaevi mitbehandelt, obwohl sie auf jeden Fall von einer LLS-Bestrahlung ausgenommen werden sollten (Kerl et al. 2004).

Je größer der Strahldurchmesser sein soll, desto höher sind die Leistungsanforderungen an die LLS. Die kleineren und preiswerteren Systeme sind zumeist auf kleine Strahldurchmesser beschränkt, so dass hier eine Limitierung der Penetrationstiefe gegeben ist. Diese kann nicht durch eine beliebige Erhöhung der Energiedichte kompensiert werden, da v. a. die epidermale Nebenwirkungsrate dadurch deutlich ansteigt.

Impulsdauer Die Wahl der Impulsdauer muss sich aufgrund der Prinzipien der selektiven Photothermolyse und thermokinetischen Selektivität (Anderson u. Parrish

1983) nach der Größe der Zielstruktur richten. Eine falsche Wahl führt zu Wirkungsverlust und zur Erhöhung der Nebenwirkungsrate, da oft versucht wird, die fehlende Wirkung durch Erhöhung der Energiedichte auszugleichen. Typischerweise benötigen große Zielstrukturen wegen ihrer höheren thermischen Relaxationszeit längere Impulse als kleine Strukturen. Beispielsweise liegt die Impulsdauer bei der Behandlung von optisch abgrenzbaren Gefäßen (Besenreiser, Teleangiectasien usw.) im Millisekundenbereich, bei der Behandlung von kleinen Tätowierungspigmenten im Nanosekundenbereich. Mit einem Nanosekundenlaser würden bei einem relativ dicken Gefäß – ebenso wie mit einem Millisekundenlaser bei einem Pigmentpartikel – nicht nur keine Wirkungen erzielt, die Nebenwirkungsrate würde vielmehr ansteigen.

Impulsform Hierbei ist sowohl auf den zeitlichen Verlauf des Impulses als auch auf die örtliche Verteilung der Impulsenergie zu achten. Um eine homogene Wirkung zu erzielen, sollte die örtliche Energiedichteverteilung im Strahl möglichst gleichmäßig sein. Viele ältere oder preiswerte LLS produzieren inhomogene Pulse, deren Energiedichte in der Mitte des Strahls sehr hoch und zum Rand hin deutlich geringer ist oder die viele lokale Maxima und Minima haben. Dadurch kommt es zu Energiespitzen und in der Folge zu einem Ansteigen der Nebenwirkungsrate in Form von Krusten, Blutungen bis hin zu Verbrennungen.

Der zeitliche Verlauf eines Impulses ist ebenfalls von Bedeutung für die Aggressivität der Wirkung. Wenn der Impuls rechteckförmig einsetzt, ist die Wirkung oft besser als bei einem abgerundeten Zeitprofil. Allerdings steigt auch die Nebenwirkungsrate an. Der Behandler muss sich aus diesem Grund der technischen Charakteristika der eingesetzten LLS bewusst sein.

18.3 Praktische Aspekte

Neben der Wahl der Parameter bestimmen weitere Faktoren ganz wesentlich über Erfolg oder Nichterfolg von ALLS. Diese praxisrelevanten Aspekte werden im Folgenden dargestellt (Hammes 2011).

Kühlung Neben der korrekten Wahl der LLS-Parameter ist die Anwendung eines geeigneten Kühlverfahrens die wichtigste Methode zur Reduktion der Nebenwirkungen einer LLS-Behandlung (Hammes 2010). Suffiziente Kühlung vor, während und nach der Behandlung ist für den Patienten angenehmer, senkt die Stärke und Häufigkeit von Begleiterscheinungen deutlich und macht manche LLS-Applikationen überhaupt erst möglich. Die unzureichende Kühlung ist bei sehr vielen Behandlungsfehlern ursächlich, was die enorme Wichtigkeit dieses Aspekts

verdeutlicht (Greve et al. 2001; Hammes u. Raulin 2005; Raulin et al. 2000).

Durchführung Die korrekte Durchführung einer LLS-Behandlung erfordert die Beachtung vieler Aspekte. Die Impulse müssen manchmal überlappen, manchmal nicht. Je nach LLS-Typ, Indikation und Hautpigmentierung sind ein oder mehrere Durchgänge sofort hintereinander oder mit entsprechenden Pausen notwendig. Die Positionierung des LLS muss korrekt sein, die Kühlung wirksam. Bestimmte Hautbereiche sind empfindlicher als andere, manche Hautveränderungen müssen von der LLS-Behandlung ausgenommen werden. Die Reaktionen des Patienten sind zu beobachten und zu interpretieren. Bei Nichtbeachtung der notwendigen Sorgfalt sind starke Nebenwirkungen möglich, selbst bei sonst korrekten LLS-Parametern. Empfindliche Strukturen, wie z. B. die Augen, müssen effektiv geschützt werden. Dies geht über die bloße Verwendung einer Schutzbrille oft hinaus und erfordert die Anwendung von subtarsalen Augenschalen bei LLS-Anwendung in der Nähe des Auges (Hammes et al. 2007).

Vor-/Nachbehandlung Die korrekte Vor-/Nachbehandlung kann die Nebenwirkungsrate verringern. Make-up sollte vor der Therapie entfernt werden, da es sonst zu ungewollten Absorptionen mit Verbrennungsfolge kommen kann. Die Haut sollte nicht gebräunt sein, andernfalls sind Hypo- und Hyperpigmentierungen zu erwarten. Eventuell kann eine Oberflächenanästhesie angewendet werden, wobei hier jedoch Vorsicht geboten ist: Die Anästhesie nimmt zwar den Schmerz, führt aber nicht zu einer epidermalen Protektion, sodass Schäden möglicherweise durch die fehlende Schmerzhaftigkeit zu spät erkannt werden.

Bei der Nachbehandlung ist die Kühlung von übertragender Bedeutung. Durch fehlende posttherapeutische Kühlung werden alle Nebenwirkungen und Begleiterscheinungen deutlich verstärkt. Falls bei der Behandlung obligat oder akzidentell Krusten entstehen, ist ein entsprechendes Krustenmanagement wichtig, um Folgeschäden zu vermeiden. Sehr viele Narbenbildungen nach LLS-Therapien hätten durch ein korrektes Wundmanagement verhindert werden können.

Management von Behandlungsfehlern Wenn ein Behandlungsfehler entstanden ist, muss korrekt und effektiv damit umgegangen werden. Dann kann in vielen Fällen eine Verschlimmerung des Ergebnisses vermieden werden. Neben der professionellen Wundbehandlung ist es unbedingt notwendig, den Patienten engmaschig zu sehen, um evtl. problematische Verläufe erkennen zu können.

Patientenselektion Viele Risiken und Probleme können durch eine korrekte Patientenselektion schon im Vorfeld

vermieden werden. Da LLS-Eingriffe in den meisten Fällen elektiv sind, ist dies meist leicht möglich. Dass es in der Praxis dennoch nicht immer dazu kommt, liegt zum einen an monetären Gründen, zum anderen oft an mangelnder Erfahrung. Wenn ein Patient eine geringe Compliance im Umgang mit Begleiterscheinungen vermuten lässt, die Indikation nicht effektiv behandelbar ist oder sonstige Umstände das Auftreten von Problemen wahrscheinlich machen, ist die Ablehnung der Behandlung meist der beste Weg. Es ist in vielen Fällen gar nicht leicht, einen Patienten davon zu überzeugen, dass es für ihn (oder den Behandler) besser wäre, die Behandlung nicht durchzuführen.

Aufklärung Der korrekten, ehrlichen und umfassenden Aufklärung kommt eine große Bedeutung zu. Alles, was hier nicht gesagt wird, kann zum unkalkulierbaren Risiko werden. Falsche Erwartungen des Patienten, fehlerhafte Nachbehandlung, spätere Unzufriedenheit oder sogar gerichtliche Schritte, schlechte Öffentlichkeitswirkung und wenig Freude an der Behandlung können aus einer unvollständigen Aufklärung resultieren.

Intervalle Bei vielen LLS-Therapien ist die Einhaltung bestimmter Intervalle für eine gute Wirkung und geringe Nebenwirkungen wichtig. Wenn die Intervalle zu kurz sind, steigt die Nebenwirkungsrate, und die Wirksamkeit sinkt. Sind sie zu lang, ist bei bestimmten Indikationen häufiger mit Rezidiven zu rechnen.

Probebehandlung Ein sehr probates Mittel zur Abschätzung der Wirksamkeit und der Nebenwirkungen ist die Durchführung einer Probebehandlung an einer kleinen Stelle und mit ggf. reduzierter Energiedichte. Hier können schon im Vorfeld Risiken erkannt und vorgebeugt werden. Die Nichtdurchführung einer Probebehandlung geht daher insbesondere bei nicht sehr erfahrenen Therapeuten mit einem deutlich erhöhten Risiko einher.

18.4 Fehler und Komplikationen

Wie durch die Darstellungen im ► Abschn. 18.3 deutlich wurde, existiert eine Vielzahl indikations-, geräte- und patientenbezogener Risiken der ALLS. Deren Vermeidung oder zumindest deren korrektes Management stellt im Sinn einer Qualitätssicherung das anzustrebende Ziel dar. Dieses wird jedoch nicht in allen Fällen erreicht. Daraus resultieren Fehler oder vermeidbare Komplikationen (Hammes 2011).

In den allermeisten Fällen basiert dies auf mangelnder Erfahrung, fehlender fachlicher Eignung, ungenügender oder oberflächlicher Ausbildung, Selbstüberschätzung, Fahrlässigkeit oder einfacher Nachlässigkeit (Greve u. Raulin 2002).

Aus der Tatsache, dass gerade viele LS-Geräte über eine Vielzahl von Einstellmöglichkeiten verfügen, und zwar mit dem Ziel, möglichst mehrere Anwendungen damit »abdecken« zu können und außerdem eine bessere Einstellung auf die jeweils unterschiedlichen Erscheinungsformen von Hautveränderungen und Hauttypen zu ermöglichen, resultiert auch bekanntermaßen die damit verbundene Gefahr von verschiedenen Nebenwirkungen.

Das einfache aneinandergereihte Faktenwissen, wie z. B.,

- dass die Wellenlänge im Wesentlichen das Absorptionsverhalten und die Eindringtiefe der optischen Strahlung bei der selektiven Photothermolyse bestimmt,
- die Pulsdauer zur Schonung des umgebenden Gewebes kleiner als die thermische Relaxationszeit des zu behandelnden Zielgebiets (Gefäße, Haarfollikel usw.) sein soll,
- die Pause zwischen den Pulsen ausreichend lang sein soll, um einerseits die Epidermis (Oberhaut) genügend abkühlen zu lassen, andererseits aber eine ausreichende Wärme im Zielgebiet nach dem Prinzip thermokinetischer Selektivität zu erzeugen,

genügt sicherlich nicht. Zweifelsohne erfordert die genauere Einschätzung der Wirkung optischer Strahlung und zwar sowohl von monochromatischer Laserstrahlung als auch von breitbandiger inkohärenter optischer Strahlung ein relativ hohes Maß an Wissen. Aber auch für Theoretiker, welche die anwendbaren Modelle zur Beschreibung der Wirkungen kennen, ist eine Vorhersage der gesamten Auswirkung insbesondere deshalb nicht möglich, da die optischen und thermischen Eigenschaften lebenden Gewebes in diesen Modellen nur unvollkommen enthalten sind. Bedenkt man dann noch, dass die Einwirkung optischer Strahlung oft auf sehr inhomogenes Gewebe erfolgt oder sogar pathologische Veränderungen vorliegen können, dann sind Modelle in aller Regel nicht ausreichend, um die erforderlichen Betrachtungen durchzuführen, geschweige denn mögliche Konsequenzen ausreichend genau abzuschätzen. Hier ist dann eine große Erfahrung in der Anwendung optischer Strahlung gefragt. Von besonderer Bedeutung sind hierbei geeignete Leitlinien und Empfehlungen (Bahmer et al. 2007; Hammes 2011).

Bei der weiteren Darstellung wird zwischen ärztlichen und nichtärztlichen Behandlern unterschieden, da die entsprechenden Rahmenbedingungen unterschiedlich sind (Hammes 2011).

18.4.1 Iatrogene Schäden

Die ALLS hat in den letzten Jahren einen enormen Aufschwung erlebt. Waren es in der Frühzeit (90er-Jahre)

nur einige wenige Experten, die sich an Behandlungen einiger weniger Indikationen mit den damals noch eher unbekannten und z. T. wenig benutzerfreundlichen Geräten herantrauten, ist die Gerätevielfalt und die Anzahl der möglichen Indikationen heute fast unüberschaubar.

Damit einher gehen ein wesentlicher Anstieg der Behandlungszahlen in der ALLS sowie die Durchführung von Behandlungen durch weniger erfahrene Therapeuten. In den letzten Jahren stehen immer mehr wirtschaftliche Interessen im Vordergrund, insbesondere angesichts sinkender Einnahmen aus der GKV-Praxis, da die meisten ALLS als Selbstzahlerleistung im Rahmen einer individuellen Gesundheitsleistung (IGeL) abgerechnet werden.

Ein besonderes Problem stellt die ALLS durch fachfremde Ärzte dar. Die ALLS betrifft schwerpunktmäßig die Behandlung der Haut und in eingeschränktem Maß auch der Subcutis. Daraus folgt, dass im Wesentlichen nur Dermatologen und mit gewissen Einschränkungen auch Chirurgen (v. a. MKG-Chirurgen und plastische Chirurgen) als nichtfachfremd bezeichnet werden können (Hammes 2011).

Alle anderen Fachrichtungen sind im engeren Sinn als fachfremd in Bezug auf die ALLS anzusehen. Tatsächlich werden aber aus den oben angeführten Gründen immer mehr ALLS auch von solchen fachfremden Kollegen durchgeführt. Sei es der Gynäkologe, der Photoepilation betreibt, der HNO-Arzt, der Skin-Resurfacings durchführt, der Hausarzt, der Naevi lasert, der Zahnarzt, der Tätowierungen entfernt und andere Beispiele mehr.

Ursachen für Fehler oder Komplikationen

- Fehlende diagnostische Kenntnisse
- Übersehen von gefährlichen Hautveränderungen (z. B. Malignes Melanom)
- Behandlung von kritischen Hautveränderungen (z. B. dysplastische Naevi) (Kerl et al. 2004)
- Entstehung von Pseudomelanomen bei Behandlung von pigmentierten Naevi (Kerl et al. 2004)
- Fehlerhafte Indikationsstellung
- Fehlerhafte Parameter- oder Gerätewahl
- Fehlerhafte Aufklärung
- Fehlerhafte Durchführung
- Fehlerhafte Vor- und Nachbehandlung
- Fehlerhaftes Management von Nebenwirkungen und Behandlungsfehlern

Eine Mitschuld an der Verbreitung von Geräten an Fachfremde tragen auch die Gerätehersteller, die mitunter überzogene Versprechungen machen und ihre Geräte als »problemlos« und »absolut sicher« anpreisen. Dies ist gefährlicher als gleichfalls vorhandene Übertreibungen zur

Wirksamkeit, die im günstigsten Fall nur unzufriedene Patienten erzeugen.

Ebenso zweifelhaft sind die oft angebotenen Firmenworkshops, die den Anwendern vorgaukeln, sie hätten nach einem Wochenendkurs in LLS-Therapie ausreichend Erfahrung. Zumeist erhalten die Teilnehmer ein eindrucksvolles Zertifikat, welches bei Patienten ein gewisses Vertrauen hervorrufen soll. Hier stehen aufseiten der Hersteller und der Anwender eindeutig die monetären Interessen im Vordergrund.

Unklar sind weiterhin die rechtlichen Aspekte. Im Schadensfall könnte eine Versicherung prüfen, inwieweit der Anwender zur ALLS überhaupt qualifiziert war. Hierbei hilft das Firmenzertifikat sicher nicht weiter und ein Fachgutachten würde wahrscheinlich zuungunsten des fachfremden Anwenders ausfallen.

Die angesprochenen Punkte gelten natürlich in abgeschwächter Form auch für prinzipiell fachlich qualifizierte Anwender, z. B. Dermatologen oder Chirurgen. Auch sie können trotz fachlicher Basisqualifikation dieselben Defizite in Bezug auf die ALM aufweisen wie fachfremde Kollegen.

Im Fall der Dermatologen sollte die sichere Erkennung von problematischen Hautveränderungen eigentlich gegeben sein. Jedoch herrscht sogar unter ihnen oft Unkenntnis über manche kritische ALLS (Hammes et al. 2008; Kerl et al. 2004).

18.4.2 Schäden durch nichtärztliche Behandler

Die ALLS in ärztlichen Händen beinhaltet bereits viele Risiken und kann zu Schäden führen, wie in ► Abschn. 18.4.1 dargestellt wurde. Die ALLS durch Nichtärzte ist allerdings noch wesentlich problematischer (Hammes 2011).

Tatsächlich ist dieses Thema von höchster Brisanz, da LLS-Behandlungen in letzter Zeit immer häufiger von Laien durchgeführt werden. Dies bedeutet einerseits eine Konkurrenz für Ärzte, die diese Verfahren ebenfalls anbieten und andererseits ein erhöhtes Gefahrenpotenzial für die Patienten bzw. Kunden. Wenn durch inkorrekte Laienbehandlungen bestimmte Therapien in Misskredit gebracht werden, fällt dies letztlich auch auf die professionell arbeitenden Ärzte zurück.

Viele Kosmetikinstitute »bereichern« ihre Angebotspalette durch die Photoepilation, die Entfernung von Altersflecken, »Muttermalen« oder die Faltenbehandlung. Seit einiger Zeit entstehen regelrechte Franchiseketten, die mit ungeheurem Werbeaufwand und ganzseitigen Anzeigen in vielen Städten Deutschlands eine Professionalität vortäuschen, die allenfalls im Bereich des Marketings vorhanden ist. Gleichwohl werden die Behandlungen von

Laien durchgeführt, die im besten Fall nur marginal ausgebildet worden sind.

Die Kunden sind zunächst arglos und lassen sich in großer Zahl in diesen Einrichtungen behandeln. Akut- und Spätschäden sind in viel größerer Zahl als bei ärztlich durchgeführten Behandlungen zu erwarten. Auch bei der zunächst relativ sicher scheinenden Photoepilation, die besonders häufig in den Laienstudios durchgeführt wird, sind Schäden, wie in ► Abschn. 18.4.1 dargestellt, durchaus möglich und nicht selten.

In viel größerem Ausmaß existiert bei einer Laienbehandlung das Risiko von Folgeschäden durch inkompetentes Management der Nebenwirkungen oder Behandlungsfehler. Insbesondere bei flächigen Photoepilationsbehandlungen besteht ein sehr hohes Risiko der akzidentellen Mitbehandlung von Naevi mit den bereits angesprochenen Folgen bis hin zur Induktion von Melanomen (Hammes et al. 2008; Kerl et al. 2004).

Es ist nun nicht so, dass Nichtärzte prinzipiell keine LLS-Geräte bedienen dürften. Statthaft ist die supervidierte Durchführung gewisser ALLS (z. B. Photoepilation) durch Nichtärzte in ärztlichem Umfeld mit der Möglichkeit der sofortigen ärztlichen Intervention oder der ärztlichen Beurteilung. Insbesondere sollte die Anamnese und präoperative Untersuchung sowie die Festlegung der Parameter, die Überwachung des Behandlungsbeginns und des -ergebnisses eine rein ärztliche Tätigkeit sein.

Findige Nichtärzte, die mit solchen Forderungen konfrontiert wurden, versuchen in letzter Zeit durch die Erlangung einer Heilpraktikerzulassung, die in gewissem Rahmen die Ausübung der Heilkunde erlaubt, sich dieser Forderung nach ärztlicher Supervision zu entziehen. Nach einem ausführlichen Gutachten (Krieger 2005) hat dies jedoch keinerlei rechtliche Grundlage. Vielmehr muss festgestellt werden, dass die von Heilpraktikern/-innen durchgeführten Therapien mit LLS nicht statthaft sind. Im Folgenden ein Extrakt aus diesem Gutachten:

» Die Erlaubnis zur Ausübung der Heilkunde für Heilpraktiker setzt nach § 1 Abs.1 HPG (Heilpraktikergesetz) weder eine medizinische Ausbildung noch den Nachweis medizinischer Fachkenntnisse voraus. Das Gesundheitsamt hat lediglich bei der Überprüfung der Kenntnisse und Fähigkeiten eines Bewerbers festzustellen, ob die Ausübung der Heilkunde durch ihn eine Gefahr für die Volksgesundheit bedeuten würde (§ 2 Abs.1 i.1.DVO). [...] Nur in diesem Rahmen sind die heilkundlichen Kenntnisse und Fähigkeiten des Bewerbers zu überprüfen. Es ist keine Überprüfung im Sinne einer Leistungskontrolle zur Feststellung einer bestimmten Qualifikation. Ein Bewerber muss die Gewähr für eine ordnungsgemäße Ausübung der Heilkunde bieten, wobei es auf medizinische Kennt-

nisse nicht ankommt. Es gibt verschiedene gesetzliche Regelungen dafür, welche Behandlungen durch den Heilpraktiker nicht durchgeführt werden dürfen. So ist beispielsweise durch § 23 Nr.5 RöV die selbständige und eigenverantwortliche Anwendung von Röntgenstrahlen untersagt. Heilpraktiker unterliegen keiner gesetzlich festgelegten Berufsaufsicht wie z.B. durch Ärztekammern. Es gibt keine verbindliche öffentlich-rechtliche Berufsordnung. Für die Heilpraktiker gibt es im Gegensatz zu Ärzten keine Fortbildungsverpflichtung, ebenso wenig wie Fachgebietsgrenzen. Wenn daher der Einsatz von Laserstrahlen an der Haut durch Gynäkologen fachgebietsfremd ist, weil die Weiterbildungsordnung für Gynäkologen keine entsprechende Fachkenntnis erfordert, dann sollte dies erst recht für Heilpraktiker gelten. [...] «

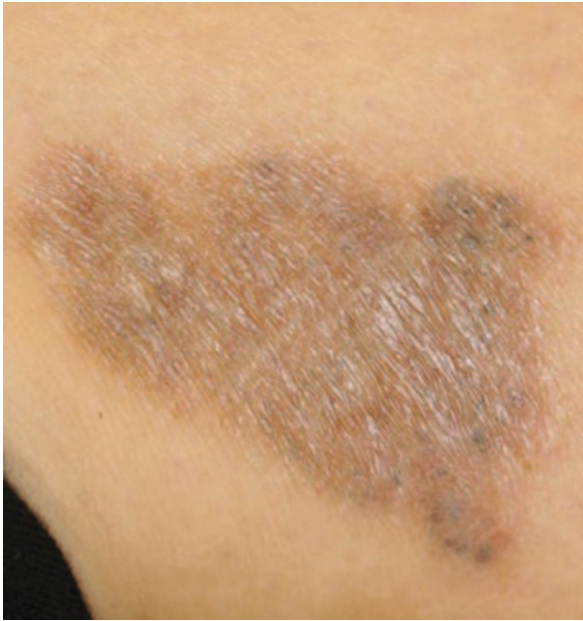
Gegenwärtig müssen in Deutschland Betreiber von Lasersystemen nur einen Laserschutzkurs, jedoch keine weitergehende Qualifikation nachweisen. Die Deutsche Dermatologische Lasergesellschaft (DDL) und die Arbeitsgemeinschaft Dermatologische Lasertherapie (ADL) der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft (DDG) haben für die Qualitätssicherung Richtlinien zur Durchführung von LLS-Behandlungen der Haut festgelegt. Anwender finden hier die theoretischen Voraussetzungen (fachliche Anforderungen bzw. Sach- und Fachkundenachweis) (Bahmer et al. 2007). Die Aus- und Weiterbildung von Ärzten im Bereich der ästhetischen LLS-Therapie auf universitärem Niveau ist im europaweit einzigartigen Weiterbildungsstudiengang »Diploma in Aesthetic Laser Medicine« (D.A.L.M.) möglich (Hammes 2011).

18.5 Fallbeispiele

Im Folgenden finden sich einige Beispiele für Behandlungsfehler, die in der täglichen Gutachterpraxis leider nicht selten vorkommen:

Fall 1 Zustand nach mehrfacher Tätowierungsentfernung mittels »Tattoo-Remover« (eine erhitzbare Metallsonde) durch einen Tätowierer (■ Abb. 18.1). Es ist eine flächige Narbenbildung mit Hyperpigmentierung festzustellen. Korrekt wäre die Anwendung eines gütegeschalteten pigmentspezifischen Lasers gewesen.

Fall 2 Zustand nach Anwendung eines LS-Systems mit zu hoher Energiedichte bei gegebenem Hauttyp 2–3 zur Photoepilation (■ Abb. 18.2). Es resultieren Verbrennungen 2. Grades mit konsekutiven Hyperpigmentierungen. Es fällt die wenig sorgsame Durchführung mit großen Abständen zwischen den Aufsatzstellen des LS-Applikators auf.

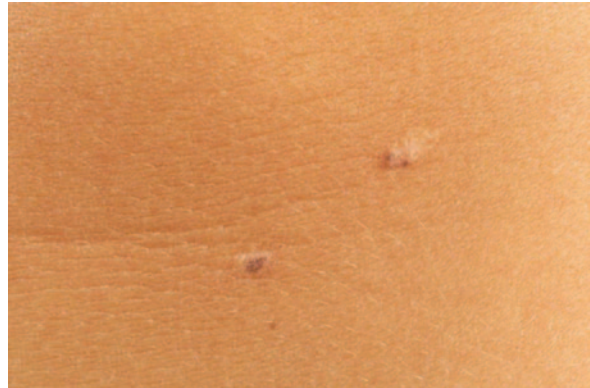


■ **Abb. 18.1** Zustand nach mehrfacher Tätowierungsentfernung mittels »Tattoo-Remover« (eine erhitzbare Metallsonde) durch einen Tätowierer. Fehler: Falscher, nichtselektiver Therapieansatz. (Aus Hammes u. Kimmig 2013)

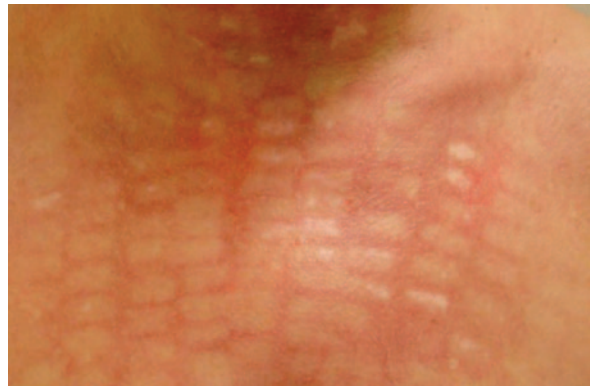


■ **Abb. 18.2** Zustand nach Anwendung eines LS-Systems bei gegebenem Hauttyp 2–3 zur Photoepilation. Fehler: Zu hohe Energiedichte. (Aus Hammes u. Kimmig 2013; mit frdl. Genehmigung von Prof. von den Driesch)

Fall 3 Bildung von Pseudomelanomen nach CO₂-Laserabtragung von Naevuszellnaevi (■ Abb. 18.3). Dies ist ein häufiger Effekt nach Behandlung pigmentierter Naevi. Nach Kerl et al. (2004) sollte die Lasertherapie pigmentierter Naevi grundsätzlich unterbleiben. In Hammes et al.



■ **Abb. 18.3** Bildung von Pseudomelanomen nach CO₂-Laserabtragung von Naevuszellnaevi. Fehler: Falsche Indikation. (Aus Hammes u. Kimmig 2013)



■ **Abb. 18.4** Hypopigmentierungen nach LS-Therapie einer Erythrosis interfollikularis colli. Fehler: Zu hohe Energiedichte. (Aus Hammes u. Kimmig 2013; mit frdl. Genehmigung von Dr. Yaguboglu)

(2008) wird darauf hingewiesen, dass Pseudomelanome auflichtmikroskopisch und sogar histologisch in manchen Fällen nicht von Melanomen unterschieden werden können.

Fall 4 Hypopigmentierungen nach LS-Therapie einer Erythrosis interfollikularis colli (■ Abb. 18.4). Prinzipiell ist die Anwendung von LS-Systemen bei der Erythrosis interfollikularis colli sinnvoll. Jedoch wurden hier zu hohe Behandlungsenergien verwendet. Dies führt zu einer inhomogenen Aufhellung mit fleckigem Aspekt. In günstigen Fällen kann dies durch wiederholte Behandlungen ausgeglichen werden. Insbesondere wenn Pigmentzellen geschädigt wurden, kann jedoch auch eine permanente Hypopigmentierung die Folge sein. Anzuraten ist ein sehr defensives Vorgehen, um die gezeigte Problematik zu verhindern.

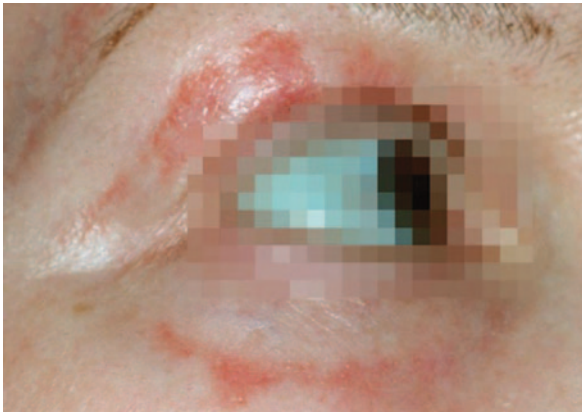


Abb. 18.5 Zustand nach Durchführung eines zu intensiven Skin-Resurfacings mittels CO₂-Lasers mit Narbenbildung. Fehler: Zu hohe Energiedichte und ggf. zu viele Durchgänge. (Aus Hammes u. Kimmig 2013)

Fall 5 Zustand nach Durchführung eines zu intensiven Skin-Resurfacings mittels CO₂-Lasers mit Narbenbildung (Abb. 18.5). Gerade im Augenbereich ist die Haut sehr empfindlich und verträgt keine zu tiefe Ablation. Daher sollte dort sehr defensiv behandelt werden, multiple Durchgänge sind zu vermeiden.

Im Folgenden werden noch 4 komplexe Fälle ohne Bildmaterial dargestellt:

Fall 6 Zustand nach Entfernung einer schwarzen Tätowierung mittels Nd:YAG-Lasers. Prinzipiell ist dieser Laser für diese Indikation sehr gut geeignet, es liegen jedoch Koagulationsnekrosen vor. Das lässt auf deutlich zu hohe Behandlungsenergien schließen. Ein häufiger Grund hierfür ist das Bestreben, die Tätowierung in möglichst wenigen Sitzungen zu entfernen. Dies sollte nicht versucht werden, vielmehr sollten die Behandlungsenergien langsam gesteigert werden, abhängig von der Nebenwirkungsrate. Abzuraten ist ebenfalls von der Behandlung unter Injektionslokalanästhesie, da durch diese die Warnfunktion des Schmerzes komplett ausgeschaltet wird und zu aggressive Energieeinstellungen unerkant bleiben können. Möglich und hilfreich ist die Anwendung von anästhesierenden Externa, da hiermit nur eine Schmerzreduktion erreicht wird.

Fall 7 Deutliche Keloidbildung nach Anwendung eines CO₂-Lasers bei Chloasma. Die möglichen Fehlerquellen sind falsche Indikationsstellung, zu hohe Energiedichte, zu viele Behandlungsdurchgänge oder falsche Wundbehandlung. Die Lasertherapie des Chloasmas gestaltet sich schwierig. Vom Prinzip einer Pigmentbehandlung her wären gütegeschaltete Laser die richtige Wahl. Es zeigte sich jedoch, dass bspw. bei der Therapie mit dem gütegeschalteten Rubinlaser nur in etwa 1/3 der Fälle eine Ver-

besserung, allerdings in einem weiteren Drittel sogar eine Verschlechterung und in den restlichen Fällen kein Effekt zu erzielen war (Raulin et al. 1998). Neuere Ansätze sehen in der Verwendung der fraktionierten Photothermolyse eine erfolversprechendere Option (Karsai et al. 2012).

Fall 8 Bei der Therapie von Tätowierungen werden häufig Fehler gemacht. Nach einer Argonlasertherapie einer Tätowierung kam es zur Keloidbildung. Der Argonlaser als Dauerstrichlaser ist nicht für die Behandlung von Tätowierungen geeignet. Er koaguliert unspezifisch und führt leicht zu Narbenbildungen. Korrekt wäre im vorliegenden Fall ein gütegeschalteter Laser mit einer an die Farbe der Tätowierung angepassten Wellenlänge gewesen.

Fall 9 Zunächst wurde eine von der Laserindikation her korrekte Behandlung einer Erythrosis interfollicularis colli mit dem gepulsten Farbstofflaser durchgeführt. Fehlerquelle war allerdings die zu hohe Energiedichte bei ungeeignetem (zu dunklem bzw. gebräuntem) Hauttyp mit konsekutiven Hypopigmentierungen. Anschließend erfolgte der Versuch einer Farbangleichung mit einem gepulsten CO₂-Laser. Dieser Laser ist für diese Indikation absolut kontraindiziert. Bei der korrekten Behandlung der Erythrosis interfollicularis colli mit dem gepulsten Farbstofflaser muss besonders vorsichtig vorgegangen werden, damit keine inhomogene Aufhellung entsteht (Hellwig et al. 1995). Hierzu sind in der Regel deutlich mehr Sitzungen notwendig als bei anderen vaskulären Indikationen. Alternativ ist der vorsichtige Einsatz der LS-Technologie möglich, die bei dieser Indikation den Vorteil hat, dass auch gleichzeitig bestehende Hyperpigmentierungen gebessert werden (Wenzel et al. 2008).

Die dargestellten Behandlungsfehler hätten durch eine fundierte Ausbildung und unter Verwendung moderner Techniken sicher vermieden werden können. Sie sind leider keine Einzelfälle und unterstreichen nochmals eindringlich die Forderung, den Einsatz von LLS auf umfassend, nachprüfbar und qualitätsgesichert geschulte Ärzte zu beschränken.

18.6 Tipps für die Praxis

Wir empfehlen folgende 6 praxiserprobte Schritte zur Prävention von Behandlungsfehlern in der Therapie mit LLS:

1. Ausbildung
 - a. Ausbildung nach definierten Qualitätsrichtlinien, z. B.
 - der Deutschen Dermatologischen Lasergesellschaft (DDL, ► www.ddl.de)
 - der Arbeitsgemeinschaft für Dermatologische Lasertherapie (ADL)

- Diploma in Aesthetic Laser Medicine, D.A.L.M. (► www.laserstudium.eu)
- b. Facharztstandard
- c. Sach- und Fachkundenachweis
- 2. Aufklärung
 - a. Rein ärztliche Tätigkeit
 - b. Gespräch ist das wesentliche Kernstück
 - c. Das schriftliche Einverständnis ist lediglich die Bestätigung des Gesagten
 - d. Realistische Zielvorgaben (Cave: Neuentwicklungen!)
 - e. Gegebenenfalls im Zweifel besser von der Therapie abraten!
 - f. Inhalt der Aufklärung
 - Diagnose
 - Alternativmethoden
 - Art, Umfang und Ablauf der geplanten Behandlung
 - Typische Begleitreaktionen und Nebenwirkungen (transient bzw. permanent)
 - Seltene Begleitreaktionen und Risiken (wenn sie für den geplanten Eingriff typisch sind)
 - Kosten
- 3. Dokumentation
 - a. Fotodokumentation
 - b. Anästhesieform
 - c. Kühlverfahren
 - d. Lasertyp und Parameter
 - e. OP-Verlauf
 - f. Begleitreaktionen, Nebenwirkungen und Komplikationen (intra- bzw. postoperativ, Infektionen, Spätkomplikationen etc.)
 - g. Bei Wiedervorstellung: Behandlungsergebnis?
- 4. Diagnose und Indikationsstellung
 - a. Beim geringsten Zweifel an der Benignität: Biopsie
 - b. Geeignete Indikation?
 - c. Kontraindikationen (z. B. dysplastische/pigmentierte Naevuszellnaevi)
 - d. Hauttyp (Hauttypen III–VI!)
 - e. Lokalisation (z. B. CO₂-Laser und Hals!)
- 5. Probebehandlung
 - a. Prinzipiell immer!
 - b. Insbesondere bei
 - Ausgedehnten Läsionen
 - Exponierten Stellen
 - Permanent Make-up (Farbumschlag)
- 6. Durchführung
 - a. Optimaler Lasertyp
 - b. Parameter (Wellenlänge, Impulszeit, Energiedichte)
 - c. Laserdurchgänge/Überlappungen
 - d. Handstücke (fokussiert/paralleler Strahlengang)
 - e. Kühlung

18.7 »Take Home Messages«

Das Indikations- und Nebenwirkungsspektrum von Lasern und LS-Geräten (LLS) ähnelt sich sehr. Daher sollten diese Geräte bei der Risikoeinschätzung und den gesetzlichen Verordnungen gleichgestellt werden.

Es konnte dokumentiert werden, dass von der Anwendung von LLS durch medizinische Laien eine reelle Gefahr ausgeht und dass das Gefahrenpotenzial nicht zu bagatellisieren ist (Hammes et al. 2012).

Nur ein Arzt kann aufgrund seiner langjährigen Ausbildung

- medizinisch korrekte Diagnosen der durch LLS zu behandelnden Hautveränderungen stellen,
- Kontraindikationen berücksichtigen (z. B. Naevuszellnaevi, Melanome, andere Malignome und deren Vorstufen),
- den Zustand der Haut vor Therapie fachlich richtig beurteilen,
- zugrunde liegende Hauterkrankungen oder systemische Erkrankungen (z. B. Hirsutismus) identifizieren,
- Nebenwirkungen frühzeitig erkennen und in diesen Fällen die Behandlung gar nicht erst beginnen bzw. bei Bedarf sofort abbrechen und
- eingetretene Nebenwirkungen korrekt, stadiengerecht und effektiv behandeln.

Dies ist nicht nur wichtig für eine sichere und effektive Behandlung, sondern verhindert Folgeschäden, für die im Zweifelsfall auch wieder die Allgemeinheit aufkommen muss (Hammes et al. 2012).

Die medizinisch-physikalischen Zusammenhänge sind so komplex, dass für Ärzte, die LLS anwenden wollen, eine Qualifizierung nach den Richtlinien der ADL, DDG, DDL (Bahmer et al. 2007) und/oder D.A.L.M. (Hammes 2011) notwendig ist. Idealerweise sollte diese Qualifizierung Curriculum-gestützt sein, sich auf einen Gegenstandskatalog beziehen und mit einer Prüfung abschließen. Ein beispielhaftes Curriculum, ein Gegenstandskatalog und mögliche Prüfungsfragen finden sich in Hammes (2011). Ein einfacher Laserschutzkurs reicht bei Weitem nicht aus.

Die Erlaubnis zur Durchführung von LLS-Therapien sollte auf das Fachgebiet des jeweils durchführenden Arztes beschränkt werden. So sollte etwa ein Dermatologe nur die Haut/Schleimhaut therapieren und nicht z. B. Stimmbänder, während ein HNO-Arzt zwar letztere, aber nicht die Haut außerhalb des HNO-Gebiets therapieren sollte. Hier müssen die Ärztekammern entsprechende Vorgaben machen, ggf. in Abstimmung mit den Fachgesellschaften.

In Deutschland ist daher eine politische Konkretisierung der Rechtsverordnung nach § 5 NiSG (Gesetz zum

Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei der Anwendung am Menschen) in Bezug auf § 2 NiSG dringend notwendig, die die Anwendung von LLS eindeutig als medizinische Behandlung definiert.

An die Deutsche Dermatologische Gesellschaft (DDG), die Deutsche Gesellschaft für Ästhetische Chirurgie (DGÄC) und ähnliche Fachgesellschaften ergeht der Aufruf, eine eindeutige Position hinsichtlich der LLS als integralen Bestandteil einer Ausbildung zum Facharzt einzunehmen (z. B. unter Einbeziehung von DDL und D.A.L.M.).

Literatur

- Anderson RR, Parrish JA (1983) Selective photothermolysis: precise microsurgery by selective absorption of pulsed radiation. *Science* 220(4596): 524–527
- Bahmer F, Drosner M, Hohenleutner U, Kaufmann R, Kautz G, Kimmig W, Landthaler M, Neumann R, Raulin C, Seeber N (2007) Recommendation for laser and intense pulsed light (IPL) therapy in dermatology. *J Dtsch Dermatol Ges* 5(11): 1036–1042
- Greve B, Raulin C (2002) Professional errors caused by lasers and intense pulsed light technology in dermatology and aesthetic medicine: preventive strategies and case studies. *Dermatol Surg* 28(2): 156–161
- Greve B, Hammes S, Raulin C (2001) The effect of cold air cooling on 585 nm pulsed dye laser treatment of port-wine stains. *Dermatol Surg* 27(7): 633–636
- Hammes S (2010) Cooling Techniques. In: Raulin C, Karsai S (Hrsg) *Laser and IPL Technology in Dermatology and Aesthetic Medicine*, 1. Aufl. Springer, Heidelberg, S 345–349
- Hammes S (2011) Qualitätssicherung in der ästhetischen Medizin durch universitäre Weiterbildung: Diploma in Aesthetic Laser Medicine, 1. Aufl. Springer, Berlin
- Hammes S, Kimmig W (2013) Nebenwirkungen und Komplikationen in der Therapie mit Laser- und Lichtgeräten. *Hautarzt* 64: 145–154
- Hammes S, Raulin C (2005) Evaluation of different temperatures in cold air cooling with pulsed-dye laser treatment of facial telangiectasia. *Lasers Surg Med* 36(2): 136–140
- Hammes S, Augustin A, Raulin C, Ockenfels HM, Fischer E (2007) Pupil damage after periorbital laser treatment of a port-wine stain. *Arch Dermatol* 143(3): 392–394
- Hammes S, Raulin C, Karsai S, Bernt R, Ockenfels HM (2008) Management papillomatöser intradermaler Nävi: Laser ja oder nein? Eine Prospektivstudie. *Hautarzt* 59(2): 101–107
- Hammes S, Karsai S, Metelmann HR, Pohl L, Kaiser K, Park BH, Raulin C (2012) Treatment errors resulting from use of lasers and IPL by medical laypersons: results of a nationwide survey. *J Dtsch Dermatol Ges*. doi: 10.1111/j.1610-0387.2012.08042.x
- Hellwig S, Schonemark M, Raulin C (1995) [Treatment of vascular malformations and pigment disorders of the face and neck by pulsed dye laser, Photoderm VL and Q-switched ruby laser]. *Laryngo- Rhino- Otologie* 74(10): 635–641
- Karsai S, Fischer T, Pohl L, Schmitt L, Buhck H, Junger M, Raulin C (2012) Is non-ablative 1550-nm fractional photothermolysis an effective modality to treat melasma? Results from a prospective controlled single-blinded trial in 51 patients. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 26(4): 470–476
- Kerl H, Raulin C, Landthaler M (2004) [Controversy in dermatology–laser therapy and melanocytic nevi]. *J Dtsch Dermatol Ges* 2(8): 681–683
- Krieger G (2005) Gutachterliche Stellungnahme zu der Frage: Stellt die Laserbehandlung die Ausübung von Heilkunde dar? In: Gutachten der RAe Krieger, Graff, Gruler & Partner, 6.10.2005, Freiburg
- Raulin C, Greve B (2003) *Laser und IPL-Technologie in der Dermatologie und Ästhetischen Medizin*, 2. Aufl. Schattauer, Stuttgart
- Raulin C, Schonemark MP, Greve B, Werner S (1998) Q-switched ruby laser treatment of tattoos and benign pigmented skin lesions: a critical review. *Ann Plast Surg* 41(5): 555–565
- Raulin C, Greve B, Hammes S (2000) Cold air in laser therapy: first experiences with a new cooling system. *Lasers Surg Med* 27(5): 404–410
- Wenzel SM, Hohenleutner U, Landthaler M (2008) Progressive disseminated essential telangiectasia and erythrosis interfollicularis colli as examples for successful treatment with a high-intensity flashlamp. *Dermatology* 217(3): 286–290

Ausgewählte Laser- und Plasmageräte

S. Hammes, H.-R. Metelmann, Firmenbeiträge

- 19.1 Einführung – 216
- 19.2 Chirurgisch-ablative Laser – 216
- 19.3 Laser für die Laserlipolyse – 218
- 19.4 Plasmageräte – 218
- Literatur – 220

19.1 Einführung

Das Konzept dieses Kapitels ist ein Ungewöhnliches für ein Lehrbuch, nämlich, einen zum Zeitpunkt der Drucklegung gültigen Überblick über Laser- und Plasmageräte für den Einsatz in einer chirurgisch-ästhetischen Praxis zu geben. Zu beachten hierbei ist, dass die Informationen eine Momentaufnahme des aktuellen Standes der Technik darstellen, der der Veränderung unterworfen ist.

Um das Kapitel so aktuell wie möglich zu machen schrieben wir alle namhaften Laser- und Plasmagerätehersteller an mit der Bitte, eine Kurzdarstellung ihres Produktportfolios für chirurgisch-ästhetische Praxen zu schicken. Dies ist für die Hersteller kostenfrei, und es gab und gibt von unserer Seite keine Selektionskriterien. Interessanterweise war der Rücklauf der Antworten sehr zähflüssig. Viele Hersteller konnten es nicht glauben, dass wir eine Präsentation ohne versteckte Kosten oder sonstige Fußangeln anboten. Möglicherweise erkannten auch manche Hersteller das Potenzial dieses Angebots nicht in vollem Umfang. Nichtsdestotrotz erhielten wir auch einige ergiebige Rückmeldungen. Um die Neutralität zu wahren, werden wir nachfolgend einen Überblick über die Geräte einer größeren Zahl von Herstellern geben, auch wenn sie sich nicht zurückgemeldet haben. Die Aufzählung erfolgt alphabetisch. Die Informationen stammen hierbei aus den Prospekten bzw. aus den eigenen Erfahrungen, wenn vorhanden. Bei von Firmen eingesandten Darstellungen vermerken wir dies entsprechend. Wenn ein Hersteller im Nachhinein feststellt, dass er doch gerne dabei gewesen wäre, bitten wir um eine kurze Meldung für die nächste Auflage.

Es sind keinerlei Zahlungen oder Vergünstigungen von Firmen an die Herausgeber geflossen. Wir haben uns bei der Auswahl um Neutralität bemüht haben.

Das Kapitel ist dreigeteilt, zunächst werden chirurgisch-ablative Laser vorgestellt, danach solche zur laser-assistierten Liposuktion und im letzten Abschnitt Plasmageräte, die eine ganz aktuelle Entwicklung darstellen.

19.2 Chirurgisch-ablative Laser

■ Alma Lasers

Von ► www.almalasers.com (keine deutsche Version)

Pixel-CO₂ Fractional CO₂-laser. Creates an ablative and thermal effect over only 20 % of the skin's surface. Remaining tissue surrounding the micro-injury sites initiate the process of healing. Considerable reduction in downtime, compared to traditional CO₂ resurfacing. Minimal risk of side effects. Natural-looking results.

Harmony Family Cosmetic Laser Systems Fractionated skin treatment – Pixel Pro Handpiece. Wrinkles and acne scars – 1320 Nd:YAG Handpiece.

■ Asklepion

Von ► <http://www.asclepion.com>

MCL31 Dermablade Er:YAG für die Dermatologie und ästhetische Medizin. Fraktionierte Lasertherapie. Integrierte Rauchabsaugung mit Triple-Filtersystem. VarioTEAM-Handstück mit variabler Spotgröße. MicroSpot-Handstück mit variabler Covernrate (optional). Variable Pulslänge. Koagulations-Modus für ein sauberes und sichtbares Behandlungsareal. Neues Display. Einfache Bedienung via iPad (optional). Spezieller Fußschalter (optional)

MultiPulse CO₂-Laser. Dermatologie und plastische Chirurgie. Fraktionierte Lasertherapie. Blepharoplastik. Hals-, Nasen-, Ohrenheilkunde. Urologie und Gynäkologie. Umfangreiche Auswahl an Zubehör und Scannern. Vielseitiger Laser für chirurgische Anwendungen. Klein, handlich und einfach zu bedienen

■ Candela

Von ► <http://syneron-candela.de>

CO2RE Fractional CO₂ Resurfacing System. CO2RE ist ein vielseitig einsetzbares, fraktioniertes CO₂-System, das eine gezielte und effektive Behandlung der Hautoberfläche sowie der tieferen Hautschichten ermöglicht. So lassen sich herkömmliche CO₂-Resurfacing-Behandlungen und die Entfernung von Läsionen per Laser durchführen. Das CO2RE-System ermöglicht die gleichzeitige Behandlung von sowohl oberflächlichen als auch tieferen Hautschichten durch die exakte Steuerung von Intensität, Bereich und Tiefe der Ablation.

■ Cynosure

Von Marie Borgemeister, Cynosure GmbH

Cellulaze™ Workstation Der gepulste Nd:YAG-1440-nm-Laserstrahl des Cellulaze wird mit der geschützten SideLaze3D™-Faser unter die Haut geleitet, um Cellulite dort anzugreifen, wo sie entsteht: in den tieferliegenden Gewebeschichten.

Konzeption: Bisher veröffentlichte Studien haben gezeigt, dass durch thermisch überwachte, subkutane Laserbehandlungen folgende Ergebnisse erzielt werden können:

- Gewebestraffung durch Koagulation,
- verbesserte Hautelastizität resultierend aus der Auflösung der Fettzellenmembran,

- Koagulation der Kollagenfaserbänder an den Zellmembrankontaktstellen,
- Umstrukturierung der retikulären Dermis und Kollagenneubildung.

Der Cellulaze-Wirkungsmechanismus nutzt ausschließlich eine 1 440-nm-Nd:YAG-Wellenlänge und tritt 3fach in Aktion, um die Ursachen von Cellulite gezielt zu bekämpfen: Die für die »Orangenhaut« verantwortlichen Fettklumpchen im Gewebe werden aufgespürt und geschrumpft, tief im Gewebe liegende Bindegewebsfasern, die das Fett einschließen, thermisch durchtrennen, und die Kollagen- und Elastinbildung am Übergang zur Hypodermis wird gefördert.

Dabei verwendet Cellulaze die Cynosure SideLaze3D™-Fasertechnologie, welche den Laserzielstrahl zu den Seiten hin leitet und so eine präzisere, effizientere Behandlung des Gewebes ermöglicht. Das in den Laser integrierte ThermaGuide™-System von Cynosure überwacht die Temperaturendpunkte, während die SmartSense™-Bewegungssteuerung Hotspots verhindert und für eine besonders gleichmäßige Behandlung sorgt.

Durch einen kleinen Hautschnitt wird die optische SideLaze-Laserfaser als erstes in das Fettgewebe eingeführt, wo sich Mikrobläschen an der Spitze der Faser bilden, durch die die Laserenergie in die Adipozyten geleitet wird. Dadurch werden die Fettklumpchen, die für die Cellulite verantwortlich sind, aufgelöst.

Klinische Studien an Cellulite-Patientinnen (DiBernardo 2011) haben gezeigt, dass eine einzige Behandlung mit Cellulaze das Erscheinungsbild der Haut für > 1 Jahr verbessern kann (DiBernardo 2013). Drei Monate nach dem Eingriff sind die Veränderungen des Hautbilds meist besonders gut zu sehen. Septen formen sich an anderen Stellen neu, während das neu produzierte Kollagen die Haut dicker und elastischer macht. Eventuell auftretende minimale Nebenwirkungen (leichte Schmerzen, blaue Flecken, Schwellungen und Taubheitsgefühle) sollten zu diesem Zeitpunkt bei allen Patienten vollständig abgeklungen sein. Die Auswertung der Studie DiBernardos zeigt deutlich den Behandlungserfolg, der 1 Jahr nach einer einmaligen Cellulaze-Behandlung verzeichnet werden kann:

- Mit Ultraschallmessungen wurde eine Steigerung der Hautdicke um durchschnittlich 25 % nachgewiesen.
- Messungen mit der DermaLab-Sonde zeigten eine Erhöhung der Hautelastizität um durchschnittlich 29 %.
- Die Probanden befanden ihre Haut als elastischer und 93 % der Patientinnen zeigten sich mit dem Ergebnis der Cellulitebehandlung zufrieden.

■ Lumenis

Von ► www.lumenis.com (deutsche Website aktuell nicht verfügbar)

UltraPulse® With six times the power of most CO₂ lasers, the UltraPulse system is the laser for advanced applications. Delivering speed, versatility, performance and precision, UltraPulse easily supports a full spectrum of aesthetic and surgical capabilities. 6x more powerful than other CO₂ lasers, 4x the depth of penetration of any other CO₂ laser (up to 4.0 mm), 2x the treatment speed of most CO₂ lasers, 240 Watts of power to tissue, 225 mJ of energy, Optimal ablation / coagulation ratio, Effective single treatment, single pass => means fast recovery, Advanced patented technologies, Offers the most delivery options, Customizable with unmatched versatility in range of treatments, Low cost consumables, 34 FDA cleared dermatology and plastic surgery indications.

AcuPulse 40WG 40 Watt CO₂ Laser with FiberLase Flexible Fiber

AcuPulse 30/40ST 30/40 Watt CO₂ Laser with or without SurgiTouch Automation

AcuPulse DUO A unique combination of fiber and free beam energy delivery in a single device

■ Palomar

Von Dr. Christian Turck, Palomar Medical Technologies GmbH

ICON™ 300 Basisstation für eine Vielzahl frei wählbarer, behandlungsspezifischer Laser- und IPL-Handstücke, z. B. fraktioniertes Resurfacing, permanente Haarreduktion uvm. In zahlreichen klinischen Studien lieferte das ICON™-Laser- und OPL-System mindestens vergleichbare, z. T. sogar bessere Ergebnisse als Laser, die nur für eine Indikation einsetzbar sind. Die Schmerzsensationen während der Behandlungen fielen sogar geringer aus. Nachfolgend eine Auswahl von Handstücken:

- 1540 Fractional Laser (Laserhandstück zur Falten- und Narbenbehandlung): Fraktionierter, nichtablativer Laser zur Hautverjüngung und Behandlung von chirurgischen Narben, Aknenarben, Schwangerschafts- und Dehnungsstreifen (Striae) sowie Melasmen. Der nonablative 1540 Fractional Laser ist der weltweit erste, der eine FDA-Zulassung für die Behandlung von Striae erhalten hat (de Angelis et al. 2011).
- 2940™ Fractional Laser: Ablatives, fraktioniertes Laserhandstück zur Einmalbehandlung von Falten, Linien und Unregelmäßigkeiten in der Hautstruktur. Das Groove™-Optiksystem bietet eine hohe ablative Abdeckung bei vergleichsweise geringen Ausfallzeiten. Technische Daten: 2 940 nm, Spotgrößen 6 × 6 mm und 10 × 10 mm, Impulslängen 0,25, 3 und 5 ms

Emerge™ Fraktioniertes Resurfacing ohne Anästhesie. Diodenlaser der Klasse I im Kompaktformat für den Einstieg in fraktionierte Laserbehandlungen. Emerge™ liegt das Prinzip der fraktionierten Photothermolyse zugrunde. Nonablative Impulse werden als Reihe von Mikrostrahlen emittiert, um Koagulationssäulen in der Epidermis und Dermis zu erzeugen, während das umliegende Gewebe unbehandelt bleibt. So kann der natürliche Heilungsprozess des Körpers neues und gesundes Gewebe aufbauen, das die koagulierten Bereiche ersetzt. Die oberste Hautschicht bleibt intakt. Technische Daten: Wellenlänge: 1 410 nm, Spotgröße: 8 × 12 mm, Fluence: 10–30 mJ/mb, Pulsdauer: 4–20 ms Gewicht: Basiseinheit: 3,0 kg

19.3 Laser für die Laserlipolyse

■ Palomar

Von Dr. Christian Turck, Palomar Medical Technologies GmbH

SlimLipo™ Körpermodellage, Laserlipolyse und Hyperhidrose-Behandlungen. SlimLipo™ emittiert Laserlicht in den Wellenlängen 924 nm und 975 nm, die sowohl einzeln als auch kombiniert abgegeben werden können – abhängig davon, ob das Ziel Fettabsaugung, Gewebestraffung oder Hyperhidrose ist. Die selektive Photothermolyse bereitet die im Fettgewebe befindlichen Lipide für eine erleichterte Absaugung vor. Hieraus resultiert eine effiziente Fettreduzierung und Gewebeerhitzung bei deutlich geringerer Traumatisierung. Die Erhitzung des dermalen Gewebes hat eine zusätzliche Straffung der Haut zur Folge. Viele herkömmliche Laserlipolysesysteme geben ihre Hitze nur über die Spitze ab. Durch die Konzeption der SlimLipo™-Behandlungsspitze wird eine größere Gewebefläche erhitzt. Technische Daten: Wellenlänge 924 nm, 975 nm, 924 nm und 975 nm kombiniert, Lasertypus Diodenlaser, Pulsdauer 100 µs, kontinuierliche Welle (CW), Leistung 4–24 W variabel und 8–40 W variabel, Frequenz bis zu 100 Hz, Zielstrahl 635 nm, Spotgröße 1,5 mm, Länge der sterilen Tips: 100 nm, 175 nm, 275 nm.

19.4 Plasmageräte

■ neoplas Tools GmbH

Von, Renate Schönebeck, neoplas tools GmbH, Greifswald
 »Plasma bewirkt eine hervorragende Desinfektion. Wir haben Wunden zubekommen, die wir über Jahre hinweg mit klassischen Methoden nicht beeinflussen konnten. Allein für diese Anwendung lohnt es sich schon, das Plasma zu haben.« Zitat Prof. Dr. J. Lademann, Charité – Universitätsmedizin Berlin auf dem Hauptstadtkongress Medizin und Gesundheit 2013.

Was ist kaltes Plasma und wie wirkt es? »Physikalisches Plasma wird auch als der 4. Aggregatzustand der Materie bezeichnet, den man sich gut am einfachen Beispiel des Wassers vorstellen kann. Als Eis liegt es in fester Form vor. Führt man Energie zu, schmilzt das Eis zu Wasser und liegt in flüssiger Form vor. Führt man weiter Energie zu, verdampft das Wasser und liegt schließlich gasförmig vor. Wird einem Gas noch mehr Energie zugeführt, entsteht ein Plasma – ein Zustand, in dem sich aus den Gasatomen äußere Elektronen lösen. Es entstehen reaktive Radikale sowie UV-Strahlung. Die mittlere Temperatur kann dabei Raumtemperatur haben (»Niedertemperaturplasmen«) und ist für den Einsatz im medizinischen Bereich geeignet.«

Einsatz von Plasma in der Medizin Argonplasma-Geräte werden in der Gastroenterologie und Chirurgie schon seit vielen Jahren, z. B. für die Stillung innerer Blutungen, aber auch für Leberresektionen oder Polypektomien eingesetzt. Hierbei macht man sich die kontaktfreien thermischen Effekte zur Blutstillung zunutze. Kaltes gewebeverträgliches Plasma ermöglicht hingegen die direkte Anwendung an der Haut ohne Anästhesie. In den letzten Jahren gelang es Forschern, eine Technik zu entwickeln, die die Temperatur des ionisierten Gases stabil bei ca. 40°C hält und den sicheren, medizinischen Einsatz erlaubt. 2013 wurden die ersten Kaltplasmageräte als Medizinprodukt zugelassen und sind damit im klinischen Alltag nutzbar.

Wirkmechanismus Durch die synergetische Kombination mehrerer Komponenten des Plasmas, wie Applikation angeregter Gasspezies (z. B. aktivierter Sauerstoff- und Stickstoffmoleküle), einer leichten Bestrahlung im UV-Lichtbereich, einem Stromfluss und einer topisch kurzfristigen Temperaturerhöhung, entsteht eine antimikrobielle Wirkung an der vom Plasmajet getroffenen Oberfläche. Dies führt z. B. bei Keimen zur Zerstörung der Zellwand.

Indikation Die ersten Einsatzgebiete der Kaltplasmabehandlung mit dem kinpen MED waren chronische, infizierte Wunden, wie z. B. Ulcera Cruris und Hauterkrankungen, die durch Erreger hervorgerufen wurden. Die neuartige Technik stimuliert und beschleunigt auch die Wundheilung bei nichtinfizierten Wunden durch Unterstützung der Zellproliferation (Metelmann et al. 2013). Sie zeigt auch bei Problemkeimen gute Ergebnisse. Studiendaten belegen eine hohe Wirksamkeit bei typischen Wundkeimen und multiresistenten Bakterien wie Pseudomonas, Klebsiellen, methicillinresistenten S.-aureus-Erregern (von Woedtke u. Weltmann 2013).

Weitere Studien mit kaltem Plasma zur Hautdesinfektion zeigten keine störenden Empfindungen während der Behandlung und eine sehr gute Verträglichkeit bei einer Behandlungsdauer unter 2 min pro Areal (Daeschlein et al. 2012b).

Kontraindikation Aufgrund der Neuheit der Methode raten wir zum restriktiven Einsatz des Verfahrens unter kontrollierten Bedingungen. Stark nekrotische Wunden müssen zuerst klassisch-mechanisch ein Debridement erfahren, bevor die Behandlung stattfindet. Wegen des auftretenden, geringen Stromflusses sollten Patienten mit Schrittmacher oder Defibrillatoren nicht mit dieser Methode behandelt werden. Auch bezüglich einer Behandlung von kachektischen und herzinsuffizienten Patienten existieren noch keine ausreichenden Daten.

Anwendung in der Praxis Die Geräte (kinpen MED, neoplas tools GmbH) zeichnen sich durch eine einfache Handhabung aus. Der Arzt überstreicht den betroffenen Hautbereich mit dem Plasmajet gleichmäßig in einer Geschwindigkeit von etwa 5 mm/s. Die Prozedur wird im Abstand einiger Tage bis zum Erreichen des Therapieziels wiederholt. Das Kaltplasmagerät ist bei Hautarealen von bis zu 30 cm² Größe einsetzbar. Die Plasmabehandlung sollte gemäß dem Ermessen des behandelnden Arztes adjuvant zu anderen Therapieformen, wie z. B. der topisch-medikamentösen Therapie oder der Gewebeexzision angewandt werden. Zur Vermeidung ungewollter Wechselwirkungen wird empfohlen, die Plasmabehandlung zeitlich vor der topisch-medikamentösen Therapie anzusetzen.

Für Patienten erweist sich die Kaltplasmaanwendung als sehr schonend. Während der Studien zeigten sich keine Nebenwirkungen. Die Studienteilnehmer gaben an, dass sie die Behandlung als schmerzfrei und gut verträglich erlebten.

■ CINOGY

Von Dr. Dirk Wandke, CINOGY GmbH

»Heiße« Plasmen werden in der Medizin seit Jahrzehnten eingesetzt, wobei bisher die Hauptanwendung im chirurgischen Bereich liegt, z. B. in der Gewebetrennung und der Koagulation oder zur Gefäßverödung zwecks Blutstillung. Die Anwendungen erfolgen täglich weltweit millionenfach in vielen Operationsbereichen und können, solange sie bestimmungsgemäß eingesetzt werden, medizinisch als unbedenklich eingestuft werden. Meist werden bei den Geräten Edelgase wie Argon oder Helium zugeführt, mit denen (im Luftgemisch) nach Zündung des Plasmas dieses aus einer Düse ausgetrieben und dem Wundbereich punktförmig zugeführt wird. Obwohl mit diesen Geräten auch mit gewebeschonenden Temperaturen gearbeitet werden kann, sind sie weniger für flächenhafte als für punktuelle Behandlungen geeignet. Daher mussten für plasmamedizinische Anwendungen, die nicht auf den klassisch-chirurgischen Indikationen wie der Gefäßkoagulation und Gewebetrennung beruhen, neue Gerätetypen entwickelt werden, um ohne Zeitverlust

vergleichsweise auch größere Flächen, z. B. auf der Haut, und Wunden behandeln zu können.

Mit der modernen DBD-Technologie (Dielektrisch Behinderte Entladungs-Technologie) wurde es möglich, hohe Spannungen sicher über hautnahe Elektroden unter der gewünschten Plasmabildung zu entladen. Dabei ist es kürzlich gelungen, sehr homogene, d. h. behandlungstabile, gleichmäßige Plasmen zu erzeugen, die eine Plasmabehandlung von Flächen bis zu > 25 cm² ermöglichen. Außerdem kommen diese Geräte ohne zusätzliche Gaszufuhr aus, wodurch eine bessere Mobilität mit mehr Einsatzmöglichkeiten auch ambulant erreicht wurde (kein Austausch oder Transport von Gasflaschen notwendig). Mittlerweile ist in Deutschland ein ausgereiftes Gerätesystem zugelassen, das aus einem buchgroßen Steuergerät und einem etwa fingerdicken und ca. 20 cm langem Behandlungsstift besteht, an dessen Ende die Elektroden platziert sind.

Gerätetechnik Zur Behandlung muss 230-V-Spannungsvorsorgung vorhanden sein. Eine Absaugung bei der üblichen Behandlung ist nicht erforderlich, da nur unkritische Mengen von Ozon freigesetzt werden. Nach dem Einschalten des Geräts und Aufstecken der Einmalelektrode kann die Behandlung beginnen. Nach fest eingestellten Zeiten wird die Plasmagenerierung unterbrochen. Weitere gerätetechnische Besonderheiten sind nicht zu berücksichtigen.

Plasma und Plasmaerzeugung Der Begriff »Plasma« beschreibt einen aus der Physik bekannten nichtklassischen Aggregatzustand, in den jedes beliebige Gas und damit auch Luft als Gasgemisch durch Energiezufuhr überführt werden kann. Durch Abtrennung von Ladungsträgern und Aufspaltung molekularer Verbindungen können ursprünglich inerte Gase, wie z. B. Luft, in einen reaktiven »Cocktail« aus unterschiedlichen Spezies umgewandelt werden, der im Plasmazustand zellstimulierende und mikrobizide Eigenschaften aufweist. Dabei kann gezielt ein Zustand eingestellt werden, bei dem die Gastemperatur auf dem Niveau der Raumtemperatur und damit unterhalb der Grenze für eine thermische Wirkung bleibt (Kuchenbecker et al. 2009).

Anwendung und Hygienemaßnahmen Außer der Desinfektion des Handstücks mithilfe eines desinfektionsmittelhaltigen Wischtuchs sind keine besonderen Hygienemaßnahmen erforderlich. Bei Behandlung von Patienten mit Problemkeimen müssen die Kautelen, wie vom RKI für die jeweiligen Erreger empfohlen, umgesetzt werden. Das Gerät ist mit einem sterilen Abstandhalter zu benutzen, der nach jeder Behandlung verworfen wird (Einmalprodukt).

Durch Aufsetzen des PlasmaDerm®-Geräts auf Haut- oder Wundoberfläche wird das zu behandelnde Areal mit »kaltem« Plasma behandelt. Je nach Größe kann zwischen den verschiedenen Varianten der PlasmaDerm®-Gerätefamilie ausgewählt werden, um eine gleichmäßige und simultane Behandlung der gesamten Fläche zu gewährleisten.

Die Dosis wird über die Behandlungszeit gesteuert und in individueller Absprache mit dem behandelnden Arzt festgelegt (Empfehlung: ca. 30–60 s/cm²).

Wie wird behandelt? Zur Behandlung wird im Einhandbetrieb der Stift vom Behandler umfasst, und mit der Elektrode werden die zu behandelnden Flächen abgefahren, wobei bei richtigem Elektrodenabstand ein charakteristisches Entladungsgeräusch hörbar wird. Das Geräusch zeigt die effektive Plasmabildung und damit die richtige Elektrodenposition an (Abstand zur Oberfläche, z. B. Haut). Veränderungen der Frequenz und Sistieren des Geräuschs sind ein Hinweis auf falsche Positionierung der Elektrode. Nach Gehör kann entsprechend durch Korrigieren der Position der richtige Abstand rasch wiederhergestellt werden. Je nach Indikation wird pro Flächeneinheit zwischen 15 s und 2 min behandelt. Die Anwendung kann mehrmals täglich wiederholt werden und erfolgt meist im Abstand von 2–3 Tagen über 1–2 Wochen – im Einzelfall und je nach Indikation auch länger.

Indikationen Die Geräte der PlasmaDerm®-Familie eignen sich für die lokale Behandlung mikrobiell kontaminierter, besiedelter bzw. infizierter Haut und Hautwundareale. Das Gerät ist seit Kurzem als Medizinprodukt für die antimikrobielle Behandlung von Haut und Wunden zugelassen. Es kann über die Fa. CINOGY (Duderstadt, Deutschland) bezogen werden.

Anwendungssicherheit Die Geräte der PlasmaDerm®-Familie erzeugen ein gewebeverträgliches Plasma mit Gastemperaturen auf Körpertemperaturniveau.

Studienlage Anhand verschiedener In-vitro- und In-vivo-Untersuchungen wurde die antimikrobielle Leistungsfähigkeit unter Beweis gestellt. Außerdem konnte gezeigt werden, dass die Behandlung problemlos vertragen wird (Rajasekaran et al. 2011; Daeschlein et al. 2012a,b). In vitro wurde eine potente Wirksamkeit gegen alle wichtigen Haut- und Wundkeime sowie klinisch relevante Pilzerreger gezeigt (Daeschlein et al. 2009, 2012b). Auch gegen multiresistente Erreger zeigen sich keine klinisch relevanten Unterschiede der Wirksamkeit im Vergleich mit den nichtmultiresistenten Varianten (Daeschlein et al. 2012c, 2013a).

Durch die Universitätsmedizin Göttingen wurde in einer randomisierten, zweiarmigen, kontrollierten klinischen Prüfung nach DIN EN ISO 14155 die Sicherheit für Patient und Anwender, die antimikrobielle Wirksamkeit an chronischen Ulcuswunden und die Praktikabilität nachgewiesen (Daeschlein et al. 2013b; Emmert et al. 2013a,b).

Synopsis Anwendungen und Anwendungssicherheit von Plasmaderm®

- Sehr gute Wirksamkeit gegen typische Wundkeime in z. B. chronischen Ulcuswunden
- Wirkung gegen MRSA, ESBL, VRE und andere Problemkeime
- Rascher Wirkungseintritt
- Sehr gute Verträglichkeit
- Keine relevanten Nebenwirkungen
- Einfach anzuwenden

Literatur

- de Angelis F, Kolesnikova L, Renato F, Liguori G (2011) Fractional nonablative 1540-nm laser treatment of striae distensae in Fitzpatrick skin types II to IV: clinical and histological results. *Aesthet Surg J* 31(4): 411–419
- Daeschlein G, von Woedtke T, Kindel E, Brandenburg R, Weltmann KD, Jünger M (2009) Antibacterial activity of atmospheric pressure plasma jet (APPJ) against relevant wound pathogens in vitro on simulated wound environment. *Plasma Process Polym* 6: 224–230
- Daeschlein G, Scholz S, Ahmed R, von Woedtke T, Haase H, Niggemeier M, Kindel E, Brandenburg R, Weltmann KD, Juenger M (2012a) Skin decontamination by low-temperature atmospheric pressure plasma jet and dielectric barrier discharge plasma. *J Hosp Infect* 81(3): 177–183
- Daeschlein G, Scholz S, Ahmed R, Majumdar A, von Woedtke T, Haase H, Niggemeier M, Kindel E, Brandenburg R, Weltmann KD, Jünger M (2012b) Cold plasma is well-tolerated and does not disturb skin barrier or reduce skin moisture. *J Dtsch Dermatol Ges* 10(7): 509–515
- Daeschlein G, Scholz S, Arnold A, von Podewils S, Haase H, Emmert S, von Woedtke T, Weltmann KD, Jünger (2012c) In vitro susceptibility of important skin and wound pathogens against low temperature atmospheric pressure plasma jet (APPJ) and Dielectric barrier discharge plasma (DBD). *Plasma Process Polym* 9(4): 380–389
- Daeschlein G, Scholz S, von Podewils S, Arnold A, Klare I, Haase H, Emmert S, von Woedtke T, Jünger M (2013a) Cold plasma – a new antimicrobial treatment tool against multidrug resistant pathogens. In *Worldwide Research Efforts in the Fighting Against Microbial Pathogens – From Basic Research to Technological Developments*. Ed. Mendez-Vilas. Brown Walker Press Boca Raton, Florida, USA 110–113
- Daeschlein G, Napp M, von Podewils S, Lutze S, Emmert S, Lange A, Klare I, Haase H, Gumbel D, von Woedtke T, Jünger M (2013b) In vitro susceptibility of multidrug resistant skin and wound pathogens against low temperature Atmospheric Pressure Plasma

- Jet (APPJ) and Dielectric Barrier Discharge Plasma (DBD). *Plasma Process Polym* (submitted in 2013)
- DiBernardo BE (2011) Treatment of Cellulite Using a 1440-nm Pulsed Laser With One-Year Follow-Up. *Aesthet Surg J* 31(3): 328–341
- DiBernardo BE (2013) Cellulite Treatment Using the ND:YAG 1440-nm Wavelength Laser With Side-Firing Fiber: Three-Year Follow-Up. *Plastic Surgery Pulse News* 5: 1
- Emmert S, Isbary G, Kluschke F, Lademann J, Westermann U, Podmelle F, Metelmann HR, Daeschlein G, Masur K, von Woedtke T, Weltmann KD (2013a) Clinical plasma medicine – position and perspectives in 2012: Paper of consent, result of the workshop »Clinical Concepts in Plasma Medicine«, Greifswald, april 28th, 2012. *Clinical Plasma Medicine* 1: 3–4
- Emmert S, Brehmer F, Hänßle H, Helmke A, Mertens N, Ahmed R, Simon D, Wandke W, Maus-Friedrichs W, Daeschlein G, Schön MP, Viöl W (2013b) Atmospheric pressure plasma in dermatology: Ulcus treatment and much more. *Clinical Plasma Medicine*. doi: 10.1016/j.cpme.2012.11.002
- Kuchenbecker M, Bibinov N, Kaemling A, Wandke D, Awakowicz P, Viöl W (2009) Characterization of DBD plasma source for biomedical applications. *J Phys D: Appl Phys* 42, 045212(10pp)
- Metelmann HR et al. (2013) Scar formation of laser skin lesions after cold atmospheric pressure plasma (CAP) treatment: A clinical long term observation. *Clin Plasma Med* 1(1): 30–35
- Rajasekaran P, Opländer C, Hoffmeister D, Bibinov N, Suschek CV, Wandke D, Awakowicz P (2011) Characterization of Dielectric Barrier Discharge (DBD) on Mouse and Histological Evaluation of the Plasma-Treated Tissue. *Plasma Process Polym* 8: 246–255
- von Woedtke T, Weltmann KD (2013) Plasmamedizin – medizinische Anwendung von physikalischem Plasma. *Hygiene & Medizin* 05/2013

Ausgewählte Medikamente

S. Hammes, H.-R. Metelmann, Firmenbeiträge

- 20.1 Einleitung – 224
- 20.2 Anästhesierende Präparate – 224
- 20.3 Wundheilungsfördernde Präparate – 224
- Literatur – 226

20.1 Einleitung

In diesem Kapitel werden einige Medikamente vorgestellt, die für die Lasermedizin in der Ästhetischen Chirurgie wichtig sind. Zu beachten hierbei ist, dass die Informationen eine Momentaufnahme des aktuellen Standes der Technik darstellen, der der Veränderung unterworfen ist.

Es sind keinerlei Zahlungen oder Vergünstigungen von Firmen an die Herausgeber geflossen. Wir haben uns bei der Auswahl um Neutralität bemüht haben.

Es werden 2 Gruppen von Medikamenten vorgestellt: Die anästhesierende Präparate und die wundheilungsfördernde Präparate.

20.2 Anästhesierende Präparate

Viele Lasereingriffe in der Ästhetischen Chirurgie sind schmerzhaft. Oft reicht die Kaltluftanästhesie, die zumeist in der dermatologischen Lasertherapie eingesetzt wird, nicht aus. Daher muss, wie beim konventionell-chirurgischen Vorgehen, oft auf eine lokale Anästhesie ausgewichen werden. Eine Vollnarkose ist im Allgemeinen entbehrlich. Zum Einsatz kommen vielfach die aus der Chirurgie der Körperoberfläche bewährten Injektionslokanästhetika.

Bei einer dadurch erreichbaren vollständigen Anästhesie ist ein Wort der Warnung angebracht. Bei der Lasertherapie ist die Warnfunktion des Schmerzes nicht zu vernachlässigen, kann sie doch vor ungeeigneten Parameterkonstellationen frühzeitig warnen. Wenn diese Warnfunktion jedoch vollständig entfällt, muss sich der Therapeut bezüglich der Lasereinstellungen ganz sicher sein, denn eine sofortige Rückmeldung vom Patienten bleibt aus. Viele schwere Behandlungsfehler sind auf diesen Verlust der Warnfunktion zurückzuführen. Beispiele sind stark überhöhte Behandlungsenergien bei Tätowierungsbehandlungen oder Haarentfernungen, bei denen Verbrennungen und z. T. sogar Koagulationsnekrosen die Folge sein können. Im ästhetisch-chirurgischen Bereich können bspw. zu tiefe Ablationen die Folge sein.

Ein weiterer Nachteil von Injektionslokanästhetika ist die dadurch induzierte Schwellung. Diese ist zwar nach einiger Zeit reversibel, kann aber insbesondere bei Ablationen, die zu früh nach der Injektion durchgeführt werden, zu einer Fehlbeurteilung bezüglich der realen Oberflächenstruktur führen und damit eine zu tiefe Ablation nach sich ziehen, die nach Rückgang der Schwellung als Delle imponiert.

Einen guten Mittelweg für viele Indikationen der chirurgisch-ästhetischen Lasertherapie stellen topische Lokalanästhetika dar. Sie können eine komfortable Anästhesie erzeugen, die für die meisten Eingriffe ausreicht,

■ Tab. 20.1 Rezeptur für Lokalanästhetika

Wirkstoff	Menge (g)
Lidocainum	46
Prilocainum Hydrochloricum	14
Hydrophobes Basisgel	140

erhalten jedoch in gewissem Umfang die Schmerzempfindung, die somit weiterhin als Warnsignal genutzt werden kann. Auch entfällt die Schwellungskomponente, sodass eine bessere topografische Beurteilung der Hautoberfläche möglich wird.

Als Nachteil der topischen Lokalanästhetika ist der unterschiedlich stark ausgeprägte Quelleffekt in der Epidermis zu nennen. In gewissem Umfang ist es möglich, dass dieser oberflächliche Ablationen beeinträchtigt. In der Praxis kann dies jedoch zumeist vernachlässigt werden.

■ Emla®-Creme

Emla®-Creme (Lidocain, Prilocain) ist ein bewährtes Präparat zur topischen Lokalanästhesie. Die Wirkung ist mittelstark. Es ist auch für Kinder ohne Altersbegrenzung zugelassen. Für viele chirurgisch-ästhetische Lasereingriffe ist die anästhesierende Wirkung nicht stark genug. Die Anwendung unter Okklusion verstärkt die Wirkung deutlich.

■ Lidocain-/Prilocain-Rezeptur

Deutlich stärker wirksame topische Lokalanästhetika können mittels Rezepturen erzeugt werden. Ein bewährtes Beispiel ist in ■ Tab. 20.1 dargestellt.

Die Rezeptur kann von Apotheken angefertigt werden, ihre Wirkung ist sehr intensiv. Viele chirurgisch-ästhetische Lasereingriffe können damit durchgeführt werden. Beispielsweise sind Skin-Resurfacings damit und einer begleitenden Kaltluftkühlung ohne weitere Maßnahmen (insbesondere ohne Vollnarkose bzw. Analgosedierung) komfortabel möglich. Die Anwendung unter Okklusion verstärkt die Wirkung deutlich.

20.3 Wundheilungsfördernde Präparate

Von Dr. Tobias Zahn, Birken AG

■ Wirkstoff Betulin

Eine Laserbehandlung beeinträchtigt eine der wichtigsten Aufgaben der Haut: ihre Barrierefunktion. Die intakte Hautbarriere verhindert einerseits ein Eindringen schädlicher Mikroorganismen oder irritierender Substanzen

und schützt andererseits den Körper vor einem erhöhten Wasserverlust. Damit stellt die Beschaffenheit der Barriere-schicht einen wichtigen Indikator für die Hautgesundheit dar. Ihre Aufgaben werden im Wesentlichen durch die Hornschicht (Stratum corneum) der Epidermis bewältigt. Diese bildet als oberste Schicht des verhornenden Plattenepithels gemeinsam mit den zwischen den Hornzellen eingelagerten Lipiden eine wasserabweisende Schutzschicht. Ist diese in ihrer Funktion gestört, ist der Schutz nicht mehr flächendeckend, und die Haut wird in der Folge durchlässig für Krankheitserreger oder sensibilisierende Substanzen.

Ein Pflegeprodukt für eine Haut mit gestörter epidermaler Barrierefunktion, wie sie bei trockener und empfindlicher Haut regelmäßig vorliegt oder durch eine Laserbehandlung akut verursacht ist, sollte im Idealfall ohne Emulgatoren und Konservierungsmittel auskommen und nur wenige weitere Inhaltsstoffe enthalten. Emulgatoren können einen schädigenden Einfluss auf die Hautbarriere haben, da sie mit dieser häufig Wechselwirkungen eingehen (Daniels u. Laszczyk 2008). Die Emulgatoren sind in der Lage die natürlichen Hautlipide der Hornschicht zu emulgieren und aus dieser herauszulösen. Dazu lagern sich diese in die Lipidlamellen der Oberhaut ein und öffnen diese. Beim Waschen unterstützen sie dadurch die Entfettung der Haut, in deren Folge dort eingelagerte Feuchtigkeit verdunstet und die Haut austrocknet.

Mit Betulin, einem Wirkstoff gewonnen aus der weißen Birkenrinde (*Betula alba* bark), ist es möglich den Emulgator zu ersetzen. Betulin ist in der Lage, Öl und Wasser zu einer emulgatorfreien, feststoffstabilisierten Emulsion zu verbinden. Diese sog. Betulsion ermöglicht es, auf Emulgatoren zu verzichten. Die zusätzlichen antimikrobiellen Eigenschaften des Betulins bewirken, dass für die Formulierung keine Konservierungsmittel notwendig sind und diese trotzdem mikrobiologisch stabil bleibt (Daniels u. Laszczyk 2008). Für die Behandlung und Pflege einer barrieregeschädigten, empfindlichen oder gereizten Haut eignen sich daher die Betulsionen in besonderem Maße. Durch den Verzicht auf Emulgatoren, Konservierungs- sowie weiterer Zusatz- und Reizstoffe werden der empfindlichen Haut keine zusätzlichen sensibilisierenden Substanzen zugeführt (Daniels u. Laszczyk 2008). Für Birkenpollen-Allergiker ist Betulin ebenfalls unbedenklich, da die allergieauslösenden Proteine der Birkenblütenpollen nicht im Birkenrindenextrakt enthalten sind.

Neben der Eigenschaft, in einer feststoffstabilisierten Emulsion Emulgator sowie Konservierungsstoff ersetzen zu können, ist Betulin zugleich ein Wirkstoff mit hochinteressanten Eigenschaften zur Unterstützung der Hautregeneration.

■ Studien zu Betulin

Dem Extrakt aus der weißen Birkenrinde werden in der Literatur hautpflegende, hautschützende und wundheilungsfördernde Eigenschaften zugesprochen. In vitro oder im Tiermodell konnten antibakterielle, antimykotische und antivirale Effekte (Weigenand et al. 2004; Kuiate et al. 2007) sowie differenzierungs- und wundheilungsfördernde Wirkungen an der Haut beobachtet werden (Galgon et al. 2005; Wölflle et al. 2010; Ebeling et al. 2014).

Regenerative Effekte auf die Haut beschreiben zudem die Ergebnisse einer Studie der Hautklinik des Städtischen Klinikums Karlsruhe (Laszczyk et al. 2009). Durch die Anwendung der patentierten Betulin-Emulsionen Imlan® Creme Pur (Wasser, Jojobaöl und Betulin) sowie Imlan® Creme Plus (mit zusätzlich 3 % Harnstoff und 3 % Bienenwachs) wurde die geschädigte Hautbarriere regeneriert (Laszczyk et al. 2009). Mittels repetitiver Waschung mit 0,1 % Natrium-Laurylsulfat wurde dazu an 25 Probanden eine Störung der epidermalen Barrierefunktion experimentell herbeigeführt. Die irritativen Hautschädigungen, die einer atopischen Dermatitis ähnelten, spiegelten sich in einer verminderten Hornschichtfeuchte, einem gesteigerten transepidermalen Wasserverlust und einer erhöhten korialen Durchblutung wider. Anschließend wurde über einen Zeitraum von 7 Tagen 3-mal täglich Imlan® Creme Pur sowie Imlan® Creme Plus aufgetragen. Die Resultate zeigten unter beiden Betulsionen eine signifikante Rehydrierung der Hornschicht sowie eine signifikante Reduktion des transepidermalen Wasserverlusts im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle (Laszczyk et al. 2009).

Neben den regenerativen Eigenschaften der Betulsionen ließ sich in der gleichen Studie auch ein antiinflammatorischer Effekt beobachten. Als Maß für Entzündungsreaktionen wurde hier mittels Laser-Doppler-Flowmetrie die koriale Durchblutung ermittelt. Unter beiden Betulin-Formulierungen war deren Anstieg reduziert gegenüber der unbehandelten Kontrolle (Laszczyk et al. 2009). Eine Reduzierung der Hautrötung ist auch in der Nachsorge einer Laserbehandlung von Bedeutung.

In einer klinischen Studie an der Universität Greifswald konnten positive Effekte von Betulin auf die Hautregeneration und das ästhetische Ergebnis nach Laserläsionen gezeigt werden (Metelman et al. 2013). 50 freiwilligen Probanden wurden am Unterarm 3 kleine Laserläsionen gesetzt mit einem CO₂-Laser (Ultra-Pulse, Lumenis) mit jeweils einer einzelnen Anwendung von 20 W, 100 mJ, 200 Pulse/s. Die Nachbehandlung dieser 3 oberflächlichen ablativen Laserwunden erfolgte randomisiert mit einem feuchten Wundverband (Comfeel, Coloplast), einem trockenen Gazeverband (Mullkompressen, Fuhrmann GmbH) oder einer W/O-Betulin-Emulsion (Imlan® Creme Pur), letztere wurde 3-mal täglich aufgetragen. Die Laserläsionen wurden fotografisch dokumentiert nach 1, 7, 14, 28

Tagen ($n = 50$) und nach 10 Wochen ($n = 25$). Anhand der Fotos erfolgte eine verblindete Auswertung durch 6 verblindete Gutachter, die beurteilten, welches der 3 Areale in seiner Beschaffenheit der umgebenden gesunden Haut am ähnlichsten ist. Für alle Zeitpunkte ergab die verblindete Auswertung, dass am häufigsten die mit der Betulin-Emulsion behandelten Areale der umgebenden Haut am ähnlichsten waren verglichen mit den beiden anderen Behandlungen. Die Autoren kamen zu dem Schluss: »Die Behandlung mit Betulin verbessert offensichtlich das kosmetische Ergebnis nach einer Laserbehandlung«, (Metelmann et al. 2013).

Die aktuelle Studienlage beschreibt somit für die Betulsionen regenerative und antientzündliche Eigenschaften. Die Betulsionen Imlan® Creme Pur und Imlan® Creme Plus stellen eine wirksame und effektive Option für die Hautpflege bei gestörter epidermaler Barrierefunktion dar und fördern die Regeneration der Hautbarriere nach Laserbehandlungen.

Literatur

- Daniels R, Laszczyk M (2008) Betulin für tensid-freie Emulsionen. *Pharm Ztg* 153(11): 862–863
- Ebeling S, Naumann K, Pollok S, Wardecki T, Vidal-y-Sy S, Nascimento JM, Boerries M, Schmidt G, Brandner JM, Merfort I (2014) From a Traditional Medicinal Plant to a Rational Drug: Understanding the Clinically Proven Wound Healing Efficacy of Birch Bark Extract. *PLOS ONE* 10.1371/journal.pone.0086147
- Galgón T, Wohlrab W, Dräger B (2005) Betulinic acid induces apoptosis in skin cancer cells and differentiation in normal human keratinocytes. *Exp Dermatol* 14(10): 736–743
- Kuiate JR, Mouokeu S, Wabo HK, Tane P (2007) Antidermatophytic triterpenoids from *Syzygium jambos* (L.) Alston (Myrtaceae). *Phytother Res* 21(2): 149–152
- Laszczyk MN, Reitenbach-Blindt I, Gehring W (2009) Regenerative und antientzündliche Effekte von Betulin-Emulsionen bei gestörter epidermaler Barrierefunktion. *Akt Derm* 35: 1–5
- Metelmann HR, Podmelle F, Waite PD, Müller-Debus CF, Hammes S, Funk W (2013) Conditioning in laser skin resurfacing - betulin emulsion and skin recovery. *J Craniomaxillofac Surg* 41(3): 249–253
- Weigenand O, Hussein AA, Lall N, Meyer JJ (2004) Antibacterial activity of naphthoquinones and triterpenoids from *Euclea natalensis* root bark. *J Nat Prod* 67(11): 1936–1938
- Woelfle U, Laszczyk MN, Kraus M, Leuner K, Kersten A, Simon-Haaraus B, Scheffler A, Martin SF, Müller WE, Nashan D, Schempp CM (2010) Triterpenes promote keratinocyte differentiation in vitro, ex vivo and in vivo: a role for the transient receptor potential canonical (subtype) 6. *J Invest Dermatol* 130(1): 113–123

Abrechnungsaspekte

S. Hammes, H.-R. Metelmann

- 21.1 Einführung – 228
- 21.2 EBM – 228
- 21.3 GOÄ – 229
- 21.4 »Take Home Messages« – 230
- Literatur – 230

- Die Abrechnung von Laserleistungen ist im EBM und in der GOÄ zurzeit unzureichend geregelt.
- Im EBM gibt es nur für die Indikationen Hämangiome und Feuermale explizite Abrechnungsmöglichkeiten.
- In der GOÄ können prinzipiell alle Laserleistungen abgebildet werden, jedoch zumeist nur über den Umweg der Analogberechnung.

21.1 Einführung

Die Abrechnung von Laserleistungen ist sowohl im EBM als auch in der GOÄ nur unzureichend geregelt. Das liegt beim EBM an den Bestrebungen, vermeintlich teure Laserbehandlungen nicht zu erstatten, bei der GOÄ an der Tatsache, dass zum Zeitpunkt der Definition der gültigen Abrechnungsziffern die Lasertherapie noch in den Kinderschuhen steckte.

Trotzdem gibt es einige Ziffern, die – geschickt angewendet – die meisten Laserbehandlungen abbilden können. Im Folgenden werden, nach EBM und GOÄ getrennt, Abrechnungskonzepte vorgestellt, die in der Praxis zur Anwendung kommen können.

21.2 EBM

Die Abrechnungsmöglichkeiten im EBM-Bereich sind mit Stand 2014 sehr stark eingeschränkt. Bei nichtmedizinisch indizierten Lasereingriffen ist prinzipiell keine Abrechnung im EBM möglich. Vielmehr muss eine Liquidation im Rahmen der GOÄ erfolgen (► Abschn. 21.3). Bei medizinisch indizierten Laserablationen sind prinzipiell die Ziffern der kleinen operativen Eingriffe ansetzbar (10340, 10341, 10342). Diese sind jedoch so niedrig bewertet, dass sie in den meisten Fällen wirtschaftlich nicht tragfähig sind. Im Zusammenhang mit einer Hautkrebsfrüherkennungsmaßnahme können zugelassene Ärzte auch die Ziffern 10343 und 10344 abrechnen. Hierfür sind jedoch zwingend ein Malignitätsverdacht und eine Histologie notwendig. Solche Indikationen sind im Rahmen der ästhetischen Lasermedizin eher selten.

Die einzigen »echten« Laserziffern sind die für die Behandlung von Hämangiomen und Feuermalen, die zumeist in der dermatologischen Lasertherapie indiziert sind, jedoch prinzipiell auch von anderen Fachrichtungen angesetzt werden können. Im Einzelnen sind dies die in **Tab. 21.1** aufgeführten Ziffern.

Jede dieser Ziffern ist pro Quadratzentimeter behandelter Fläche einmalig abrechenbar. Zudem sind diese Ziffern recht hoch bewertet. Das Problem ist jedoch, dass sie nur einmalig im Verlauf einer Therapie angesetzt werden können. Im Allgemeinen sind für Feuermale jedoch viel-

fache Behandlungen notwendig, nicht selten 5–10 und in Einzelfällen noch mehr. Auch für Hämangiome ist meist mehr als eine Behandlung notwendig. Diese weiteren Behandlungen können nicht über ein erneutes Ansetzen der Ziffern liquidiert werden, sondern sind mit der einmaligen Abrechnung abgegolten. Des Weiteren gibt es eine Obergrenze von abrechnungsfähigen Punkten pro Quartal, ab der eine Punkteminderung gilt. Zusätzlich gelten einige Abrechnungsausschlüsse für Ziffern aus der kleinen Chirurgie. Ob trotz dieser Abrechnungseinschränkungen die Ansetzung der Ziffern wirtschaftlich ist, muss von Fall zu Fall entschieden werden.

Die Gebührenordnungspositionen 10320, 10322 und 10324 sind unabhängig von der Zahl der Sitzungen nur 1-mal je cm² Gesamtfläche des behandelten Areals abrechnungsfähig.

Beträgt die insgesamt für die Gebührenordnungspositionen 10320, 10322 und 10324 abgerechnete Gesamtpunktzahl in einer (Neben-)Betriebsstätte mehr als 254 000 Punkte im Quartal, wird die Bewertung der darüber hinaus abgerechneten Gebührenordnungspositionen 10320, 10322 und 10324 jeweils um 190 Punkte gemindert.

Eine praktikable Lösung ist die Folgende: Zu Beginn der Behandlung erfolgt das Ausmessen der zu behandelnden Hautveränderung. Dann werden pro Sitzung nicht die vollständigen Quadratzentimeter abgerechnet, sondern nur ein Bruchteil, z. B. 10–20 %, bei der nächsten Sitzung nach 4–8 Wochen dann die nächsten 10–20 % und so fort. Wenn jedoch die komplette Fläche abgerechnet worden ist, können die Ziffern nicht erneut angesetzt werden. Vielmehr muss die Behandlung dann kostenfrei fortgeführt werden. Eine Privatliquidation der restlichen Behandlungen in einer Kassenpraxis ist nicht rechtens.

Ein nicht patientenfreundliches Vorgehen wird gelegentlich beobachtet: Bei der ersten Sitzung werden alle Quadratzentimeter komplett abgerechnet, was einen recht hohen Abrechnungswert ergibt. Kommt der Patient dann zur nächsten Sitzung wird die Behandlung mit der Begründung verweigert, die gesetzliche Krankenkasse zahle nur eine Sitzung. Vielmehr sei nun eine Privatliquidation notwendig. Diese ist nur dann möglich, wenn der Behandlungslaser nicht in einer Kassenpraxis vorgehalten wird, sondern ausschließlich in einer Privatpraxis oder einem Privatinstitut betrieben wird. In letzterem Fall wäre aber die initiale Abrechnung über den EBM nicht statthaft gewesen.

Die Ziffern 10320 und 10322 erfordern zwingend die Anwendung eines Farbstofflasers. Dieser wartungsintensive Lasertyp mit recht hohen Verbrauchskosten ist in

■ **Tab. 21.1** Ansetzbare EBM-Ziffern für Lasereingriffe

Ziffer	Indikation	Leistungsinhalt obligat	Leistungsinhalt fakultativ
10320	Behandlung von Naevi flammei	– Therapie mittels gepulstem Farbstofflaser – Metrische und fotografische Dokumentation vor Beginn und nach Abschluss der Therapie	– Behandlung in mehreren Sitzungen Die Behandlung seniler Angiome ist nicht Bestandteil dieser Leistung
10322	Behandlung von Hämangiomen	– Therapie mittels gepulstem Farbstofflaser – Metrische und fotografische Dokumentation vor Beginn und nach Abschluss der Therapie	– Behandlung in mehreren Sitzungen Die Behandlung seniler Angiome ist nicht Bestandteil dieser Leistung
10324	Behandlung von Naevi flammei und/oder Hämangiomen	– Therapie mittels Laser – Metrische und fotografische Dokumentation vor Beginn und nach Abschluss der Therapie	– Behandlung in mehreren Sitzungen Die Behandlung seniler Angiome ist nicht Bestandteil dieser Leistung

■ **Tab. 21.2** Ansetzbare GOÄ-Ziffern für Lasereingriffe

Ziffer	Legende
2440	Operative Entfernung, Naevus flammeus, je Sitzung
2885	Entfernung, kleine Blutadergeschwulst
2886	Entfernung, große Blutadergeschwulst

chirurgischen Praxen eher selten anzutreffen. Die Ziffer 10324 legt aber keinen speziellen Lasertyp fest. Hier ist also bspw. die Anwendung eines Nd:YAG-Lasers oder auch eines CO₂-Lasers für knotige Feuermale oder dicke Hämangiome möglich.

Zusammenfassend stellt sich die Abrechnungslage im Bereich des EBM problematisch dar. In Einzelfällen kann jedoch eine Abrechnung über die speziellen Laserziffern wirtschaftlich sein.

21.3 GOÄ

In der GOÄ gibt es zwar ebenfalls nur wenige Laserziffern, diese bieten jedoch eine weit größere Flexibilität, sodass sich alle Lasereingriffe abbilden lassen. Im Allgemeinen werden die Abrechnungen von den privaten Krankenversicherungen akzeptiert. Wenn jedoch eine rein ästhetische Indikation vorliegt, muss der Patient darauf hingewiesen werden, dass ein Erstattungsanspruch nicht besteht und er die Kosten selbst tragen muss. Eine Abrechnung nach GOÄ ist darüber hinaus bei gesetzlich versicherten Selbstzahlerpatienten notwendig (■ Tab. 21.2), sofern deren Behandlung nicht über die in ► Abschn. 21.2 erwähnten speziellen EBM-Laserziffern abgerechnet werden muss.

Die GOÄ mit Stand 2013 ist schon seit vielen Jahren nicht aktualisiert worden und bildet die aktuelle Technikentwicklung nicht mehr ab. Daher ist oft das Ausweichen auf analoge Abrechnungspositionen gemäß § 6 Abs. 2 GOÄ notwendig.

Nachfolgend ein Zitat aus Pieritz (2005), dass die wesentlichen Aspekte zusammenfasst:

» Für die Lasertherapie von Teleangiektasien, Warzen und anderen Hautveränderungen (mit der Ausnahme von melanozytären Nävi und aktinischen Präkanzerosen) wurden je nach Ausdehnung der zu behandelnden Fläche die analogen Gebührenpositionen Nummer 2440 GOÄ (bis zu 7 cm²), Nummer 2885 GOÄ (größer 7 cm² bis zu 21 cm²) oder 2886 GOÄ (größer als 21 cm²) herangezogen. Dabei ist es nicht entscheidend, wie viele der genannten Hautveränderungen und mit welchem Laser-Verfahren behandelt wird, sondern wie groß die Ausdehnung der Fläche insgesamt ist. Werden beispielsweise in einer Sitzung Warzen mit einer Ausdehnung von circa 18 cm² sowie Teleangiektasien mit einer Ausdehnung von 4 cm² per Laser behandelt, so ist einmal die analoge Nummer 2886 GOÄ berechnungsfähig.

Für die Lasertherapie von Besenreiservarizen wurde eine andere Vorgabe gewählt, weil die Angabe von Quadratzentimetern der Körperoberfläche im Fall von Besenreiservarizen problematisch ist. Für diese Indikation wurde anstelle der Ausdehnung der Körperoberfläche eine Mindestanzahl der Laserimpulsrate pro Sitzung vorgeschrieben. Die Laserimpulsrate bestimmt bei der Lasertherapie von Besenreiservarizen die analoge Nummer der GOÄ. Eine Laserimpulsrate von 50 Impulsen pro Sitzung führt zur analogen Nummer 2440 GOÄ, eine Laserimpulsrate von 51 bis 100 Impulsen pro Sitzung zur analogen

Nummer 2885 GOÄ und eine Impulsrate von mehr als 100 Impulsen pro Sitzung zur analogen Nummer 2886 GOÄ.

Die gewählte Abgrenzung durch die Ausdehnung bzw. die Laserimpulsrate verdeutlicht, dass die analogen Nummern 2440, 2885 und 2886 GOÄ für die Behandlung in einer Sitzung nicht nebeneinander berechnungsfähig sind.

Die Berechnung der analogen Nummern 2440, 2885 und 2886 GOÄ ist auf 3-mal im Behandlungsfall begrenzt. (Der Behandlungsfall gilt für die Behandlung derselben Erkrankung im Zeitraum eines Monats nach der ersten Inanspruchnahme des Arztes.) Werden bspw. bei 4 Sitzungen innerhalb eines Monats Warzen, Teleangiektasien und Fibrome jeweils mit einer Ausdehnung von mehr als 21 cm² mittels Lasertherapie behandelt, kann hierfür 3-mal die Nummer 2886 GOÄ (insgesamt 8 310 Punkte) analog angesetzt werden. Die 4. Behandlung kann weder analog nach der Nummer 2440 GOÄ noch nach Nummer 2885 GOÄ berechnet werden. Der zusätzliche Zeitaufwand für die 4. Behandlung kann über eine angemessene Erhöhung des Faktors der berechneten Nummer 2886 GOÄ erfolgen. Ein Überschreiten der Punktzahl von 8 310 Punkten im Behandlungsfall durch andere Kombinationen der genannten analogen Gebührenpositionen erscheint bei horizontalem Abgleich innerhalb der GOÄ nicht sachgerecht. «

Nach Golfier (2010) soll hier zum Ausdruck gebracht werden, dass die Laserbehandlung von melanozytären Naevi nicht zum Leistungsinhalt gehört (dies wäre zudem ein ärztlicher Kunstfehler).

Aus gebührenrechtlicher Sicht können die Zuschläge nach den Nummern 441 und 444 GOÄ ausschließlich neben der Nummer 2440 GOÄ angesetzt werden, weil nur die Nummer 2440 GOÄ im abschließenden Katalog zuschlagsfähiger Gebührenpositionen der Präambel zu Abschnitt C VIII der GOÄ aufgeführt ist (Pieritz 2005).

Gelegentlich wird zur Vereinfachung der Preiskommunikation mit dem Patienten der Wunsch geäußert, »handliche« Preise zu verwenden, z. B. Vielfache von 10 oder 25 €. Eine Pauschalabrechnung ist laut GOÄ zwar nicht erlaubt, es ist aber durch Modulation der Steigerungsfaktoren recht einfach, aus den Ziffern 2440, 2885, 2886 zur Planung passende Eurobeträge zu generieren. So ist etwa die 2885 beim Steigerungsfaktor 1,0 mit 64,70 € bewertet. Um einen Rechnungsbetrag von 100 € zu generieren, verwendet man den (mit Dreisatz ermittelten) Steigerungsfaktor 1,5456. Dies ist laut GOÄ statthaft und führt zu klaren Preisangaben. Analog dazu können die anderen Ziffern modifiziert werden. Zu achten ist hierbei auf den erlaubten Spielraum der Faktoren, im Allgemeinen zwischen 1,0 und 3,5 und die oben erwähnte maximale Häu-

figkeit der Ansetzbarkeit im Behandlungsfall. Mit diesem Verfahren können fast beliebige Preise abgebildet werden.

Bei chirurgisch-ablativen oder semiablativen Laserverfahren können prinzipiell auch die Exzisionsziffern 2403 oder 2404 ein- oder mehrfach analog abgerechnet werden, da die Laseranwendung als eine spezielle Art des Schneidens angesehen werden kann. Ein Beispiel ist die Laserablation von dermalen, nichtpigmentierten Naevi, die alternativ konventionell chirurgisch entfernt werden würden. Hier kann pro Naevus analog die Ziffer 2404 angesetzt werden. Bei kleinen Ablationen, bspw. seborrhoischen Keratosen, kann pro Läsion analog die Ziffer 2403 angesetzt werden.

Hinzu kommen optionale supportive Ziffern, die bei Erbringung angesetzt werden können wie die Auflichtmikroskopie (750), die Lokalanästhesie (490, 491), die (Kaltluft-)Kühlung während der Behandlung (740), die Kontaktkühlung nach der Behandlung (530) sowie das Auftragen von antiphlogistischen Externa (209).

Es ist zu hoffen, dass in der bereits lange geplanten und mit Stand 2014 noch nicht umgesetzten Reform der GOÄ die Laserleistungen differenzierter und praxisnäher abgebildet werden.

21.4 »Take Home Messages«

Im EBM ist eine klare Strategie beim Ansetzen der Laserziffern notwendig, um zumindest annähernd wirtschaftlich zu arbeiten und zugleich den Patienten ethisch korrekt zu behandeln.

In der GOÄ kommt der Modulation der Steigerungsfaktoren eine entscheidende Bedeutung zu und erlaubt die Generierung von »handlichen« Rechnungsbeträgen. Abrechnungsausschlüsse und Maximalzahlen der Ansetzbarkeit sind zu beachten.

Literatur

- Golfier A (2010) Vermeidung unnötiger Abrechnungskonflikte. Dtsch Ärztebl 107(51–52): A-2592 / B-2252 / C-2208
 Pieritz A (2005) Dermatologische Lasertherapie. Dtsch Ärztebl 102(31–32): A-2188 / B-1848 / C-1748

Stichwortverzeichnis

A

B

C

A

Abrechnung 228, 230
 – EBM-Ziffern 228
 – GOÄ-Ziffern 229
 Abschwächungskoeffizient 263
 Absorptionskoeffizient 60
 Absorptionsspektren 61
 Absorptionsvorgang 100
 Adenoma sebaceum 105
 Aknenarbenbehandlung 92
 Alexandritlaser 56
 Altersflecken 80
 Alterungsprozess 88
 – Faktoren 6, 88, 136
 – Gesicht 6, 124, 136, 150
 – Hauttypen 88
 – Phasen 124
 – Therapieeinsatz 144
 ANA-Scale 6
 Anisotropiefaktor 61
 Argon-Ionen-Laser 49
 Arrhenius-Ratengleichung 68
 Ästhetische Chirurgie
 – Anforderungen 5
 – Grundidee 11
 – Kurzbeschreibung 4
 Ästhetische Zahnmedizin
 (s. Laserzahnheilkunde) 180

B

Becker-Naevus 80
 Beer'sches Gesetz 61
 Behandlungskonzept 14
 Behandlungstechnik 7
 Behandlungsziel 6
 Bestrahlung 47
 Bestrahlungsstärke 47
 Betulin 225
 – Studien 225
 Bioamplifikation 169
 Biostimulation 65
 Birt-Hogg-Dubé-Syndrom 105
 Blepharoplastik 148, 149
 – CO₂-Laser 148
 – Komplikationen 148
 – Operationsziel 149
 Blow-off-Modell 69
 Bodycontouring (s. auch Lipo-
 suktion, s. auch Laserlipoly-
 se) 158
 Brandwunde 168
 Brauenpexie 148
 Brewster-Resonator 52

C

CAP-Plasma 15
 Cellulite 158, 217

– Behandlung 158, 161
 CO₂-Laser 13, 57, 82, 127, 180
 CO₂-Molekül 57
 Corporate Behaviour 200
 Corporate Communication 200
 Corporate Design 200
 Corporate Identity 200
 cw-Laser 53

D

D.A.L.M. (Diploma in Aesthetic
 Laser Medicine) 36
 – Intention 40
 – Studienprogramm 37
 Dämpfungskoeffizient 63
 Dies academicus 38
 Diffusion
 – thermische 67
 Diffusionskoeffizient 67
 Diodenlaser 58, 182
 Diploma in Aesthetic Laser
 Medicine (D.A.L.M.) 36
 – Intention 40
 – Studienprogramm 37
 Direct-bandgap-Halbleiter 58
 Drei-Niveau-Laser
 – Schema 48
 Dry Technique (s. auch Lipo-
 suktion) 159
 Dyschromien 80
 Dysmorphophobie 7, 20
 – psychische Störungen 21
 – Symptome 20
 – Symptomfragen 20
 – Ursachen 21

E

EBM-Ziffern (s. Abrech-
 nung) 228
 Eindringtiefe 64
 Einstiegskoeffizient 46
 Eis-Faserhalter-Kombiblock 186
 Elastose (s. auch Alterungspro-
 zess) 124
 Emulgatoren 225
 Energiedichte 206
 Epithelioma adenoides cysti-
 cum 107
 Er:YAG-Laser 55, 127, 182
 Erbium:YAG-Laser 55, 127, 182
 Erfolgsanalyse 202
 Erstattung (s. Abrechnung) 228
 Essstörung 22
 ETU-Prozess 55

F

Fabry-Perot-Resonator 49, 58
 Faltentherapie 90
 Fettentfernung 150
 Fibrome 112
 – periunguale (s. Koenen-Tumo-
 ren) 108
 fibröse Nasenpapel 107
 Fitzpatrick- Hauttyp 124
 Flussschicht 64
 Flussrate 47
 Fraxel-Laserbehandlung 71
 Fraxel-Technologie 59

G

Gauß-Grundmode 50
 Gauß-Resonator 49
 Gebührenordnung (s. Abrech-
 nung) 228
 Gesichtshautverjüngung
 (s. Alterungsprozess) 150
 Gesichtspptosis 6
 Gesichtszonen 136
 – Diagnosen 136, 138, 139, 141
 – Komplikationen 138, 139
 – Therapie 137, 139, 141
 Gewebeschädigung 66
 Gewebestreuverhalten 61
 GOÄ-Ziffern (s. Abrechnung) 229
 Grüneisen-Koeffizient 69
 Güteschaltung (s. auch
 Q-switch) 53

H

Halsregion 141
 Hals-Wangen-Lift 143
 – Anzeichnung 143
 – Komplikationen 144
 – Schnittführung 143
 Händedesinfektion 29
 Hautalterung (s. Alterungspro-
 zess) 88, 124
 Hautantiseptik 28
 Hautbarriere 224
 Hautresektion 144
 Hautunterminierung 143
 Henyey-Greenstein-Phasenfunk-
 tion 62
 Holmiumlaser (s. auch Thulium-
 laser) 59
 Hygienebeauftragter 30
 Hygieneplan 31
 Hypochondrie 22

I

Ich-Marketing 202
 Impulsdauer 206
 Impulsform 207
 Indikation
 – dermatologische 80
 – emotionale 4, 7, 20
 – medizinische 4
 Indikationsstellung
 – ästhetisch-chirurgische 6
 Individualästhetik 6
 Infektionsrisiko 26
 Infektionsschutz 28
 – Anforderungen 26
 – Eingriffraum 26, 30
 – Kleidung 30
 Injektionslaser 182

K

Kältespray 191
 Kaltlufttherapie 191, 192
 Kaltplasma 15
 Kaltplasmabehandlung (s. Plas-
 mabehandlung) 218
 Keloide 94
 Keratose
 – seborrhoische 112
 Koeffizient
 – thermischer 67
 Koenen-Tumoren 108
 Kohlendioxidlaser (s. CO₂-
 Laser) 57, 82, 127
 Komplikation
 – ästhetisch-chirurgische 10
 – iatrogene 10
 Kontaktkühlung (s. Kühlung) 190
 KTP-Laser 55
 Kühlung 207
 – Clearancebewertung 192
 – Intention 190
 – Kontaktkühlung 190
 – kontaktlose 190
 – Temperaturgradient 192

L

Laienbehandlung 209
 Laser
 – fraktionierte 88
 – Historie 44
 Laserablation 83
 Laseranwendungsmöglichkei-
 ten 13
 Laserbehandlung 216
 – Begleiterscheinungen 206
 – Fehlerursachen 209
 – Parameter 206

Laserbetriebsart 53
 Laserdioden 58
 Laserenergieeffekt 162
 Laserentwicklung 13
 Laser-Gewebe-Reaktionsmechanismen 64
 Laser-Gewebe-Wechselwirkungen 59, 70
 Laserlicht 47
 Laserlichteindringtiefe (s. Eindringtiefe) 63, 64
 Laserlipolyse (s. auch Liposuktion) 83, 158, 160
 – Behandlungsparameter 159
 – Einsatzmöglichkeiten 159
 – interstitielle 161
 – Vorgehen 158
 – Vorteile 163
 Lasermedizin
 – Anforderungen 11
 – Vorteile 11
 Laserparameter 52
 Laserpulsleistung 54
 Laserschnittführung (s. Schnittführung) 181
 Laserskalpell 12
 – Vorteile 12
 Laser-Skin-Resurfacing 124, 150
 – Begleiterscheinungen 126
 – Behandlungserfolg 125
 – Gewebewirkungen 127
 – Indikationen 124
 – Typen 124
 – Vorgehen 125
 Laserstrahlung
 – Parameter 52
 – Qualität 52
 Lasersystemspektrum 54
 Lasertherapieablauf 89
 Lasertypen 171
 – chirurgisch-ablative 216
 – Laserlipolyse 218
 – Plasmageräte 218
 Laserwundbehandlung 168, 172
 Laserzahnheilkunde 180
 – Speziallaser 183
 Leitlinien 80–82
 Lentigo benigna (s. Altersflecken) 80
 Lichtphysik 44
 Lidachse 7
 Lipofilling 8, 9
 Liposculpturing (s. auch Liposuktion, s. auch Laserlipolyse) 158
 Liposhifting 8
 Liposuktion (s. auch Laserlipolyse) 8, 158
 – laserassistierte 161
 – ultraschallunterstützte 160
 – vibrationsassistierte 160
 Lipotherapie (s. auch Liposuktion, s. auch Laserlipolyse) 158

– Vor- und Nachteile 163
 LLLT (Low-Level-Lasertherapie) 169
 – Behandlungsparameter 176
 – Kontraindikationen 171
 – Mechanismus 169
 – Sicherheit 171
 – Wirkung 168
 – Ziel 168
 Lokalanästhetika 224
 – injizierte 224
 – Rezeptur 224
 – topische 224
 Low-Level-Lasertherapie (LLLT) 169
 – Behandlungsparameter 176
 – Kontraindikationen 171
 – Mechanismus 169
 – Sicherheit 171
 – Wirkung 168
 – Ziel 168

M

Marketing 199
 – Grundgedanken 200
 Maser 44
 Medizinprodukteaufbereitung 27
 Medizinproduktegesetz 27
 Mie-Streuung 61
 Modenordnung 51
 Modenstruktur 51
 Monte-Carlo-Simulation 62
 MRSA-Screening 28
 Mukozele (s. Zysten) 118

N

Nachsorgeschema 89
 Naevus
 – epidermal 106
 – papillomatöser dermal 110
 Naevus sebaceus 108
 Nahtmaterial 181
 Narben
 – hypertrophe 92
 Narbenbehandlung 82, 94
 Nd:YAG-Laser 49, 54
 Neurofibrom 109

O

Oberlidblepharoplastik (s. Blepharoplastik) 148
 Operateurskompetenz 36

OP-Handschuhe 29
 Orbital 46

P

PAP (Perioperative Antibiotikaphrophylaxe) 28
 Parodontaltherapie 182
 Patientenaufklärung 208
 Patientenselektion 207
 Perforator-Fett-Faszienlappen (PFF-Lappen) 9
 Perioperative Antibiotikaphrophylaxe (PAP) 28
 PFF-Lappen (Perforator-Fett-Faszienlappen) 9
 Pharmakotherapie 23
 Photoablationsprozess 69
 Photobiostimulation 168
 Photodynamische Therapie 66
 Photohyperthermie 161
 Photothermolyse
 – fraktionierte 82
 – selektive 12, 64
 Plasma (s. auch Plasmabehandlung) 218, 219
 Plasmabehandlung (s. auch Plasma) 218, 219
 Plasmamedizin 15
 Praxiserscheinungsbild 201
 Praxisinformationsmaterial 201
 Praxisinternetauftritt 201
 Praxismanagement 198
 – Aufgaben 198
 Probebehandlung 208
 Psychodynamische Therapie 23
 Psychoedukation 23
 Ptosis 141

Q

Q-switch (s. auch Güteschaltung) 53
 Qualitätsmanagement 36
 Qualitätssicherung 210, 212
 – Programm 36

R

Radioderm 170
 Rayleigh-Länge 52
 Rayleigh-Streuung 61
 Relaxationszeit 68
 Resonatorgeometrie 49
 Resonatorkonfigurationen 49
 Rhinophym 110
 Rubinlaser 56

S

Schleimhautfibrom (s. Fibrome) 112
 Schmerzwarnfunktion 224
 Schnittführung 181
 – Hals-Wangen-Lift 143
 – Konzepte 180
 Schwellenverhalten (s. Blow-off-Modell) 69
 Shrinking 129
 Situationsanalyse 200
 Skalpell-Laser-Chirurgie (s. auch Blepharoplastik) 148
 Steatocystoma multiplex (s. Zysten) 117
 Steigerungsfaktoren (s. Abrechnung) 230
 stimulierte Emission 44, 46
 Stirnlift 149
 Straffungsoperation 8
 Strahldurchmesser 206
 Strahlung
 – fokussierte 71
 Strahlungsenergie 47
 Strahlungsintensität 47
 Strahlungsleistung 47
 Streukoeffizient 61
 Subsurfacing 82
 Surgical Smoke 30
 Syringom 112

T

Talgdrüsenhyperplasie 113
 Tätowierungsentfernung 154
 – Geräte 154
 – Hautveränderung 154
 Thuliumlaser (s. auch Holmiumlaser) 59
 Trichotillomanie 22
 Tumescenzlokanästhesie (s. Tumescenztechnik) 160
 Tumescenztechnik 158, 159
 – Vorteile 160

U

Unterlidblepharoplastik (s. Blepharoplastik) 149

V

Verhaltenstherapie 23
 Vibrationsmoden 57
 Vier-Niveau-Laser 49
 – Schema 48

W

Weiterbildung (s. auch D.A.L.M.)

- Ablauf 38
- Curriculum 39
- Standards 36

Wellenlänge 206

Welle-Teilchen-Dualismus 45

Wet Technique (s. auch Lipo-
suktion) 159

Wundbehandlung (s. Laser-
wundbehandlung) 168

Wunde 170

- chronische 168
- laserinduzierte 172

Wundheilungsstörung 168

X

Xanthelasma 113

Z

Zahnhartsubstanzbearbei-
tung 182

Zwangsstörung 22

Zysten 116–118