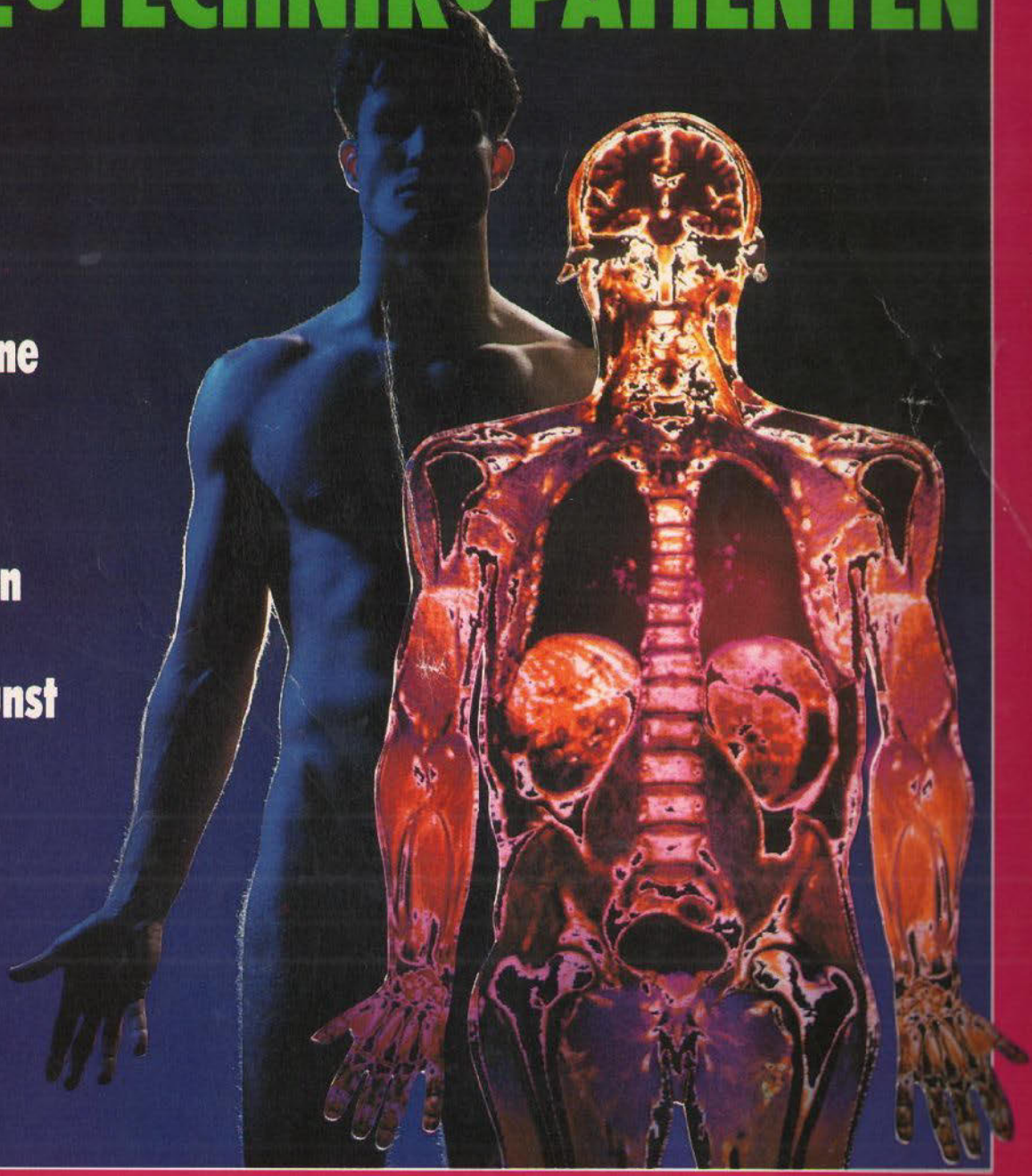
C 9021 F
Nr. 4/Montag, 4. 11. 1991
DM 13,50
sfr 13,50; öS 100,–

GEO WISSEN

ÄRZTE • TECHNIK • PATIENTEN



GESUNDHEIT
Der vermessene Mensch

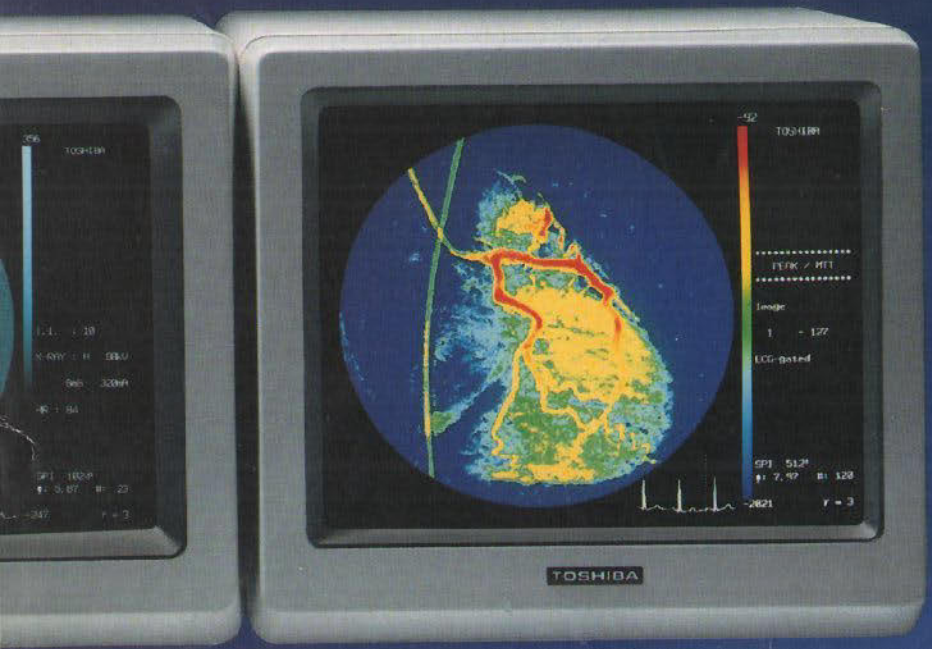
INTENSIVPFLEGE
Im Einsatz bis zum letzten

ALTERNATIVEN
Die andere Kunst des Heilens

FORTSCHRITT
Der Fluch der guten Tat

HIGH-TECH-MEDIZIN
Macht und Grenzen der neuen Apparate

DIE SPITZE. DER EISBERG.

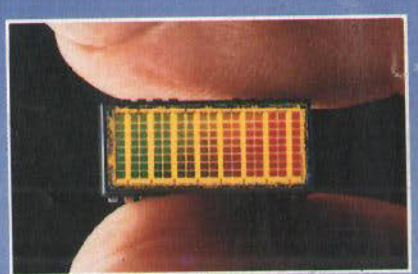


Toshiba ANGIOREX™ Precision CRT. Zeigt dem Arzt, was er vorher nicht sehen konnte.

Bemerkenswert, was Toshiba auf medizinischem Gebiet zu bieten hat. Das Röntgen-Angiographie-System ANGIOREX™ z. B. liefert die faszinierenden Momentaufnahmen aus dem Innenleben menschlicher Gefäße: scharf und klar dank feinster Bildauflösung. Mit der Möglichkeit, auf dem Monitor farbig zu markieren, worauf es dem Diagnostiker besonders ankommt. Und um gefährliche Operationen – z. B. am Herzen – zu vermeiden, weist ANGIOREX™ dem Katheter den Weg zur rettenden Ballon-Dilatation.

Aber selbst Systeme wie dieses zeigen nur die Spitze eines Eisbergs. Unsichtbar für Arzt und Patient baut Toshiba die technologische Basis des Fortschritts. Digitale Bildverarbeitung ist einer der Schlüssel. Und was wäre ohne Toshibas Pioniertaten in der zukunftsentscheidenden Halbleiter-Technologie? Erster 1MegaBit Chip überhaupt, erster 4MegaBit Chip in Großserie – Leistungen, die deutlich machen, daß Toshiba nicht nur Spitze des Eisbergs ist. Sondern auch der ganze vielschichtige Unterbau aus Fragen und Forschen und Finden und Entwickeln . . .

Für eine Welt, die's einmal besser haben soll.



Toshiba 4MegaBit DRAM: hat die Speicherkapazität von beispielsweise 16 Seiten Tageszeitung.

Im Einklang mit morgen

TOSHIBA

Für weitere Informationen: TOSHIBA MEDICAL SYSTEMS GMBH, Hellersbergstraße 4, 4040 Neuss
TOSHIBA ELECTRONICS EUROPE GMBH, Hansaallee 181, 4000 Düsseldorf 11

GEO
WISSEN

Verlag Gruner + Jahr AG & Co, Am Baumwall 11, 2000 Hamburg 11. Postanschrift für Verlag und Redaktion: Postfach 11 00 11, 2000 Hamburg 11. Telefon: 040/37 03-0. Telex: 219520. Telefax: 040/37 03 56 73

CHEFREDAKTEUR
Hermann Schreiber
ART DIRECTOR
Erwin Ehret
REDAKTIONSLEITER
Günter Haaf
GESCHÄFTSFÜHRENDE REDAKTEURE
Ernst Artur Albaum (Text), Christiane Breustedt (Bild)
TEXTREDAKTION
Klaus Bachmann, Dr. Henning Engeln, Dr. Hania Luczak, Dr. Manfred Pietschmann, Christopher Schrader
Reporter: Dr. Jürgen Neffe
Dokumentation: Monika Hilgers
Red. Assistenz: Angelika Janssen
BILDREDAKTION
Josef Hurban
LAYOUT
Franz Braun (Leitung), Peter Dasse, Johannes Dönges, Vera Hülsmann, Andreas Knoche, Andreas Krell, Peter Voigt
KARTOGRAPHIE
Rainer Droste, Günther Edelmann
SCHLUSSREDAKTION
Hinnerk Seelhoff, Dr. Friedel H. Bastein, Jürgen Brüggemann, Manfred Feldhoff, Peter Jordan, Hans-Werner Kuhl, Sigurd-Falk Weber
Assistenz: Hannelore Koehl
MITARBEITER
Annette Bopp, Volker Bormann, Dr. Kirsten Brodde, Dr. Agnes Bretting, Rolf Degen, Dr. Stephan Ellenmagmann, Dr. Joachim Fischer, Dr. Hans Haltmeier, Dr. Reinhard Huljus, Dr. Angelika Jung-Hüttl, Charlotte Kerner-Kömpf, Regina Lehr, Franz Mechsner, Jörg Melander, Susanne Paulsen, Gero von Randow, Judith Rauch, Lutz Reidt, Ulrike Roll, Marc Rosenbaum, Patricia Schlesinger, Jürgen Scriba, Jörg Wesner
Illustrationen: Holger Everling
GEO-BILDARCHIV
Birgt Heller, Gunda Guhl-Lerche, Peter Müller
FARBIMPRIMATUR: Norbert Kunz
GEO-BÜROS
Moskau: Wladimir Pyljow, 121 099 Moskau, Smolenskaja Ploshad 13/21 189, Tel. 0070 95 248 70 81;
New York: Ruth Eichhorn (Leitung), Brigitte Barkley, Wilma Simon, 685 Third Avenue, 22nd Fl., New York, NY 10017, Tel. (212)599-4040, Telefax: (212) 972-2761
Verantwortlich für den redaktionellen Inhalt: Günter Haaf

VERLAGSLEITER: Heiner Eggert
ANZEIGENLEITER: Rolf Grimm (verantwortlich für Anzeigen)
VERTRIEBSLEITER: Udo Steinmetz
HERSTELLER: Peter Grimm

GEO-Wissen-LESERSERVICE
Gruner + Jahr AG & Co
Postfach 10 25 25, 2000 Hamburg 1
Postscheckkonto Hamburg 240 00-209
BLZ 200 100 20
Tel. 040/37 03 32 36
Schweiz: GEO-Wissen-Leserservice, 6045 Meggen
Tel. 041-37 36 78

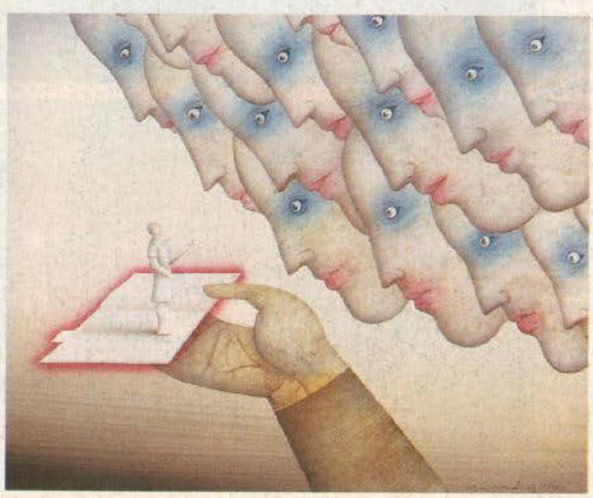
Heft-Preis: DM 13,50. ISBN-Nr. 3-570-08701-8
Buchhandelsfassung: DM 19,80. ISBN-Nr. 3-570-06726-2
Auslandspreise: Schweiz sfr 13,50; Österreich ÖS 100,-; übriges Ausland auf Anfrage
© 1991 Gruner + Jahr, Hamburg
ISSN-Nr.: 0933-9736
Anzeigenpreisliste Nr. 5 vom 1. 1. 1991
Bankverbindung: Deutsche Bank AG, 2000 Hamburg 1, Konto-Nr. 03 22 800
Repro: Werner Hirte KG, Hamburg
Druck: Mainpresse Richterdruck, Würzburg

Liebe Leserin, lieber Leser,

Wo haben Wissenschaft und Technik direkter mit dem Menschen zu tun als in der Medizin? Ärzte und Patienten verlassen sich mehr und mehr auf Apparate, wenn es gilt, Leiden zu erkennen oder zu behandeln. Und nicht wenige fühlen sich dabei mehr und mehr verlassen. Den Titel dieses Heftes – „Ärzte · Technik · Patienten" – verstehen wir daher auch programmatisch: So segensreich Technik für unser Wohlergehen oft ist, so sehr drängt sie sich auch zwischen Behandelnde und Behandelte.

Bei unserer Arbeit scheuen wir uns nicht, auch in Grenzbereiche vorzudringen: Wir – Autoren und Fotografen – recherchieren in führenden Forschungslabors. Wir gehen aber auch – wenn es, wie bei diesem Heft, sein muß – dorthin, wo Menschen zwischen Leben und Tod stehen. So fanden wir den Stoff für die in mancher Hinsicht bemerkenswerten „Frontberichte", die Sie hier vor sich haben.

Da brauchte sich Bildredakteur Josef Hurban nicht zu wundern, wenn er trotz umfangreicher Recherchen kein geeignetes Foto vom größten aller medizinischen Großgeräte fand: GEO-Wissen hat den „Beam of Hope" an der kalifornischen Loma Linda University erstmals für ein Magazin unserer Qualität ablichten lassen. Da mußte Kollege Christopher Schrader, der die 32 Seiten zum Thema „High-Tech" redaktionell betreut hat, auf Tuchfühlung mit modernsten Maschinen gehen, weil er nur so von den letzten Neuerungen erfuhr. Da wurden wir alle schließlich immer wieder vor die Frage gestellt: Können wir uns und dürfen wir Ihnen diese Bilder und Geschichten eigentlich zumuten?



Wir haben uns dafür entschieden, der Realität durch Reportagen Rechnung zu tragen – und zwar immer dann, wenn Erhellendes das Erschreckende unserer Ansicht nach überwog. Der Alltagsbetrieb der Medizin – Intensivstationen und Spezialkliniken, Rettungswagen und Röntgenpraxen – hat unsere Aufmerksamkeit immer wieder auf die tiefergehenden Fragen gelenkt: Sind wir – Patienten, Pflegekräfte und Ärzte – eher Nutznießer des technischen Fortschritts? Oder nimmt uns dieser mitunter mehr, als er gibt? Wie gehen wir um mit dem Dilemma, Entscheidungen treffen zu müssen, die wir eigentlich gar nicht treffen können? Ist es vermessen, wenn der Mensch Heilung um jeden Preis fordert?

Fragen Sie doch einmal bei Ihrer Krankenkasse nach Ratgebern über Geräte, denen Sie morgen vielleicht schon Ihren Leib und Ihr Leben anvertrauen müssen: Das Ergebnis dürfte mager sein. Auch wir waren bei unseren Recherchen zum Thema „Medizin + Technik" – so der ursprünglich geplante Hefttitel – in Buchhandlungen und Bibliotheken nicht gerade üppig bedient worden.

Damit nicht auch Sie bei Ihrer Suche leer ausgehen, haben wir das vorliegende Heft produziert. Von unserer Arbeit erhoffen wir uns das gleiche wie von der modernen Medizin: daß sie mehr Nutzen als Schaden bringen möge.

Herzlich Ihr

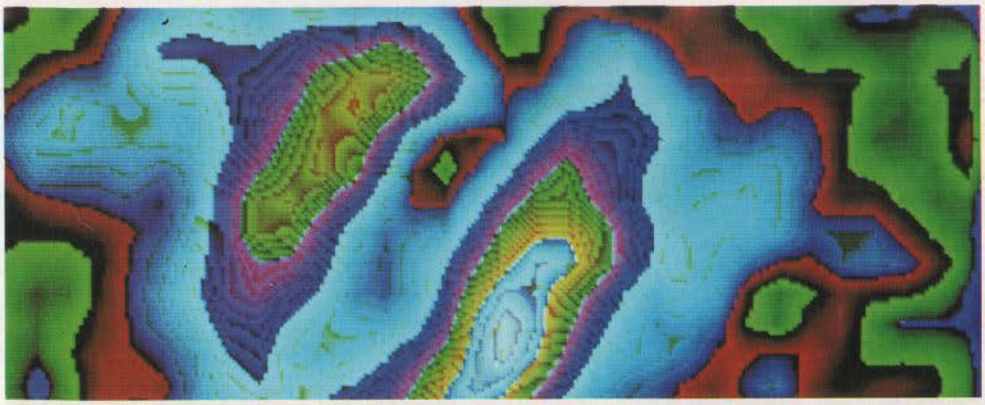
Jürgen Neffe

Jürgen Neffe

ESSAY

Der vermessene Mensch

Ärzte inspizieren mit ihren Großgeräten heute die letzten Winkel des menschlichen Körpers. Sie erkennen dabei zunehmend Leiden, für die es noch keine Heilung gibt. Ein Ende des diagnostischen Fortschritts ist nicht abzusehen - nicht immer zum Wohle der Patienten. Optimisten aber raten zur Apparateschlacht gegen den Tod. Seite 6



INTENSIVPFLEGE

Im Einsatz bis zum letzten

Krankenschwestern und -pfleger auf Intensivstationen stehen zwischen Ärzten, Technik und Patienten - dort, wo ständig Druck auf Leib und Seele lastet. Zu ihrem Alltag gehört die Lebensrettung genauso wie die Pflege Todkranker. Auch deshalb geben viele nach wenigen Jahren auf. Seite 26

ANTHROPOSOPHISCHE MEDIZIN

Die andere Kunst des Heilens

Zur Therapie am Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke gehört ebenso, die Seele in Farben sprechen zu lassen, wie den Körper mit moderner Technik zu untersuchen: Dort wird anthroposophisch geprägte Medizin praktiziert, die den Menschen in seiner Individualität in den Mittelpunkt stellt. Seite 42

VERBRENNUNGEN

Der Fluch der guten Tat

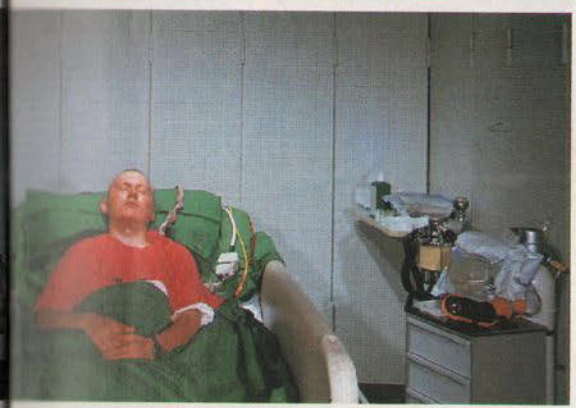
Mit Hilfe neuer Techniken lassen sich heute auch Brandopfer retten, die noch vor wenigen Jahren ihren Verletzungen erlagen - auf die aber nach der Klinik ein Leben als Entstellte wartet. Ein Team von amerikanischen Verbrennungsspezialisten entscheidet sich dennoch für den Kampf gegen den Tod und verzweifelt an seinem Entschluß. Seite 58

INHALT

Z.B. RWANDA

Der permanente Notfall

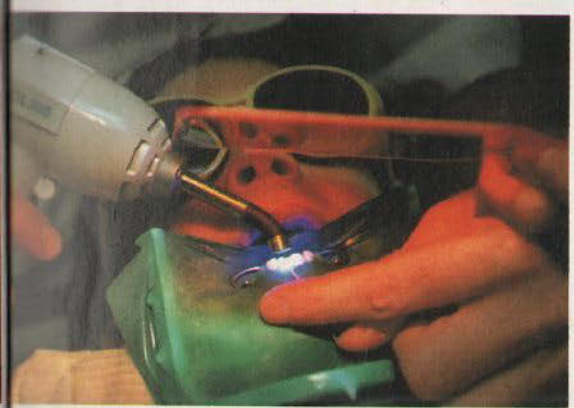
Mit welch einfachen Mitteln sich eine Basisgesundheitsversorgung aufrechterhalten läßt, müssen Länder der Dritten Welt permanent beweisen. Dennoch reicht es vielfach kaum zum Nötigsten. Ein GEO-Wissen-Team reiste in den zentralafrikanischen Staat Rwanda, wo Ärzte und Hilfskräfte Low-Tech-Medizin betreiben. Seite 124



EPILEPSIE

Der Griff nach der Wurzel des Übels

Einer kleinen Minderheit der Epilepsie-Patienten kann mit einem heiklen Eingriff ins Gehirn geholfen werden. Die betroffenen Patienten müssen vorher allerdings eine langwierige, technisch aufwendige und seelisch belastende Diagnostik hinter sich bringen. Seite 138



ZAHNÄRZTE

Die Bohrmeister

Sie gelten als Inbegriff des Profiteurs an menschlichen Defekten. Dabei geht es Dentalmedizinern vor allem deshalb so gut, weil sich ihre Klienten so schlecht um ihre Zähne kümmern. Eine Trendwende deutet sich an, seit dem Gebißverfall mit neuartigen »Keramik-Inlays« und Lasern Einhalt geboten werden kann. Seite 150

NOTFALL

Die rasenden Retter

Rettungswagen sind schnell zur Stelle, sobald der Notruf 112 gewählt worden ist. Vor allem nachts haben sie alle Hände voll zu tun: Unfallopfer, Herzinfarkt-Patienten und Menschen in allen Schieflagen des Lebens halten Notärzte und Sanitäter auf Trab. Seite 158

Der vermessene Mensch 6

Alle Macht den Geräten? 19

Als wär's ein Stück von mir
Künstliche Ersatzteile für den Menschen 22

Im Einsatz bis zum letzten 26

Die Geister, die wir riefen
Machbarkeit und Lebensqualität 40

Die andere Kunst des Heilens 42

Der Fluch der guten Tat 58

Die Invasion der Keime
Im Krankenhaus lauern hartnäckige Keime auf geschwächte Opfer 76

Als die Technik heilen lernte
Eine Historie der medizinischen Geräte 78

High-Tech-Magazin 86
Das digitale Krankenhaus 93
Röntgenverfahren 97
Computer-Tomographie 101
Magnetresonanz-Tomographie 103
Nuklearmedizin 105
Ultraschall 107
Biomagnetismus 109
Blut-Analyse 110
Elektrokardiographie 111
Lasertherapie 112
Lithotripter 115
Mikrosysteme 116
Strahlentherapie 117

Die ökonomische Indikation
Die Un-Kosten des Gesundheitswesens 120

Der permanente Notfall 124

Die gnadenlosen Forscher
Die Experimente der Nazi-Ärzte 136

Der Griff nach der Wurzel des Übels 138

Die Bohrmeister 150

Ist die Medizin eine Wissenschaft? 156

Die rasenden Retter 158

Der Trend zum kleinen Schnitt
Die »minimal invasive Therapie« verdrängt das Skalpell 166

Im Geiste der Natur
Heilen ohne Technik 170

Von Aderlaß bis Zweite Meinung
Glossar wichtiger Begriffe 180

Continuo: Es stand in GEO-Wissen
Die eisige Pumpe der Klima-Maschine 194
Ozonloch: Wenn die Sporen sterben 194
Sucht im Krankenhaus 195

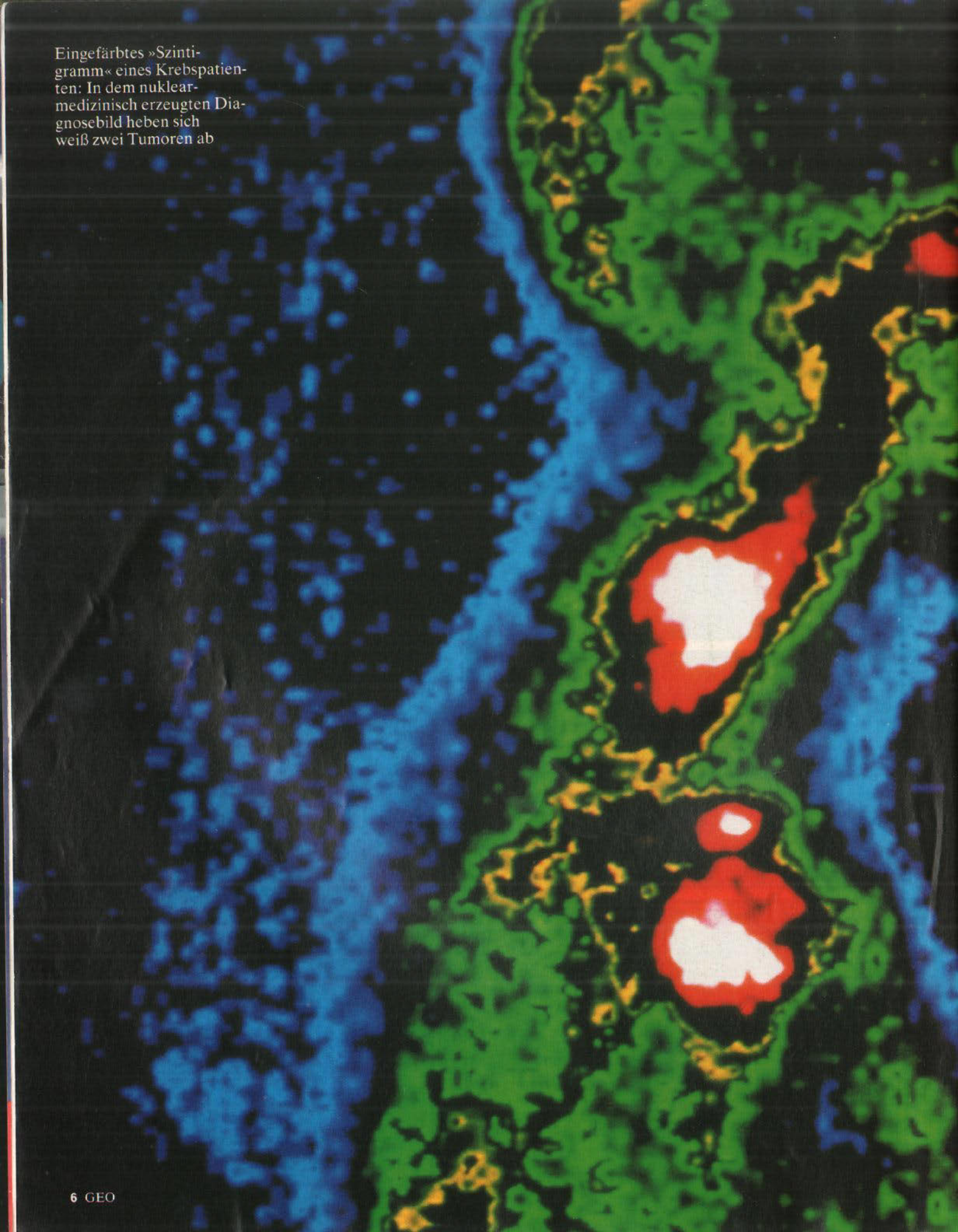
Literatur, Bildnachweis 196

Vorschau 197

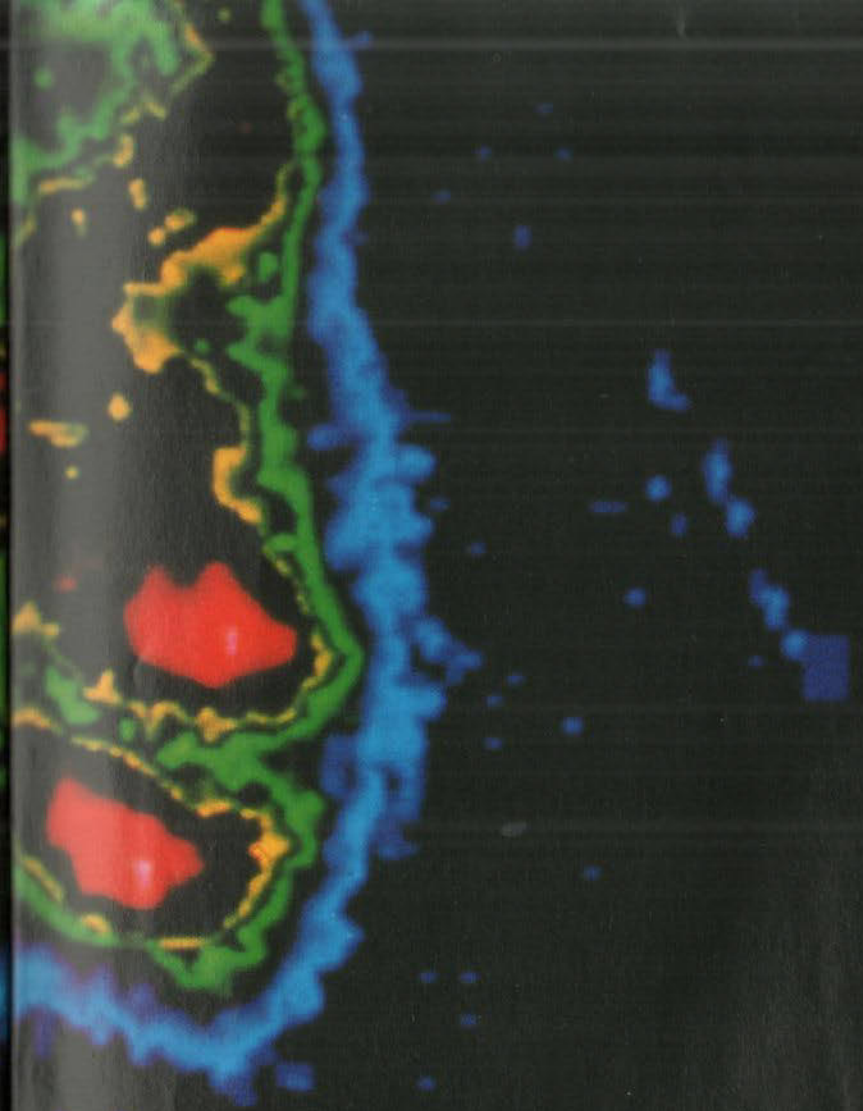
Titelfoto: Götz Schwan/Jean-Claude Revy

Unser Titelbild *zeigt neben dem männlichen Fotomodell den Körper des französischen Fotografen Jean-Claude Revy: Er hat sich für den außergewöhnlichen Längsschnitt insgesamt acht Stunden lang in den Magnetresonanz-Tomographen gelegt. Die dabei gewonnenen Einzelbilder wurden anschließend von einem Computer zur Gesamtaufnahme montiert*

Redaktionsschluß: 24. September 1991

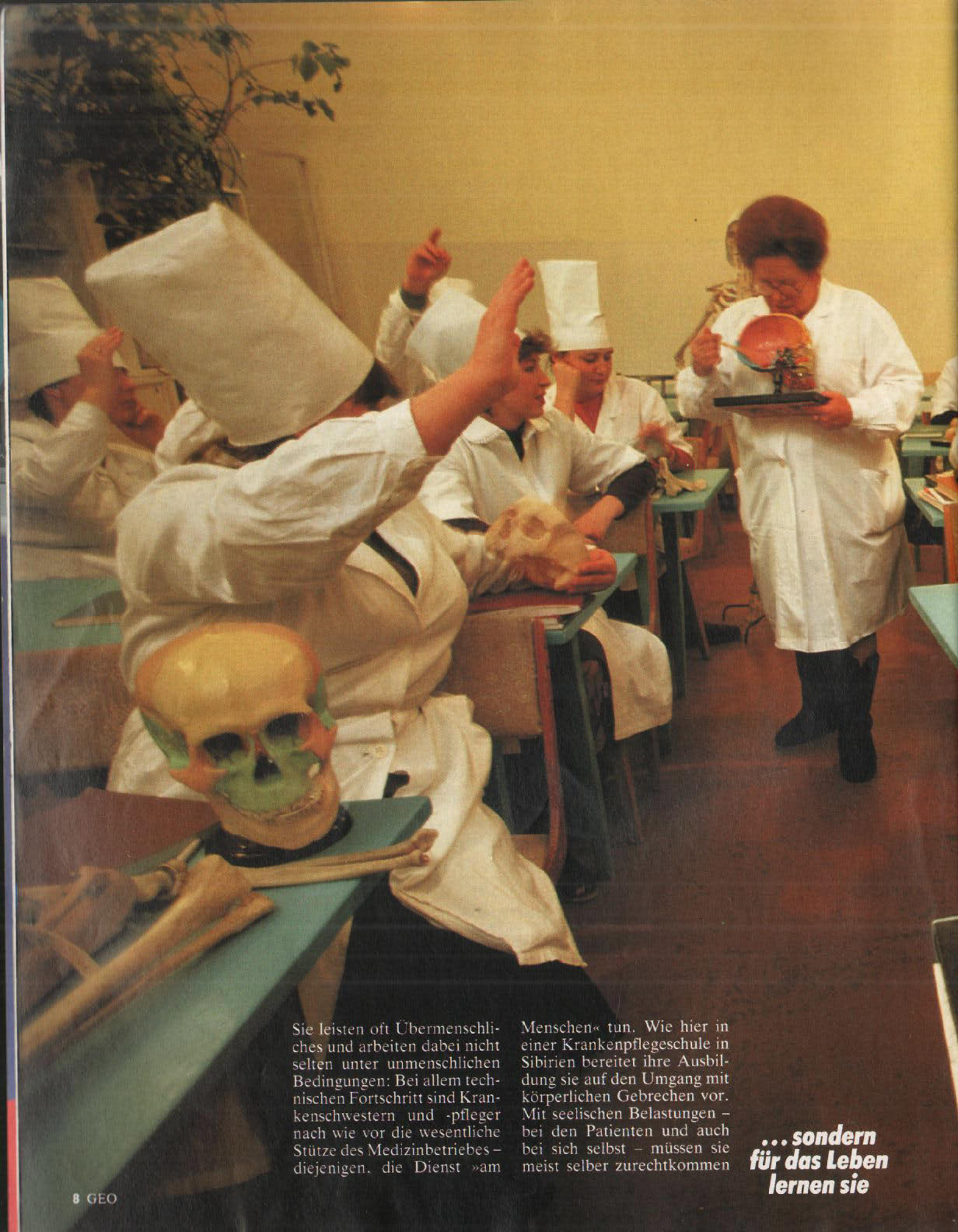


Eingefärbtes »Szintigramm« eines Krebspatienten: In dem nuklearmedizinisch erzeugten Diagnosebild heben sich weiß zwei Tumoren ab



Wer heilen will, muß durchblicken: Was die Ärzte heute mit Hilfe von Apparaten erkennen, grenzt an Zauberei. Mit teuren Großgeräten inspizieren sie den Menschenkörper bis in den letzten Winkel. Doch nicht in jedem Falle profitieren die Passiven – die Patienten – von der Ehe zwischen Medizin und Technik: Ärzte diagnostizieren mehr und mehr Leiden, gegen die es keine Hilfe gibt, und ihre Materialschlacht für das Leben richtet sich mitunter gegen dessen Würde. Als ob die Medizin nicht auch eine Kunst des Heilens wäre

DER VERMESSENE MENSCH

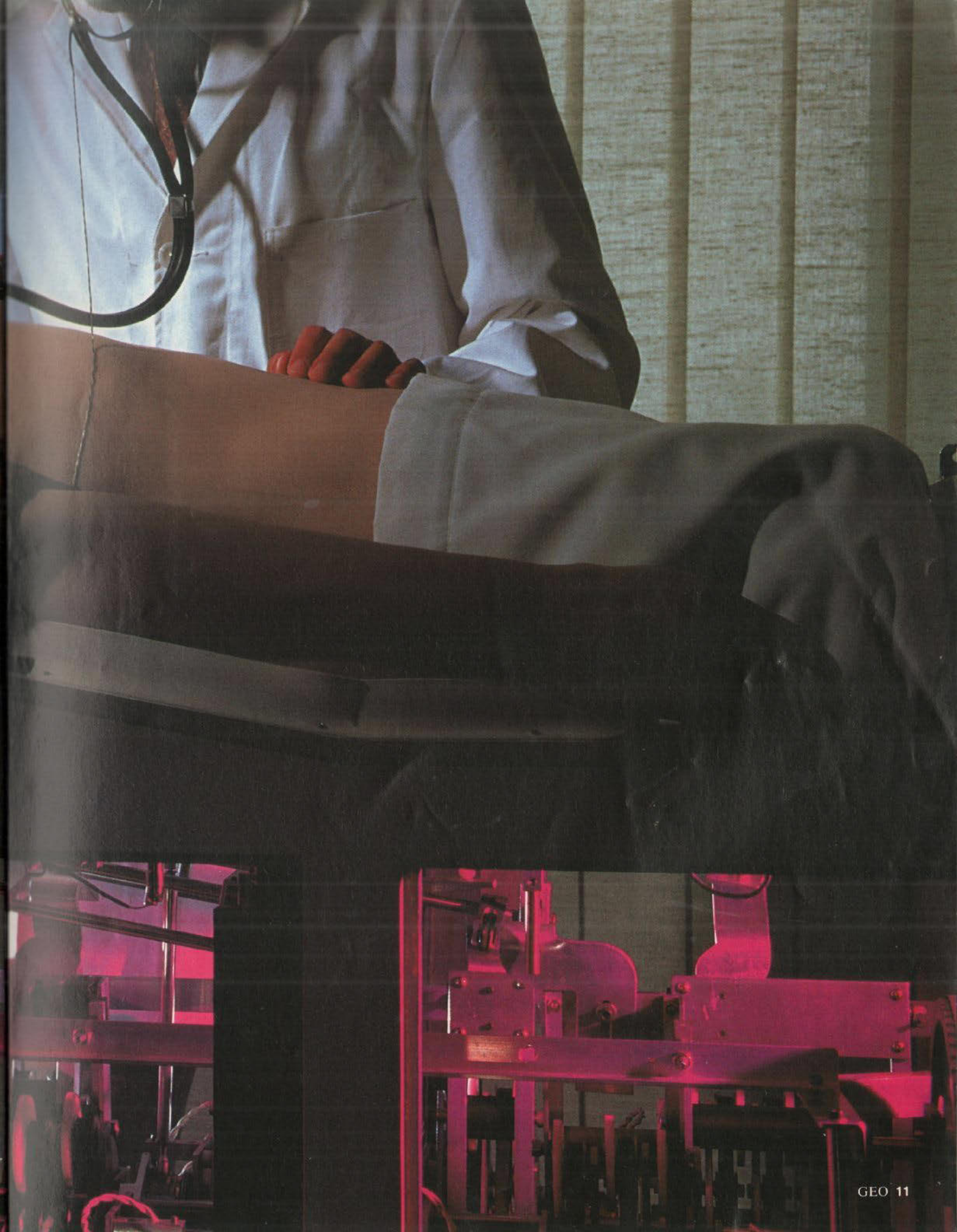


Sie leisten oft Übermenschliches und arbeiten dabei nicht selten unter unmenschlichen Bedingungen: Bei allem technischen Fortschritt sind Krankenschwestern und -pfleger nach wie vor die wesentliche Stütze des Medizinbetriebes – diejenigen, die Dienst »am Menschen« tun. Wie hier in einer Krankenpflegeschule in Sibirien bereitet ihre Ausbildung sie auf den Umgang mit körperlichen Gebrechen vor. Mit seelischen Belastungen – bei den Patienten und auch bei sich selbst – müssen sie meist selber zurechtkommen

... sondern für das Leben lernen sie

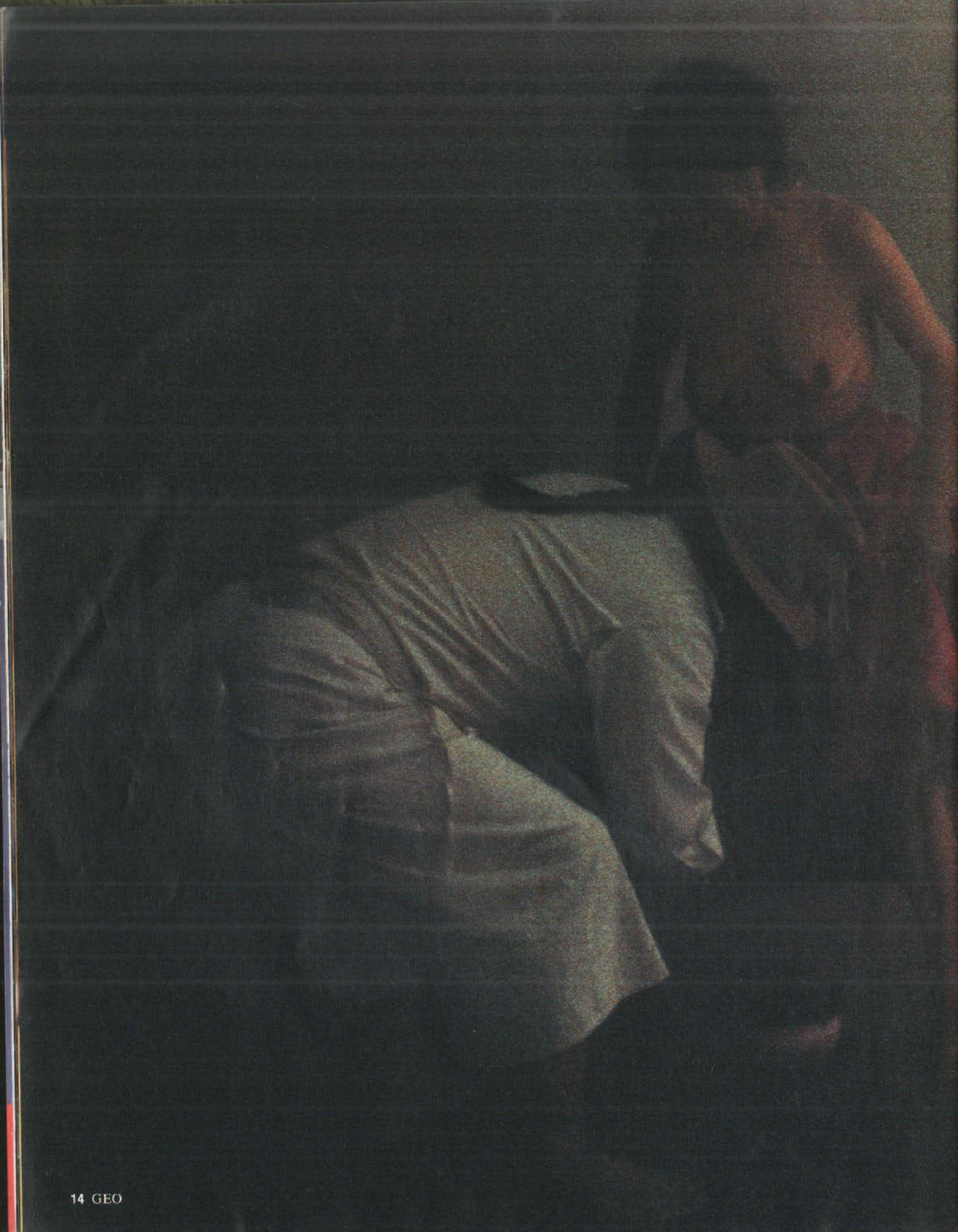
Der beste Simulant im Land

Mehr Technik bedeutet für medizinisches Personal mehr und kompliziertere Ausbildung. Ärzte, Schwestern und Pfleger bedienen heute Geräte, die vor einer Generation noch undenkbar waren. Andererseits ist dank technischer Neuerungen manche Art des Lernens überhaupt erst möglich geworden: Der in den USA entwikkelte künstliche Herzpatient »Harvey Cardialis« kann zu Unterrichtszwecken 25 unterschiedliche Herz-Kreislauf-Erkrankungen fingieren



Der Stachel im Fleische des Fortschritts

Die Angst vorm Arzt ist keine Kinderei. Auch Erwachsene befällt in Praxen und Kliniken ein mulmiges Gefühl. Manche Menschen fürchten die Betäubungsspritze mehr als die oft viel einschneidendere Behandlung. Kinder, wie das amerikanische Mädchen beim Impfen, lassen ihre Ängste frei heraus. Emotionslos geht die Wissenschaft mit »irrationalen« Reaktionen um: »Phobien«, heißt es in einem Lehrbuch der Medizinischen Psychologie, »zum Beispiel die Spritzenphobie, erschwerendas diagnostische und therapeutische Vorgehen des Arztes«

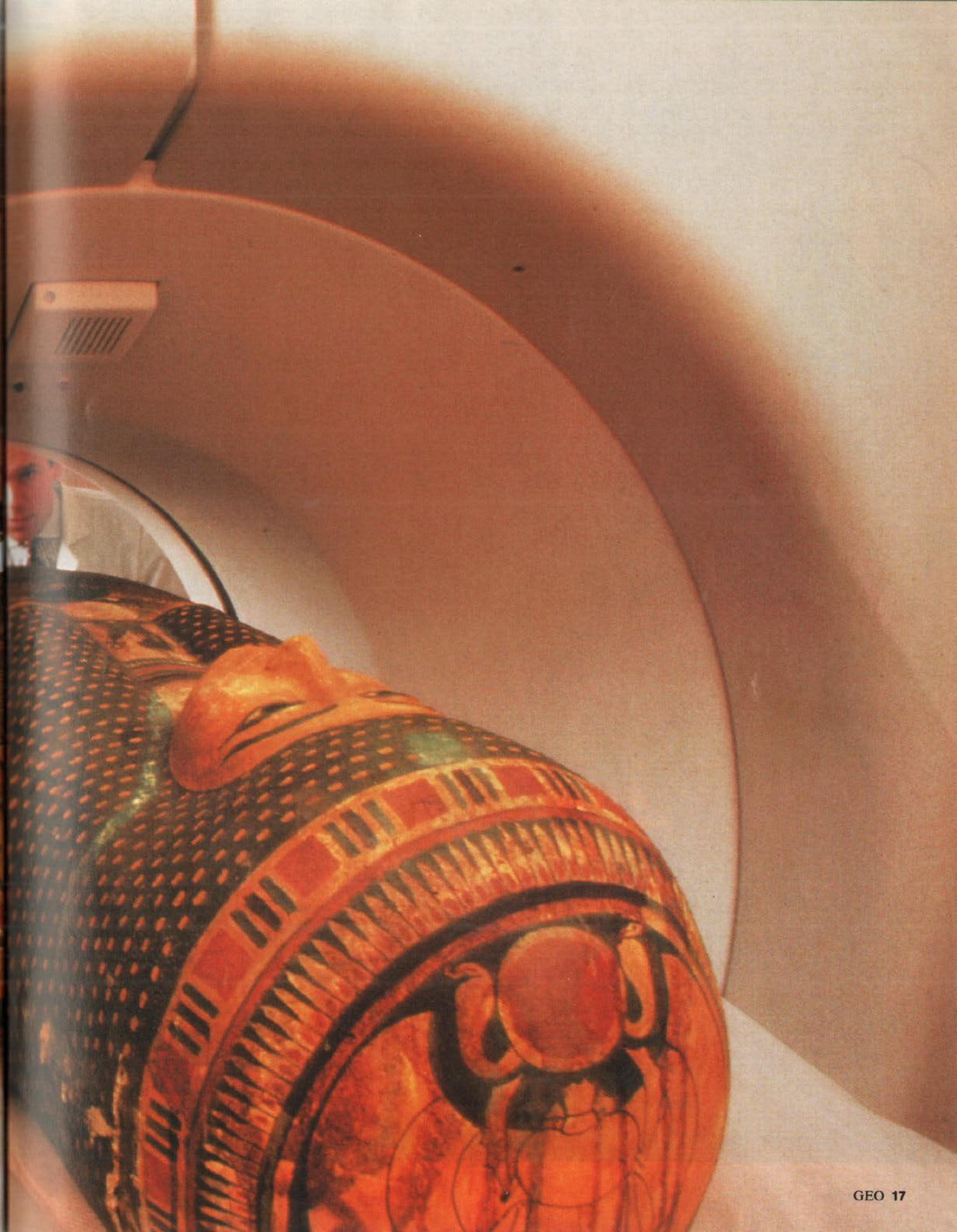


Viel mehr als Schall und Rauch

Schulmedizinern gelten die Riten der Schamanen nicht selten als reine Scharlatanerie. Ganzheitlich Denkende, auch Naturwissenschaftler, erhoffen sich von den überlieferten Methoden zumindest eine Ergänzung der hochtechnisierten Heilkunst. Naturheiler pflegen uraltes Brauchtum und beherrschen Techniken, die von vornherein ohne moderne Technik auskommen müssen. Um einer 60jährigen Frau mit schweren Unterleibsschmerzen zu helfen, verbrennt der »Curandero« Julius Caesar aus dem Andendorf Iluman im Norden Ecuadors Kadaverteile »von allen Tieren des Berglandes«. Der angesehene Heilkundige braucht fast zwei Stunden für seine intensive Behandlung. Dann ist die Frau rein genug, um einen Arzt aufzusuchen

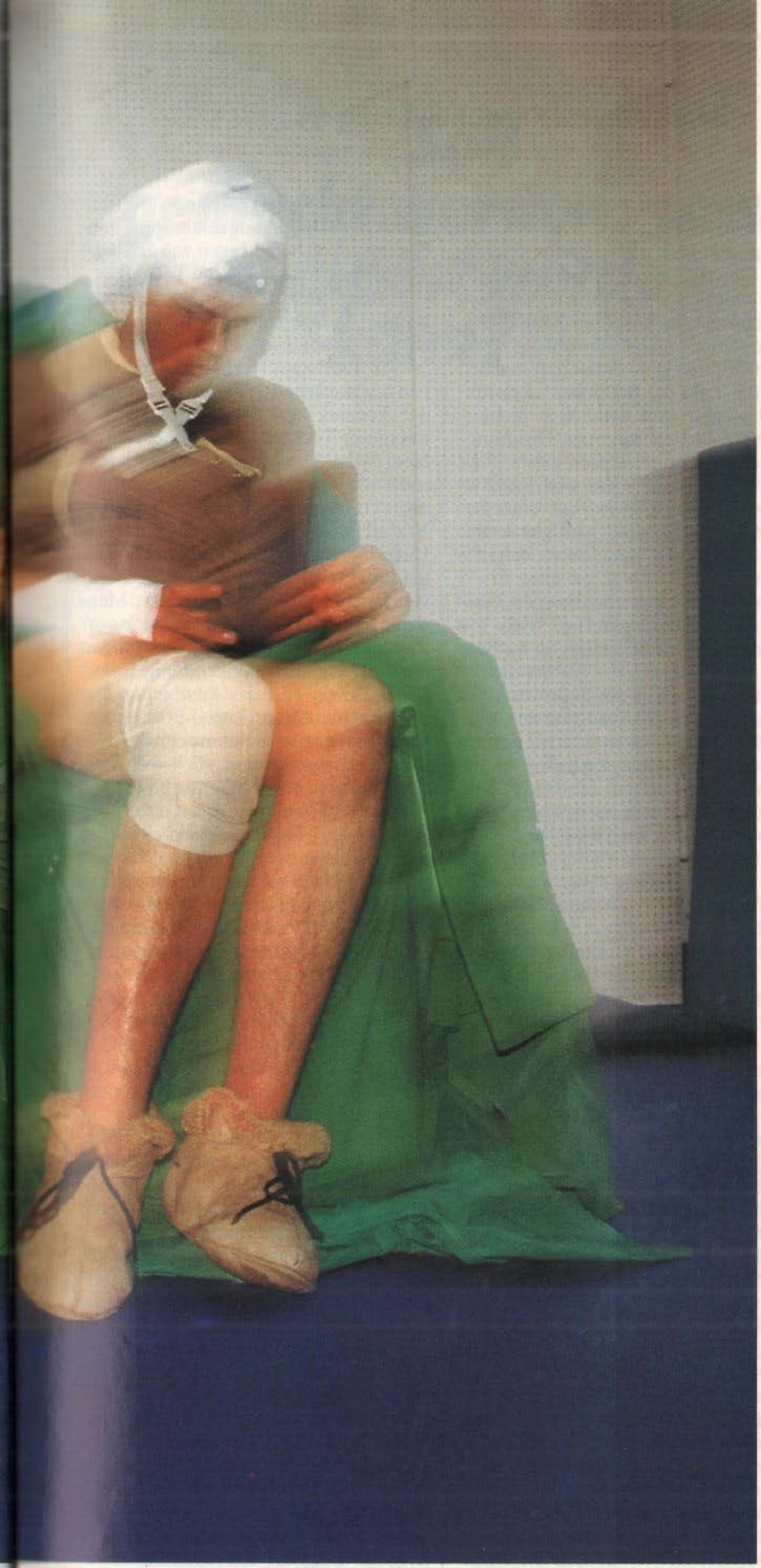
Die Schichtarbeit der Radiologen

Die »X-Strahlen« des Wilhelm Conrad Röntgen lösten 1895 eine medizintechnische Revolution aus: Sie machte es möglich, auf unblutige Weise in den menschlichen Körper zu blicken. Den flachen Röntgenbildern gab der Brite Godfrey Hounsfield 1972 eine dritte Dimension: Die von ihm erfundene Computer-Tomographie gewährt – durch »schichtweises Röntgen« und die Computer-Rekonstruktion der Bilder des durchleuchteten Gewebes – räumliche Einblicke in den Körper. Mit Hilfe dieses bildgebenden Verfahrens, heute eine der wichtigsten diagnostischen Techniken der Radiologen, gelang es dem amerikanischen Arzt Myron Marx, das Gesicht der vor ungefähr 3000 Jahren gestorbenen ägyptischen Sängerin Ta-bes sichtbar zu machen, ohne dazu die Mumie auszuwickeln



Am seidenen Faden des technischen Fortschritts hängt die Hoffnung des Epilepsie-Patienten D.: Während ihn ein Anfall in einem Spezialraum der Bonner Universitätsklinik heimsucht, zeichnen Neurologen seine Hirnströme auf, um daraus Hinweise auf ein »epileptogenes Areal« zu erhalten. Finden sie einen »Herd«, wird D. zum Kandidaten für eine heikle hirnchirurgische Operation: Neurochirurgen werden einen Teil seines Denkorgans entfernen. Den Erfolg - die Anfallsfreiheit - können weder Arzt noch Technik garantieren. Die Möglichkeit bleibender Schäden ist einkalkuliert - und dennoch unkalkulierbar

Das Risiko trägt allein der Patient



Alle Macht den Geräten?

Technik, die; **1.** alle Maßnahmen, Einrichtungen u. Verfahren, die dazu dienen, die Erkenntnisse der Naturwissenschaften für den Menschen praktisch nutzbar zu machen *(aus dem Duden, Deutsches Universalwörterbuch)*

Es hat schon etwas Bizarres: Da versuchen sich Gesellschaften gegen die Unbilden des Lebens zu rüsten und unterhalten Armeen von Ärzten mit Arsenalen von Apparaten, die zusammen gut und gerne ein Zehntel des gesamten Bruttosozialproduktes verschlingen können. Und heraus kommt ein janusköpfiges Monstrum, das mit jedem beseitigten Problem, so scheint es, mindestens zwei neue schafft.

Da klagen die Klienten der Großindustrie „Gesundheitswesen" einerseits über die zunehmende Kälte des Medizinbetriebes, bevorzugen jedoch andererseits gerade jene Krankenhäuser und Arztpraxen, die mit modernstem High-Tech und respekteinflößenden Großgeräten vollgestellt sind.

Sicher ist sicher.

Da regen sich Ärzte darüber auf, daß ihre Heilkunst den Konstruktionen von Ingenieuren weicht, wenn die Technik sie zu Technikern degradiert – und dann wagen sie es nicht, ihren Patienten die neuesten Kreationen aus den Labors der Wissenschaftler und Ingenieure vorzuenthalten.

Da weisen Psychologen ein ums andere Mal auf den Wert von Zuwendung und persönlicher Betreuung hin. Und was ist die Folge? Statt mehr und besser motivierte – weil unter anderem höher bezahlte – Krankenschwestern und -pfleger anzustellen, ordern die Klinikchefs neue Maschinen und noch ausgeklügeltere Labortechnik – oft mehr, als selbst von Gesundheitsexperten empfohlen.

Alle Macht den Apparaten?

Die Debatte um die moderne Medizin, um Maschinisierung und Macher-Mentalität, um ausufernde Diagnostik und aggressivere Therapien kann kaum noch ablenken vom eigentlichen Di-

lemma der heutigen „Heilkunst": Es ist ihr Umgang mit dem modernen Menschen – und umgekehrt.

Das sogenannte Unbehagen an der Apparatemedizin beschreibt ja nur ein Symptom eines viel weitergehenden Syndroms, einer Situation, in der jeder mittelmäßige Dramatiker den Stoff zu einer Tragödie altgriechischer Prägung fände. Wir haben unser Krankheitsmodell – Defekte sind grundsätzlich zu reparieren – mit unserer ausgeprägten Versicherungsmentalität zusammengewürfelt, begegnen der Medizin mit der in unserer Dienstleistungsgesellschaft üblichen Anspruchshaltung und wundern uns nun über das dicke Ende: Kein Leiden soll unerkannt bleiben, auch solche nicht, an denen eigentlich niemand leidet – ein erhöhter Cholesterinwert an sich ist ja keine Krankheit – oder die nur geringe Folgen haben, wie etwa sich langsam entwickelnder Krebs bei älteren Patienten.

Die Konsequenz: Immer weniger „Fehler" schlüpfen durch das sich verengende Diagnose-Netz, vor allem auch nicht diejenigen, gegen die kein Kraut gewachsen ist. Ein einmal erkanntes „Gebrechen" aber, auch wenn es kein schwerwiegendes ist, schreit nach Behandlung. Je gründlicher ein Check-up betrieben wird, desto größer ist die Gefahr, daß aus einem Gesunden ein Patient wird. Und selbst wenn es für dessen Leiden keine gute Therapie gibt: Es wird herumgedoktert.

Die Damen und Herren Doktoren verschanzen sich häufig gleichsam hinter ihren Apparaten, betreiben eine zunehmend „defensive" Medizin: Um sich später nicht eines ärztlichen Fehlers bezichtigen lassen zu müssen, aber zuweilen auch, um ihre eigene Unsicherheit mit einer Art Krücke aus Objektivität, aus bunten Bildern und Datenkolonnen abzustützen, werden vom Blut eines Patienten gleich 20 oder mehr Werte angefordert, werden Kranke häufiger als nötig, oft ohne ausreichende Indikation, in eine der neuen High-Tech-Röhren geschoben, werden „symptomfreie" Nierensteine per Lithotripsie vorsorglich zertrümmert, werden gar zum Sterben bereiten Greisen noch fremde Lebern und Herzen in den Körper genäht.

Hilft die Technik heilen, oder macht sie eher krank?

Es mag zunächst als paradox erscheinen: Obwohl wir, als Gemeinschaft, immer mehr für das zahlen, was sich „Gesundheit" nennt, aber Krankheits-„Behandlung" meint, obwohl das Arsenal an Geräten (und damit automatisch auch die Zahl der ärztlichen „Leistungen") wächst, mit dem einst nichterkennbare Leiden wie etwa Hirntumoren oder Lebermetastasen heute ohne Eingriff diagnostizierbar sind, trotz all dieser Fortschritte wird der einzelne, statistisch betrachtet, häufiger krank als früher – oder mindestens behandlungswürdig.

Hieße das Gesundheitswesen, dieser gigantische Reparaturbetrieb mit seinen vielen – um im Jargon zu bleiben: unerwünschten – Nebenwirkungen, nicht besser „Krankheitswesen"?

Einen extremen Ausdruck des Mißverhältnisses zwischen krank, gesund oder nur behandlungsbedürftig finden wir im „Statistischen Jahrbuch", das im Abschnitt „Gesundheitswesen" eine in vieler Hinsicht bemerkenswerte Tabelle führt: Unter dem Titel „Sterbefälle . . . nach Todesursachen und Alter der Gestorbenen" erfahren wir, daß alle 687 516 Menschen, die 1988 in West-Deutschland dahingeschieden sind, entweder einer Krankheit zum Opfer fielen oder durch direkte äußere Einflüsse – Unfälle, Selbstmord oder „sonstige Gewalteinwirkungen" – ihr Leben verloren. Und das Gros der Menschen im Alter von „75 und mehr" stirbt nach dieser Übersicht an „Krankheiten des Kreislaufsystems".

Ist jeder Mensch am Ende seines Lebens ein Patient?

Die „Medizinisierung" des Todes macht indirekt deutlich, wo ein Kern der Misere zu suchen ist: Für die Medizin der letzten 100 Jahre war die Frage von entscheidender Bedeutung, *wann* ein Mensch sterben muß. Die mittlere Lebenserwartung eines Deutschen wuchs seit Ende des 19. Jahrhunderts von etwa 35 Jahren auf heute 72,1 Jahre für Männer und 78,6 für Frauen – und damit nahe an das biologisch Mögliche. Fast die Hälfte der Männer und mehr als zwei Drittel der Frauen werden nach der Sterbefälle-Tabelle im Statistischen Jahrbuch 75 Jahre und älter. Dazu haben Kanalisation, sauberes Trinkwasser, verbesserte Ernährungs-, Wohn- und Arbeitsbedingungen übrigens mindestens soviel beigetragen wie ärztliche Leistung und medizinische Technik.

Mittlerweile, da vor allem die Frage wichtig ist, *wie* wir sterben, verhalten wir uns mitunter so, als ginge es darum, *ob* wir überhaupt sterben müssen: Neben der wachsenden Skepsis gegenüber der Technik lebt der Glaube, gerade mit dieser Technik lasse sich jedes Problem lösen. Die Medizin hat der latenten Bedrohung durch den Tod zwar einiges von ihrem Schrecken genommen: Notfalldienste und Intensivstationen, Herzklappen, -schrittmacher und -transplantationen, Dialyse und Eigenhautverpflanzungen geben vielen Menschen, die noch vor nicht allzu langer Zeit als todgeweiht aufgegeben werden mußten, ein mehr oder weniger normales Leben zurück. Aber jeder dieser spektakulären Einzel-Fortschritte nährt die tragische Sehnsucht der Gesellschaft, irgendwann auch das Sterben selbst wie eine schlimme Krankheit besiegen zu können. Das natürliche Ableben – die Statistik drückt es bereits aus – wird abgeschafft.

Was der medizinische Fortschritt jedoch auch bewirkt hat: Heute erreichen mehr und mehr Menschen das Alter, in dem chronische Krankheiten besonders häufig sind – ein Problem, das mit fortschreitender „Überalterung" noch erheblich zunehmen wird. Nicht zuletzt aus wirtschaftlichen Erwägungen muß sich das Gesundheitswesen die Frage gefallen lassen, ob die Verhältnismäßigkeit der Mittel gewahrt ist, wenn die jährlich knapp 500, jeweils rund 150 000 Mark teuren Herzverpflanzungen hierzulande in etwa das Budget von fünf 200-Betten-Krankenhäusern verschlingen (besonders angesichts der über drei Millionen Diabetiker oder Rheumatiker), in welchem Maß die Erfolge im akuten Bereich das weitgehende Versagen im chronischen aufwiegen und wann nicht mehr das Überleben an sich als Wert begriffen wird, sondern auch die Qualität dieses Lebens die ihr angemessene Bedeutung erhält.

In der Antwort auf solche Fragen liegt die Basis für die scheinbar unzü-

Soll gemacht werden, was gemacht werden kann?

gelbare Eigendynamik des Medizinbetriebes. Solange die Heilkunst in ihrem Streben, die absolute Grenze Tod zu überwinden, nicht an andere absolute Grenzen, etwa an die der Finanzierbarkeit stößt, gilt im Prinzip die Regel: Was gemacht werden kann, wird auch gemacht. Die Medizin darf das ungestraft, ja unter allgemeinem Beifall, weil quer durch unsere Wahrnehmung eine scharfe Trennlinie verläuft:

Auf der einen Seite herrscht ein eher analytischer Blick, der mehr das Ganze im Auge hat. Aus dieser Sicht lassen sich Forderungen nach Beschränkungen, etwa nach Verzicht auf Herztransplantationen, leicht vertreten. In Japan gibt es aus religiösen Gründen so gut wie keine Organverpflanzungen – dennoch geht es dem Japaner nicht schlechter als dem Deutschen; die dortige Lebenserwartung ist sogar deutlich höher als hierzulande.

Auf der anderen Seite regiert der Individualfall: Gilt es, einem einzelnen zu helfen oder sogar das Leben zu erhalten, dann reagieren wir völlig anders – erst recht, wenn ein uns Nahestehender betroffen ist oder gar wir selbst. Wer wollte am Lebensrecht der kleinen Sarah zweifeln, die Ärzte im amerikanischen Pittsburgh fünf Wochen vor dem Geburtstermin per Kaiserschnitt „holten" und der sie gleich ein neues Herz einpflanzten? „Das Baby", erklärte der behandelnde Arzt, „hätte ohne den Eingriff keine 24 Stunden überlebt."

Allerdings: Wäre das Kind im Leib einer Japanerin herangereift, wäre sein Schicksal hingenommen worden. Es wäre – ein trauriger, aber kein seltener Fall – tot geboren worden. Gleichwohl ist die Säuglingssterblichkeit in den USA mehr als doppelt so hoch wie in Japan.

Was aber, wenn der Medizin tatsächlich ein Durchbruch nach dem anderen gelänge? Was wäre, wenn die Diagnose-Möglichkeiten bis zum Niveau der Gene und Moleküle reichten und so gut wie jede Krankheit erkennen ließen? Wenn gleichzeitig die Therapien alles Heutige weit in den Schatten stellten und noch viel mehr Menschen das Leben bis ins hohe Alter ermöglichten, wenn dann schlicht die Mittel nicht hinreichten, allen diese Neuerungen zukommen zu lassen? Dann wäre die Medizin in ihr nächstes Dilemma geschlittert – ein Drama, das sich heute bereits abzeichnet.

Irgendwann hat jede Volkswirtschaft den Punkt erreicht, an dem sie die Kosten für das Gesundheitswesen nicht mehr tragen kann. Dieser Grenze der Medizin nähern wir uns mit jeder Kostenexplosion, die besser „Leistungsexplosion" hieße. Die Entwicklung zeichnet sich in den USA bereits ab: 1989 wurden dort 11,8 Prozent des Bruttosozialprodukts für „health care" ausgegeben (BRD: 9,2 Prozent). Dafür kommen Amerikaner, weltweit gesehen, auch eher in den Genuß medizinischer Spitzentechnologie.

Sie lassen sich zwar einerseits die am Ende erfolglose Behandlung eines schwerverletzten Kindes eine Million Dollar kosten und damit etwa so viel, wie den rund sieben Millionen Bewohnern des zentralafrikanischen Staates Rwanda insgesamt *pro Monat* für die Gesundheitsversorgung zur Verfügung steht. Andererseits ist nicht einmal für die Grundversorgung aller Amerikaner gesorgt: Ausgerechnet im Land der unbegrenzten Möglichkeiten haben rund 15 Prozent der Menschen überhaupt keinen Krankenversicherungsschutz.

Die Gefahr besteht, daß – wir wollen ja auf nichts verzichten – die ohnehin ungleiche medizinische Versorgung künftig vom sozialdarwinistischen Überlebensprinzip regiert wird. Im US-Bundesstaat Oregon sollen den „Medicaid"-Versicherten, den Ärmsten der Armen, eine Reihe von Behandlungen gestrichen oder anhand von Prioritätenlisten zuteil werden. Auch hierzulande können sich durch den wachsenden Zwang zu höheren Selbstbeteiligungen weniger Menschen als vor einigen Jahren Behandlungen leisten, die eigentlich zur Grundversorgung gehören. Zahnersatz, Sehhilfen und viele notwendige Medikamente dürften im Sinne der Volksgesundheit überhaupt nicht eingeschränkt werden.

Die gegenwärtige Entwicklung, in die Zukunft weitergesponnen, könnte am Ende bedeuten, daß Krankenhäuser und Arztpraxen voller neuer Millionenmaschinen stehen, während Menschen draußen, wie in den USA heute schon vielfach zu beobachten, mit geflickten Brillen und Zahnlücken leben müssen.

High-Med nur für die Reichen?

Wissenschaft und Wirtschaft unterliegen ihrer Eigendynamik ebenso wie Kliniken und Industriebetriebe: Da werden, völlig normal für eine funktionierende Ökonomie, neue Geräte, Therapien und Strategien entwickelt. Wenn aber ein Markt gesättigt ist oder wir uns das Gesundheitswesen nicht noch mehr kosten lassen wollen oder können, wenn also der Selbstbedienungsladen Gesundheitswesen nicht mehr die gewohnten Gewinnsteigerungen abwirft, werden die Verteilungskämpfe innerhalb dieses Systems härter.

Da der technische Fortschritt – allein schon wegen der spektakulären Einzelerfolge – gute Argumente auf seiner Seite hat, geraten die „weicheren" Bereiche in Gefahr, an Terrain zu verlieren. Von Rationalisierung ist schon lange die Rede und inzwischen gar von Rationierung. Auf der Strecke drohen dabei Dienste und Leistungen zu bleiben, die schon heute zu kurz kommen: Gespräche, Trost und Wärme, die für den Genesungsprozeß so wichtig sein können wie Geräte, Technik und Meßwerte.

Die Entfremdung zwischen Behandelnden und Behandelten nimmt somit buchstäblich zu: Die Maschinen schieben sich zwischen Ärzte und Patienten.

Jürgen Neffe

Ersatzteilmediziner sollen Blinde sehend, Taube hörend und Lahme gehend machen. Zu ihrem Repertoire gehören Plastiklinsen,

Als wär's ein Stück von mir

VON KIRSTEN BRODDE

Kapitän Ahab würde heute nicht mehr auf einem aus Pottwalknochen geschnitzen Bein hinter „Moby Dick" herjagen. Herman Melvilles Held stünde auf einer Prothese aus leichten Carbonfaser-Rohren. Das Kniegelenk aus Titan wäre beim Gehen beweglich, beim Stehen jedoch starr, damit der Jäger des weißen Wals beim Werfen der Harpune nicht einknickte. Niemand würde mehr das laute Pochen seiner Stelze auf den Planken hören. Denn die Drucksensoren in der Sohle ließen den Kunststoff-Fuß sanft auftreten: Sie erzeugten ein Kribbeln im Stumpf des Oberschenkels, sobald das Ersatzbein das Deck berührte.

Ganz anders sähe auch die eiserne Hand des Götz von Berlichingen aus. Zwar waren die fünf metallenen Finger schon damals einzeln beweglich, doch der Ritter mußte sie mit der gesunden linken Hand zusammendrücken, um beim Spiel die Karten zu halten. Heute hätte er zwei auswechselbare rechte Hände – eine täuschend echt nachgebildete „Ausgeh-Hand" und einen schmucklosen Greifer für schwere oder präzise Arbeiten. Dessen beide „Finger" könnte Götz mit seinem Willen steuern: Empfindliche Sensoren spürten Ströme in den Muskeln des Armstumpfes auf und übersetzten sie in Befehle wie „zupacken" oder „loslassen".

Die Konstruktionen aus den Werkstätten der modernen Ersatzteilmediziner verhelfen vielen Menschen nicht nur zu neuer Beweglichkeit, weil sich Extremitäten und fast alle Gelenke ersetzen lassen: Implantate in Wangen, Kiefern oder Nasen, in der weiblichen Brust und im Penis helfen bei körperlichen wie psychischen Problemen aus. Künstliches Blut fließt durch künstliche Adern zu künstlichen Herzklappen. Nervenstimulatoren restaurieren die Kontrolle über die Blase. Cochlear-Implantate geben Tauben das Gehör, künstliche Linsen durch grauen Star Erblindeten das Augenlicht zum Teil zurück.

Die Fülle der verfügbaren Ersatzteile macht so manchen Menschen glauben, versagende Teile seines Körper könnten beliebig ausgetauscht werden. Von den Erbauern der Ersatzstücke werden Wunder erwartet. Doch ein Blick auf das heutige Arsenal künstlicher Gliedmaßen und Organe zeigt, daß die Erfolge fast ausschließlich mit vergleichsweise simplem mechanischen Ersatz erzielt werden. Dort, wo komplexe Stoffwechselvorgänge – wie in der Leber – oder gar Sinnesempfindungen ersetzt werden sollen, hat die Ersatzteilmedizin wenig zu bieten: Selbst wenn die physiologischen Grundlagen dieser körperlichen Aktivitäten bekannt sind, lassen sie sich nur zu einem Bruchteil imitieren.

Trotzdem erliegen einige Konstrukteure einem Machbarkeitswahn und stellen sich vor, den Menschen zu „verbessern". Der mechanistischen Tradition der Ingenieure verhaftet, denken sie zuerst an einen leistungsstärkeren „Motor": „Eines Tages", glaubt der holländische Ersatzteil-Pionier Willem Johan Kolff, „wird der erste Marathonläufer wegen seines Kunstherzens disqualifiziert."

Die Ersatzpumpe in der Menschenbrust ist das Goldene Kalb der Branche. Für ihre Erforschung und Entwicklung wurden zwischen 1964 und 1988 allein in den USA 240 Millionen Dollar ausgegeben; für die neunziger Jahre sollen es weiterhin fünf bis zehn Millionen Dollar jährlich sein. Dem Aufwand stehen indes nur magere Ergebnisse gegenüber: Sechs Patienten erhielten bisher ein Kunstherz als Dauerersatz – und konnten doch nur zum Preis langer Quälerei maximal 620 Tage dem Tod trotzen. Als „Brücke zur

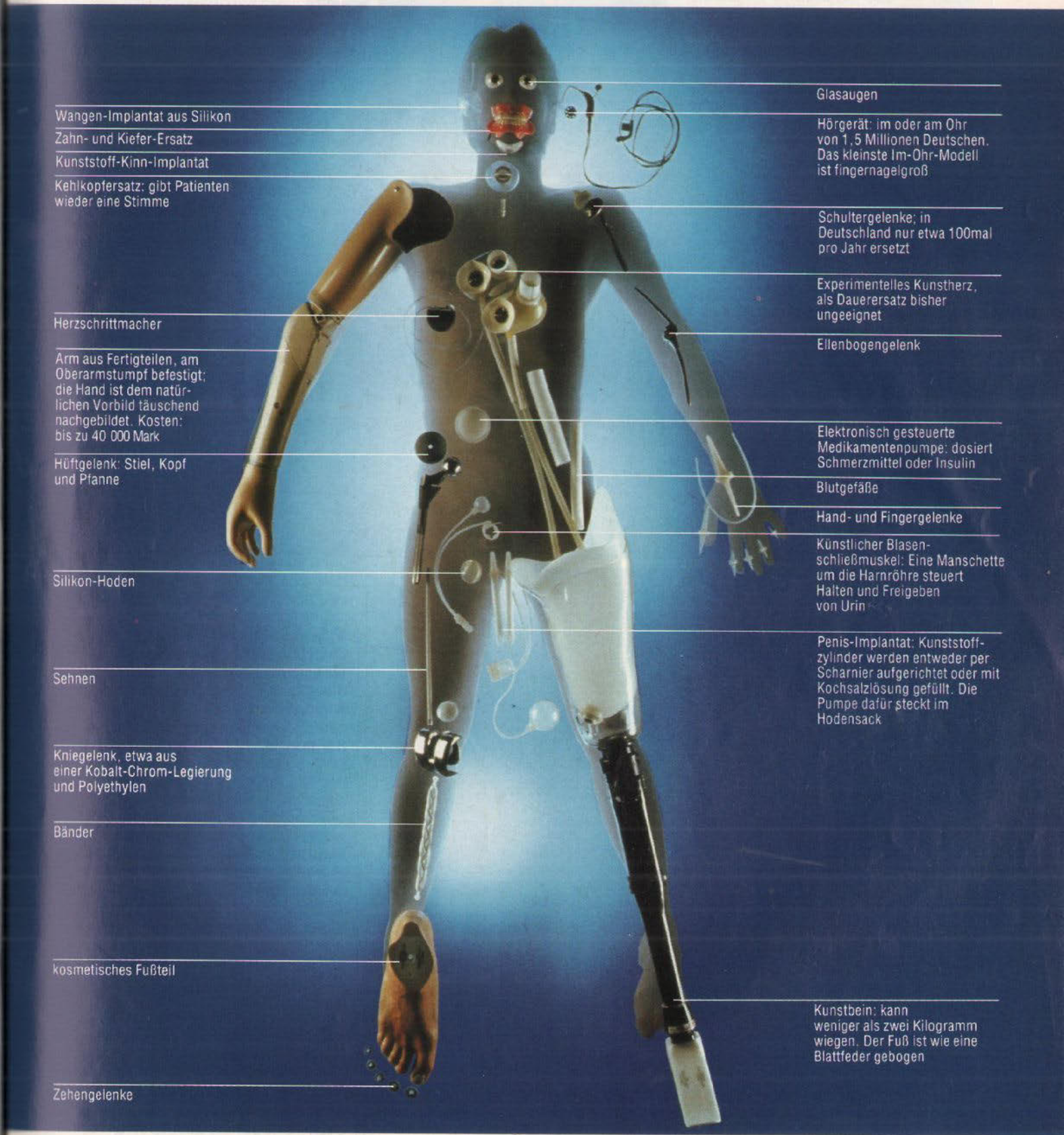
Künstliche Hüftgelenke werden mit Computer-Hilfe maßgeschneidert

Dabei simuliert der Rechner auch das Einsetzen der Prothese

Am Ende paßt der Hüftstiel auf den Millimeter genau in den Knochen

Hörgeräte und Gelenke – künstliche Lebern oder Lungen aber wird es allenfalls in ferner Zukunft geben

ERSATZTEILE



Hier hat der Fortschritt Hand und Fuß

Auch moderne Prothesen verlangen ihren Trägern viel Willenskraft und Training ab. So hat der Amerikaner Roger Charter als erster beidseitig Amputierter gelernt, mit zwei Ersatzbeinen zu laufen.

Sein kleiner Landsmann Gregory Probst, der seinen Kunstarm verwundert anschaut, übt mit seiner Mutter und einer Technikerin, welche Muskeln er anspannen muß, um ein Spielzeug zu greifen

Transplantation" haben sich mechanische Blutpumpen dagegen bewährt. In mehr als 600 Fällen blieb das kranke Original im Körper und wurde von einem meist extrakorporalen Aggregat unterstützt, bis ein Spenderherz gefunden war.

Die Konstruktion anderer innerer Organe liegt bisher für die Forscher noch weiter jenseits ihrer Fähigkeiten. Die zuverlässige mechanische Lösung in körpergerechter Größe ist dabei nur ein Problem: Die Organe sind auf sehr komplexe Weise auch in die hormonellen Rückkopplungen des gesamten Organismus verwickelt. Zwar leistet die Schrankkoffer-große „künstliche Niere" eine der Aufgaben des Originals und „entgiftet" alle zwei bis drei Tage das Blut. Doch die Nieren regulieren unter anderem auch den Vitamin-D-Haushalt, weshalb Dialyse-Patienten die Substanz mit vielen Steaks, Eiern oder Pillen zu sich nehmen müssen. So bleibt Patienten, deren Nieren, Leber, Lunge, Bauchspeicheldrüse

oder Herz versagen, nur die Hoffnung auf ein rares Spenderorgan.

Der Kunstorgan-Rummel verdeckt allerdings die Tatsache, wie billig und routiniert Mediziner etwa Hüftgelenke austauschen. 400 000 dieser Ersatzteile werden weltweit jährlich eingesetzt. Ein Standardmodell kostet 1000 bis 2000 Mark, etwa 6000 Mark ein maßgeschneiderter, von einer computergesteuerten Fräsmaschine angefertigter Ersatz. Insgesamt pflanzen Ärzte Jahr für Jahr allein in Deutschland rund 15 000 Kniegelenke ein, ungefähr 50 000 Glasaugen und gut 8000 Herzklappen: ein Milliarden-Markt.

Das Immunsystem toleriert jedoch nicht jedes Ersatzteil, denn es kämpft gegen alles, was ihm fremd ist. In den fünfziger Jahren etwa erprobten Mediziner Gelenkpfannen aus Nylon und Teflon, doch das umliegende Gewebe entzündete sich, und die Patienten mußten erneut unters Messer. Im Frühjahr 1991 gerieten plötzlich die Polyurethan-Hüllen mancher Brust-Implantate in den Verdacht, Krebs auszulösen. Künstliche Körperteile sind eben nur so verträglich und so haltbar wie das Material, aus dem sie bestehen.

Zwar müssen neue Werkstoffe vor ihrem Einsatz im menschlichen Körper oft jahrelang in Versuchstieren ihre biologische Verträglichkeit unter Beweis stellen; trotzdem bleiben Langzeitrisiken kaum abschätzbar. Ungezählte Kunststoffe, Metalle und Gläser wurden schon erprobt und wieder verworfen – oder durch Zufall entdeckt: Im Zweiten Weltkrieg etwa behandelte der Brite Harold Ridley Jagdflieger, deren Augen durch Plexiglassplitter zerschossener Flugzeugkanzeln verletzt worden waren. Dabei bemerkte er, daß das geschädigte Sehorgan sich durch den eingedrungenen Kunststoff nicht entzündete, das Immunsystem ihn also tolerierte. 1947 setzte Ridley die erste Plexiglas-Linse ins Auge eines Patienten ein. Heute bestehen die meisten Ersatzteile aus Kunststoffen, die als immunverträglich gelten.

Eine weitere Hürde für neue Materialien ist eine Eigenschaft des Blutes: An körperfremden Oberflächen klumpt es oft binnen kurzer Zeit. So bilden sich gefährliche Gerinnsel, die – einmal losgerissen – einen Herzinfarkt oder Schlaganfall auslösen können. Patienten mit künstlichen Herzklappen müssen deswegen ihr Leben lang vorsorglich

Glasauge unter der Lupe: Einer Dreijährigen ist nach einer Krebsoperation ein Kunstauge eingesetzt worden

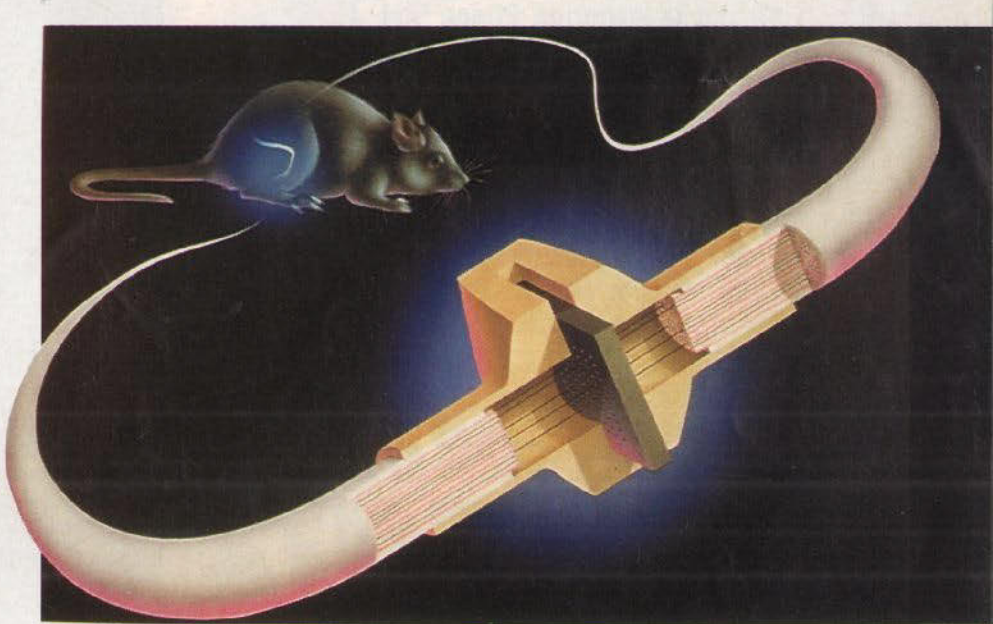
gerinnungshemmende Medikamente nehmen.

Um Klappen oder Gefäßprothesen sicherer zu machen, wollen die Forscher ihre Materialien nach dem Vorbild der Natur verändern. „Die ideale Oberfläche für eine Kunststoff-Ader", sagt Christian Mittermayer vom Klinikum der Technischen Hochschule Aachen, „ist die Innenhaut eines natürlichen Gefäßes, die aus Endothel-Zellen besteht. Sie verhindern die Blutgerinnung." Aachener Arbeitsgruppen locken Gefäßzellen auf das fremde Material, indem sie dessen Oberfläche so verändern, daß sie einem natürlichen Untergrund gleicht.

Schon träumen amerikanische Wissenschaftler von einer neuen Generation künstlicher Organe, den Organoiden. Leberzellen etwa sollen sich in einem Kunststoff-Gerüst einnisten, das mit Endothel-Zellen überwachsen ist, und dort ihre normale Funktion aufnehmen. Bei einer Ratte mit Gelbsucht haben die Zellen des Organoids tatsächlich für einige Monate die gestörte Leberfunktion übernommen.

Doch der Münchner Nierenfacharzt Hans Jürgen Gurland, derzeitiger Präsident der „Internationalen Gesellschaft für künstliche Organe", dämpft verfrühte Hoffnungen: „Von der Konstruktion solcher künstlichen Organe sind wir noch unendlich weit entfernt. Aber mit der Versöhnung von Natur und Technik sind wir auf dem richtigen Weg." □

Die Wissenschaftsjournalistin **Dr. Kirsten Brodde**, 27, lebt in Hamburg.

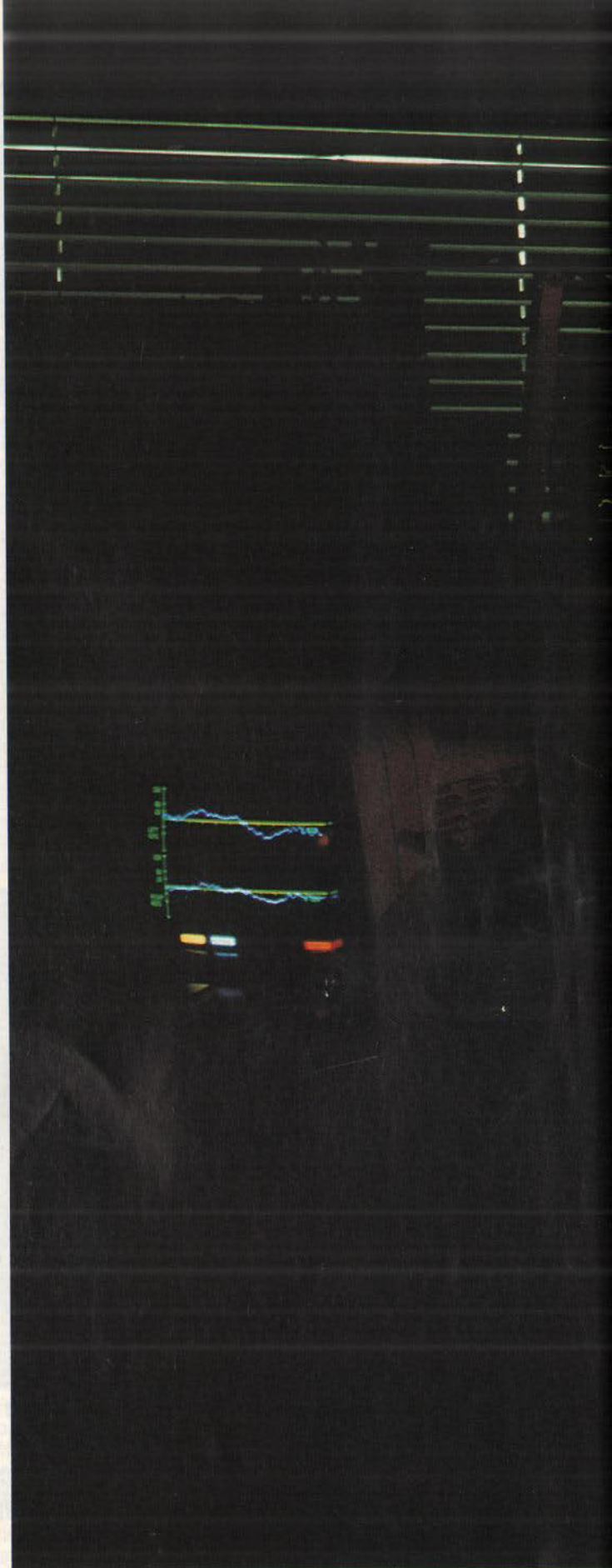


Wenn Nerven die Befehle geben, lauscht ein Chip

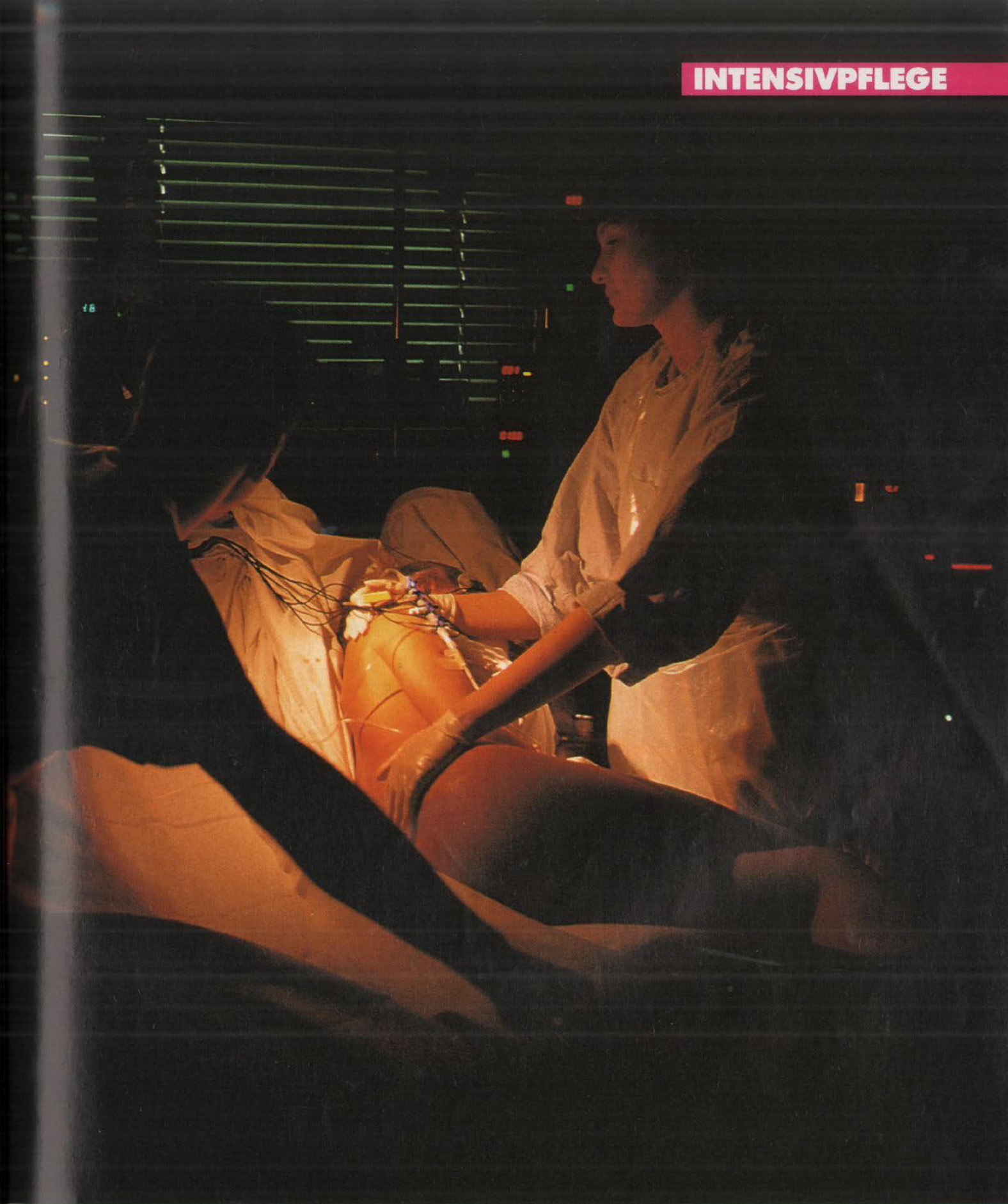
Was bei einer Ratte schon in Ansätzen funktioniert, soll eines Tages Prothesenträger beweglicher machen: Ein elektronisches Schaltelement könnte Ersatzteil und Nervensystem verbinden. Über den Chip konnten US-Forscher einen direkten Kontakt zum durchtrennten Bein-Nerv des Versuchstieres knüpfen. Bislang sind Prothesen nur auf dem Umweg über Muskelströme zu steuern

Sie sind eine besondere Art Elite. Sie müssen da sein für schnelle lebensrettende Aktionen wie auch für die langwierige Pflege Todkranker. Sie sind Vermittler in der konfliktreichen Welt, die vom Prinzip Lebenserhalt regiert wird. Sie stehen zwischen Ärzten, Technik und Patienten – dort, wo ständig Druck auf Leib und Seele lastet. Nicht zuletzt deshalb geben viele Schwestern und Pfleger auf den Intensivstationen trotz anfänglich großem Idealismus nach wenigen Jahren auf

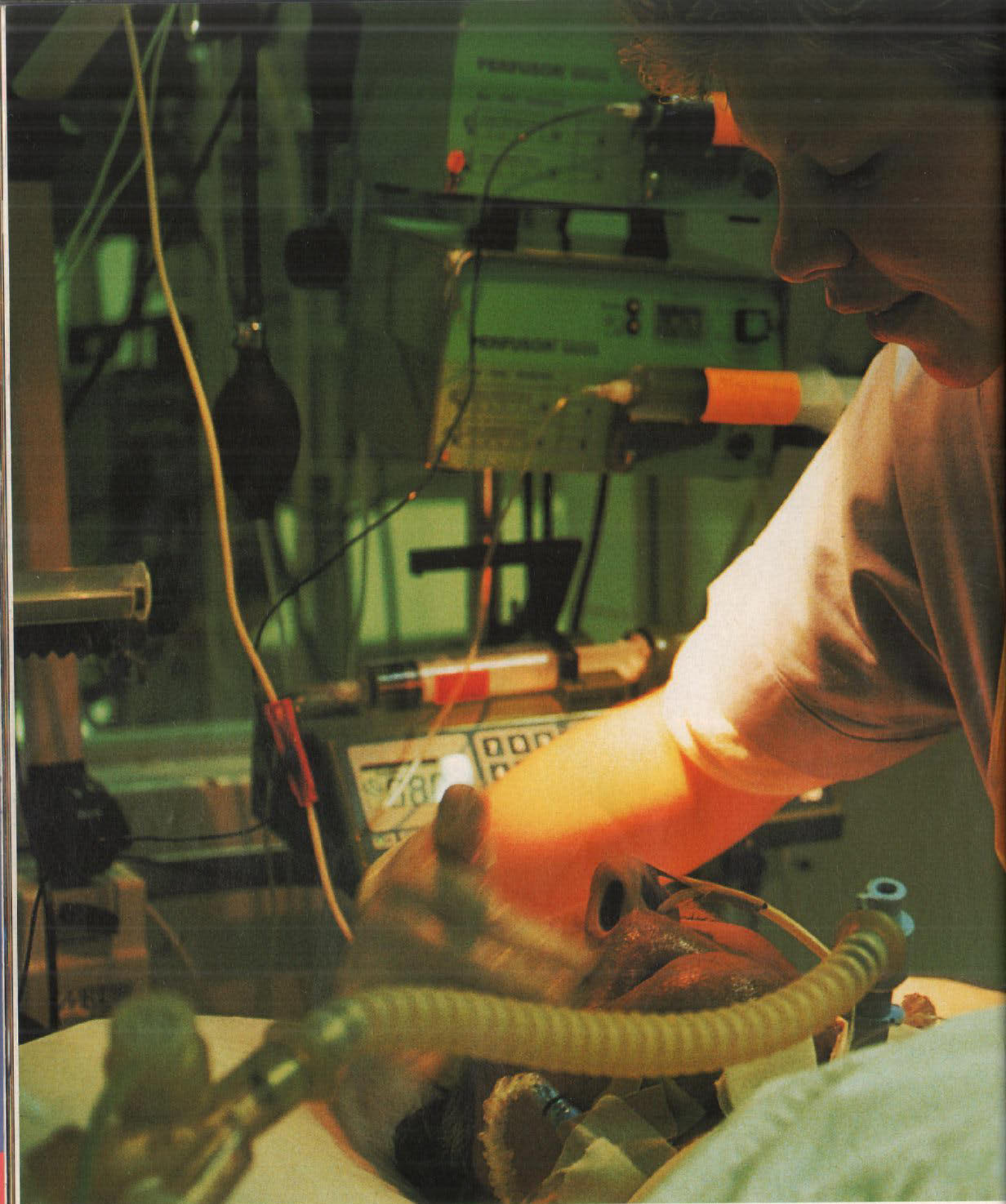
Im Einsatz bis zum letzten



Intensivschwester und -pfleger in der »Klinik und Poliklinik für Anästhesiol



gie und operative Intensivmedizin« des Klinikums der Universität Münster beim nächtlichen Betten einer Patientin



Kleine Gesten sprechen eine eigene Sprache

Pflegen ist viel mehr als Ausführen ärztlicher Anweisungen. Die moderne Pflegeforschung fordert, auch Schwerstkranke zu »aktivieren« und nicht lediglich zu versorgen. Selbst so kleine Dinge wie der gewohnte Geruch des persönlichen Rasierwassers könnten einem bewußtlosen Patienten auf eine nicht meßbare Weise helfen

VON HANIA LUCZAK; FOTOS: INES KRUEGER

Helfen wollten sie anfangs alle. Werner, der sich „auf dem Olymp" wähnte, seinen Beruf aber mittlerweile von der Masse der Apparate erdrückt sieht. Karin, die nicht mehr mit jedem Patienten „mitsterben" will. Georg, der sich über arrogante und inkompetente Ärzte ärgert. Eva, die sich im Traum manchmal in einem jener Betten liegen sieht, in denen die „Vitalfunktionen" Schwerstkranker mit allen erdenklichen technischen Mitteln erhalten werden.

Anderen Menschen helfen wollten sie, als sie sich für den Beruf der Krankenschwester beziehungsweise des Pflegers entschieden. Ihre Rolle als Schlüsselfiguren der Medizin wird nirgendwo so deutlich wie auf Intensivstationen. Ihr Können brauchen und von ihrer Kraft zehren Ärzte, Technik und Patienten. Sie vor allem sind es, die sich zwischen High-Tech und schlichter menschlicher Zuwendung aufreiben. Selten sprechen sie von beruflicher Erfüllung, oft aber – ob fertige oder auszubildende Fachschwester – von chronischer Überbelastung und Schuldgefühlen, von Erpressung und davon, ihren „Traumberuf" nicht mehr lange ausüben zu wollen und zu können. Manche haben die Flucht schon im Kopf.

Raus aus dieser eigentümlichen Innenwelt mit all dem Zischen und Röcheln und den durchdringenden elektronischen Alarmtönen. Weg von den meist bewußtlosen Leibern, die „irgendwann alle gleich aussehen". Weg von Infusions- und Ernährungsschläuchen, Überwachungssonden und Beatmungs-Tuben. Weg von den flirrenden Bildschirmen, die lebendiger wirken als die Kranken, deren Leben sie bewachen. Raus aus der von lebensrettender Effizienz bestimmten Atmosphäre, in der Gefühle nicht erwünscht sind und in der die Seele keine Rolle spielen darf.

Wo Schwerstverletzte nach Operationen und Unfällen liegen, halten es selbst hochmotivierte junge Leute im Schnitt nur drei bis vier Jahre aus. Überall in Deutschlands Krankenhäusern fehlt Fachpersonal. Überall gehen mehr als kom-

men. Experten sprechen von einer „fortschreitenden Verdichtung" der Arbeit: Mehr Technik, mehr Therapie, Verkürzung der Liegedauer bei höherer Patientenfallzahl, mehr Alte, mehr chronisch Kranke – eine Entwicklung, die sich größtenteils auf dem Rücken des Pflegepersonals niederschlägt.

Und der „Lohn" dieser Akkordarbeit: wenig Anerkennung, wenig Geld, sogar Ablehnung. „Was, du arbeitest auf einer Intensivstation?" Wie oft hören Schwestern bei dieser Frage einen „kränkenden Unterton" heraus – gerade so, als würden sie Unmenschliches tun. Das gilt auch für die Pflegenden der „Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin" im Klinikum der Universität Münster – obwohl hier auf den Stationen „vieles in Ordnung ist": Ausbildung, Pflegekonzept und auch „eine gewisse Offenheit" ungewöhnlichen Neuerungen gegenüber.

„Eigentlich ist es ein schöner Beruf", sagt die Intensivfachschwester Gunda. Heute Nacht ist ausnahmsweise wenig von der zerrenden Hektik des Tages auf der Station zu spüren. Aus dem Radio klingt leise Musik. Die Maschinen scheinen ruhiger zu laufen, die Signaltöne weniger durchdringend zu sein. Die Patienten wirken friedlich. Die 28jährige, die schon vier Jahre auf der Station arbeitet und von deren sechs Geschwistern fünf in der Krankenpflege beschäftigt sind, stammt wie viele ihrer Kolleginnen aus einer großen Familie. Sie hat früh gelernt, sich um andere zu kümmern. Sie ist „Intensivlerin" geworden, da „diese Patienten mich am meisten brauchen".

Die Ansprache bewußtloser Patienten ist auch ein Akt der Achtung

Gunda ist froh. Sie hat endlich Ruhe, „ihre Pflege" machen zu können. Sie hat sogar so viel von diesem kostbaren Stoff Zeit – „hoffentlich gibt es nicht gleich wieder Großalarm" –, um ihren jungen Patienten in Zimmer 3 mit Hilfe eines Spezialgeräts zu duschen.

„Wir waschen jetzt die Haare", kündigt sie dem Kranken an – obwohl er doch bewußtlos ist. „Man weiß nie, was er mitkriegt." Diese Ansprache nennt der Unterrichtspfleger der Station, Lothar Ullrich, „handlungsbegleitende Orientierung", aber auch einen „Akt der Achtung". Allerdings: So etwas, sagt Gunda, werde mit den Jahren immer schwerer, „wenn doch fast nie was zurückkommt".

Sie föhnt das Haar des Patienten, sie rasiert ihn und gewinnt Erfolgsgefühle so kleinen Dingen ab wie dessen persönlichem Rasierwasser: „Vielleicht riecht er ja sein Davidoff." Sie saugt Nasenschleim ab und streicht Salbe in die Nasenlöcher, die von der Magensonde wundgescheuert sind. Und beginnt mit der Mundpflege.

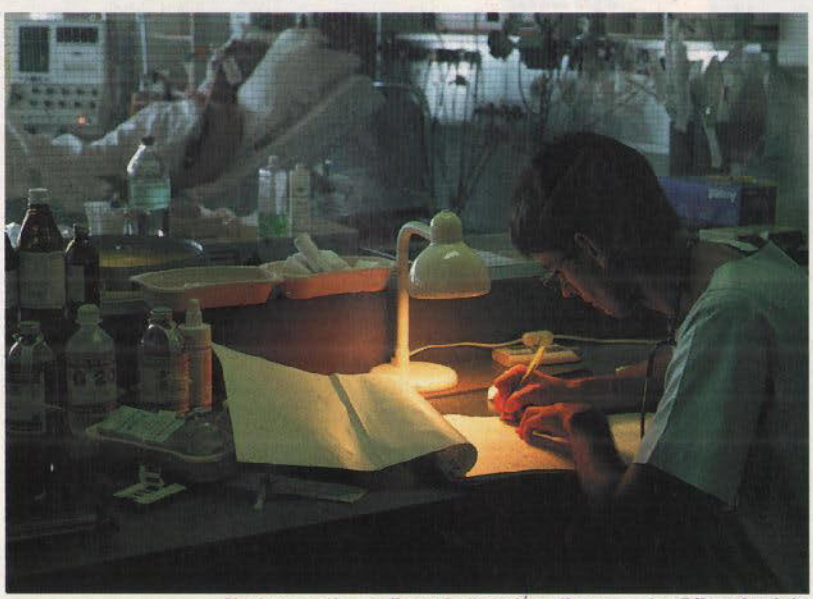
„Das kann jetzt ein wenig unangenehm werden, Herr Peters, aber es muß sein." Sie putzt ihm die Zähne, spült seinen Mund aus und saugt gleichzeitig die Spülflüssigkeit ab, die durch einen kleinen aufblasbaren „Ballon" am Beatmungsschlauch im Rachen des Patienten zurückgehalten wird.

Nachdem sie das Beatmungsgerät für einige Minuten auf 100 Prozent Sauerstoff gestellt hat, unterbricht sie die Luftzufuhr. Sie fährt nun mit einem dünnen Absaugkatheter durch den Beatmungsschlauch in die Lunge des Kranken. Der Körper des Bewußtlosen krampft sich zusammen. Absaugen: immer wieder ein kleiner Todeskampf, wenn der Schleim aus der Lunge entfernt werden muß.

„Ja, ich weiß, das ist unangenehm." Sie arbeitet schnell und konzentriert, der Körper des Patienten beruhigt sich wieder. Er bekommt wieder Luft. „Schon vorbei." Danach Betten sowie Desinfizieren aller „Zugänge" etwa für Katheter, Wechseln aller Verbände. Dazwischen Verabreichen der Medikamente.

Vor allen „pflegerischen Handlungen" desinfiziert sich Gunda die Hände oder streift neue Handschuhe über. „Das muß in Fleisch und Blut übergehen", sagt sie, denn „das Krankenhaus soll dem Patienten ja keinen Schaden zufügen". Doch im Kampf gegen Infektionen und auch gegen das Wundliegen seien sie nicht selten die Schwächeren. Und immer wieder: Gunda setzt sich hin und notiert ihre Handlungen im Pflegebericht.

Ein wenig Stolz ist dabei, als die Fachschwester jetzt lächelnd den Kranken betrachtet. „Er sieht frisch aus." Sie streicht ihm über die Stirn. Sie deckt den jungen Mann zu, so behutsam und routiniert, wie sie vor kurzem die Vorhaut seines Penis zu-



Notieren aller »pflegerischen Handlungen« im Pflegebericht

Wo alle ständig unter Strom stehen

Pflegen auf der Intensivstation heißt, immer auf dem Sprung zu sein. Auf Hunderte von Alarmsignalen pro Tag und Dutzende von Anzeigen der Überwachungsgeräte zu reagieren. Neben diesen Überwachungsaufgaben bereiten die Schwestern und Pfleger medizinische Eingriffe vor und haben dabei, wie hier bei einer Bronchoskopie, zu assistieren. Die wachsende Zahl der Apparate, die Flut der Daten und die Personalnot machen es ihnen immer schwerer, Zeit für menschliche Zuwendung aufzubringen

rückgestreift hat, um die Eichel zu waschen.

Zuwendung, Einfühlung, Motivation. „Medizin ist nur die eine Hälfte", sagt der Fachpfleger Werner und spricht von beruflicher Erfüllung: einem jungen Patienten „ein wenig Lebensmut geben", besonders, wenn keiner auf der Station mehr an eine Genesung glaubt. Ihn wiederaufrichten, ihn sogar, samt allen Geräten, nach draußen in die Sonne fahren. Einem schwerkranken Zwölfjährigen Geschichten vorlesen. Einem 90jährigen beim „schönen Einschlafen" die Hand halten. Allerdings: Dies seien seltene Momente. Die Phasen, in denen man nach dem Sinn fragt, würden immer länger, erzählt der 33jährige große blonde Mann.

Werner ist einer von denen, die „wegen der anspruchsvollen Technik" Intensivpfleger geworden sind. Ein häufiges Motiv der mehr als 30 Prozent männlichen Helfer auf Intensivstationen. Keiner will als „Urinkellner" oder „Stationskran" auf eine Normalstation zurück: „Hier sind wir auf dem Olymp."

Doch vom Götterberg der Medizin hat er sich selbst verbannt. Werner hat gekündigt. Nach 15 Jahren Pflege will er jetzt auf eine Bohrinsel, „Drecksarbeit unter Männern machen". Er will das „andere Extrem". Und danach vielleicht als Gemeindepfleger Menschen als, „wie heißt es doch so schön: biopsychosozialen Wesen helfen".

Er hat es satt, „meine Ohnmacht zu spüren und Handlanger der Maschinen zu sein", für die psychischen Bedürfnisse der Patienten selten Zeit zu haben. „Wie Hamster in einer Tretmühle sind wir", sagt er. Sind Messungen und Kontrollen durchgeführt, beginne schon die neue Runde. Und irgendwann, als er gemerkt hat, daß seine Blicke

häufiger die Bildschirme des „bettseitigen Monitoring" suchten als die Gesichter der Patienten, wußte er, daß er gehen wird.

Krankenpflege ist ein Beruf auf der Suche nach sich selbst. Schon im 19. Jahrhundert bedauerte Florence Nightingale, daß Pflege lediglich als Verabreichung von Arzneien und Auflegen von Verbänden verstanden werde. Weltweit bemühen sich Pflegeforscherinnen um eine „Definition", die auch Denken und Wissen in Rechnung stellt. Immer wieder wird die amerikanische Pflegerin und Wissenschaftlerin Virginia Henderson zitiert. Sie begriff als vorrangige Aufgabe einer Krankenschwester, den ihr anvertrauten Menschen in jeder Hinsicht zu unterstützen, seine Unabhängigkeit wiederzuerlangen.

Das neuere Pflegemodell der Britin Nancy Roper sieht den Patienten lediglich in einigen Lebensaktivitäten eingeschränkt. Diese gelte es nur kurzzeitig zu ersetzen, denn der Kranke sei kein passiver Wirt von Krankheiten. War die Pflege jahrelang am Defizit orientiert, so heute an der Frage: Was kann der Patient eigentlich noch? „Versucht, das zu fördern, und mag es noch so wenig sein", trichtert der Ausbilder Lothar Ullrich seinen Schülerkollegen ein. „Laßt den Patienten spüren, daß ihr für ihn da seid. Aber paßt auf, daß ihr ihm nichts überstülpt."

Pflegeforschung. Für Heike Strunk nicht nur ein Wort. Auf ihrer Visitenkarte steht „Pflegedienstleitung" und „Nursing Director". Die 38jährige mit dem schicken, schwarzweiß gescheckten Brillengestell auf der Nase steht 133 Schwestern und Pflegern vor. Wenn ein Arzt sie ärgern wolle, dann sage er heute noch „Schwester Heike" zu ihr. Auf dem Fensterbrett in ihrem Zimmer steht ein Schild, „The Boss"; die Schriftseite ist nach hinten gedreht.

Krankenpflege wird in vielen Ländern an Universitäten gelehrt

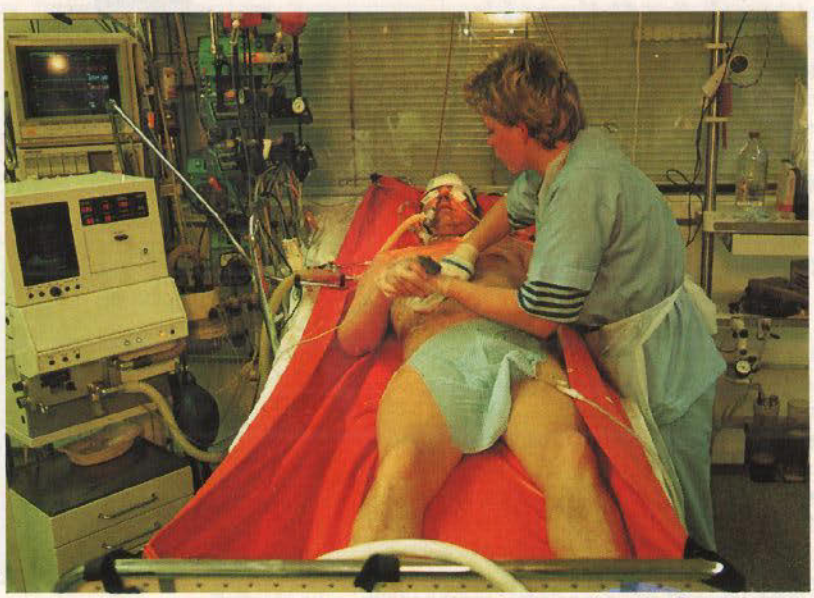
Im Vergleich zu anderen Kliniken „geht es uns geradezu gut", betont sie. Es gebe ein ausgearbeitetes Pflegekonzept und eine straff organisierte Weiterbildung: Nach dem Krankenpflege-Examen folgt eine zweijährige Interimszeit, in der man auf der Station arbeitet. Danach zwei Jahre berufsbegleitende Ausbildung: 240 theoretische Unterrichtsstunden, 480 „pflegerisch strukturierte Unterweisungen" und immer: praktisches Lernen am Bett. Doch nicht alle Bundesländer haben eine derartige Weiterbildung gesetzlich festgelegt. „Vielerorts", sagt die Oberschwester Heike Strunk, „läßt man die Pflegekräfte verdammt allein."

Sie will in Großbritannien, wo – wie in Skandinavien oder Israel – Krankenpflege an Universitäten gelehrt wird, ihren „Master of Nursing" machen, vielleicht sogar promovieren. Sie spricht von der Emanzipation ihres Berufsstandes, und wenn ein leitender Arzt der Klinik fragt „Wie geht es meinen Nonnen?", explodiert sie schon mal.

Erst seit etwa 150 Jahren ist Krankenpflege ein Beruf. Bis dahin war sie Aufgabe von Ordensschwestern oder weiblichen Familienmitgliedern. 1831 gründete Amalie Sieveking während einer Cholera-Epidemie in Hamburg den „Weiblichen Verein für Armen- und Krankenpflege". Doch auch der weltliche Schwesterntypus war von klösterlichen Strukturen geprägt: unter der Haube, selbstlos und aufopfernd, bedingungslos gehorsam dem Arzt gegenüber, voll christlicher Liebe für den Patienten. „Die Frau", schrieb der Mediziner Victor Robinson, „ist eine instinktive Schwester, von Mutter Natur selbst unterwiesen." Heute noch wirkt diese Tradition nach: „Das Dienen steckt uns in den Knochen", bestätigt Schwester Eva, „wir nehmen gern still alles hin."

Immerhin habe, sagt Heike Strunk, der Pflegenotstand wenigstens eines bewirkt: „Man hört uns mehr zu." Sie hält es für ein Unding, die personellen Löcher auf der Station mit Studenten und Aushilfen zu stopfen. Luxus im Krankenhaus würden in Zukunft nicht die teuren Medikamente und Apparate sein, sondern „jede Minute Mensch". „Wir sind ja nicht gegen Technik", aber still und heimlich stelle man immer neue Geräte in die Krankenzimmer – Maschinen, die in ihrer Masse mittlerweile die Pflegenden zu beherrschen beginnen.

„Lebt er noch?" fragt Eva, 23 Jahre alt, als sie vor ihrer Nachtschicht ins „Kaffeehaus" kommt, den tristen kleinen Pausenraum der Station. Sie spricht von einem Mann, der bereits drei Wiederbelebungen, Reanimationen, hinter sich



Duschen eines Patienten in einer Spezialwanne

Die »eiserne Schwester« erleichtert manch schwere Stunde

Pflegen ist Knochenarbeit. Wenn selbst mehrere Helfer einen Kranken nicht mehr betten können, wird »Emma«, die »eiserne Schwester«, hinzugezogen. So nennt das Pflegepersonal die Hebevorrichtung für besonders schwere Patienten. Aber auch dieses Spezialgerät bewahrt die jungen Leute nicht vor einer weitverbreiteten Berufskrankheit: dem Rückenleiden

hat. Zwei Nächte hat sie ihn schon betreut – und ihn innerlich aufgegeben. Diagnose: Multiorganversagen, der in jeder Intensivstation so gefürchtete Ausfall mehrerer lebensnotwendiger Organe wie Lunge, Niere, Leber.

„So was habe ich noch nicht erlebt", sagt der Kollege, der ihr den Patienten „übergibt". Zu allem Übel hat bei dem Todkranken auch noch das Blutgerinnungssystem versagt. „Du kannst ihn gar nicht anpacken", sagt er weiter. Statt ihn zu pflegen, habe er das aus allen Wunden rinnende Blut aus dem Bett abgesaugt und – in Form von Blutkonserven – „oben wieder hineingeschüttet".

Der Patient lebt also noch. Bewußtlos befindet er sich zwischen Leben und Tod, in jenem Grenzbereich, den moderne Apparate und Medikamente zusehends ausweiten: das Sterben, aber auch die Chance zum Weiterleben. Und Eva „übernimmt": alltägliche Routine.

Kalte Zahlen, von Ergonomen kürzlich erstellt, beschreiben ihren Arbeitsplatz: Bei einem Schwerkranken sind 30 unterschiedliche Einzelalarme möglich, ausgelöst von zwölf Diagnose- und Therapiegeräten pro Patient mit bis zu 85 Bedien- und 65 Anzeigeelementen sowie 15 Leitungen zum Patienten. Dazu kommen noch elf Leitungen zur Logistik, etwa zur Strom- und Gasversorgung. 400 Daten sind pro Tag zu erfassen und im Pflegebericht zu dokumentieren.

50 Prozent der einzelnen Handlungen einer „Pflegekraft" sind kürzer als eine halbe Minute. Für die „Grundpflege" eines Kranken bleiben nur 25 Prozent der Zeit. Eva betreut jedoch, wie fast immer üblich, zwei Schwerkranke gleichzeitig. Sie überprüft die Beatmungsmaschine, die Luft in den grau-blauen männli-

chen Körper pumpt. Sie kontrolliert das Gerät für die Hämofiltration, ein Blutreinigungsverfahren. Sie stellt die Spritzenpumpen neu ein, die gegenwärtig 26 unterschiedliche Medikamente in hohen Dosen in den reglosen Leib drücken. 33,7 Grad Celsius Körpertemperatur zeigt ein Monitor an.

„Ab weniger als 35 muß man den Arzt holen", sagt Eva, die seit fast zwei Jahren hier arbeitet. „Aber der weiß ja Bescheid." Der Patient liege jetzt schon drei Tage in seinem Schweiß und Blut. „Ich bemühe mich ja. Aber ich habe das Gefühl, einen Toten zu pflegen", sagt sie in der Pause leise. „Manchmal meine ich, die Ärzte haben nie gelernt, wann sie aufhören müssen." Sie glaubt, „dem Patienten wird die Würde des Sterbens genommen".

Der Kranke beansprucht Evas gesamte Zeit. Die wache Patientin im Bett gegenüber leide darunter. „Ich konnte letzte Nacht keinmal mit ihr sprechen." Die Temperatur des Mannes sinkt weiter. Wieder saugt sie das Blut aus dem Bett. Das junge Gesicht der Schwester wird starr. Sie legt weiße Tücher unter die Arme und auf die Blutflecke im Bett. „Ich hätte nie gedacht, daß Pflegen mir einmal grausam vorkommen würde", wird sie später bemerken.

Sie deckt den Patienten zu. „Ich möchte ihm noch etwas Gutes tun", sagt sie – und meint damit etwas ganz anderes als der Stationsarzt, der mit einem Kollegen über die weitere Behandlung des Blutenden spricht: „Was können wir ihm noch Gutes tun? Die Grenze der Intensivmedizin haben wir noch nicht erreicht." Eva soll die beschlossene Erweiterung der Therapie ausführen: Noch einmal wird die Dosis der Medikamente gesteigert. Als sie ihren ganzen Mut zusammennimmt und protestiert, sagt der diensthabende Arzt, daß emotionale Entscheidungen ihr nicht zustünden.

Ärzte können sich häufig durch räumliche Distanz abschotten

„Ich habe den Beruf zwar nicht aus religiösen Gründen gewählt", sagt Eva nach der Schicht, „aber ich werde ihn wohl aus religiösen Gründen beenden." Ein junger Assistenzarzt, der früher selbst Pfleger war und sozusagen die Fronten gewechselt hat, kann sie vielleicht am besten verstehen. Auch er hätte damals oft gesagt: „Laßt ihn doch in Ruhe sterben." Doch heute, wenn er vor der Entscheidung stehe, sei alles ganz anders. Die „Komponente Selbstschutz" spiele beim Pflegepersonal eben eine größere Rolle als bei Ärzten.

Abends, in der Kneipe, ist so etwas wie aufgestauter Groll spürbar, wenn die Pflegenden vom Selbstschutz der Ärzte sprechen: Wir sind es doch, die am Bett stehen, sagen sie, wir müssen das Leid aushalten, wir müssen den Patienten quälen, ihn drehen, stechen, absaugen. Wir sind es, die „ärztliche Anweisungen" auf den Kranken übertragen. Würden Mediziner auch dann so häufig „Maximaltherapie" anordnen, wenn sie diese selber ausführen müßten?

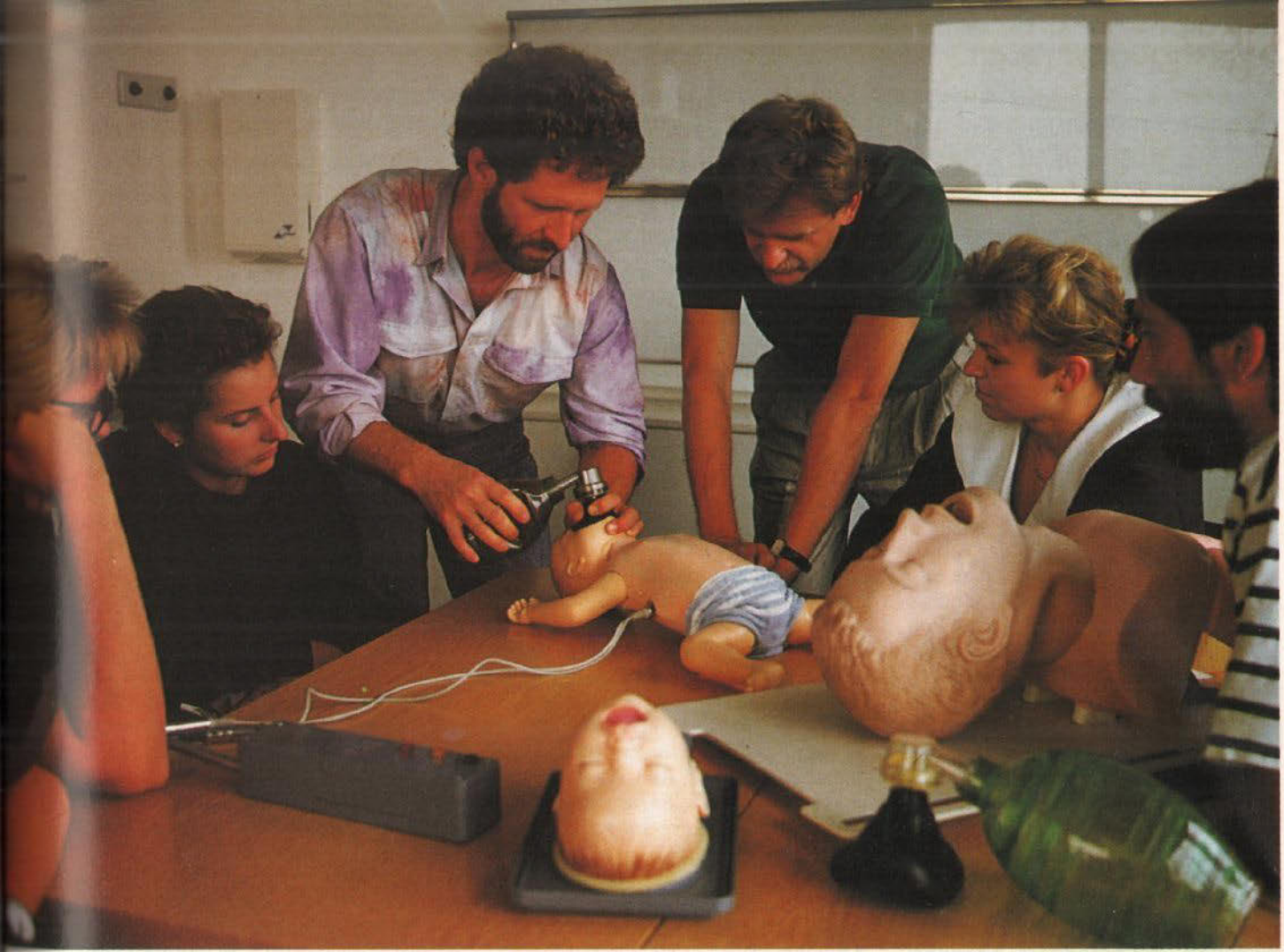
In mancher Beziehung sind Intensiv-Ärzte besser geschützt: Sie sehen die Patienten oft nur für Minuten, sie sind „physisch und emotional zu wenig präsent", wie ihnen wissenschaftliche Studien bescheinigen. Sie können sich durch die räumliche Distanz gefühlsmäßig abschotten und viel mit dem Prestige kompensieren, das sie genießen.

„Natürlich sind wir froh", erzählen die Schwestern und Pfleger, „Entscheidungen über Leben und Tod nicht fällen zu müssen." Doch sie sind es, die sie auszuführen haben. Sie fühlen sich als „hautnahe Therapeuten", manchmal gleichzeitig in dreierlei Richtung: stellen sich schützend vor Patienten, bringen einen jungen Arzt behutsam davon ab, etwa einen Katheter falsch zu legen, beruhigen Angehörige, die häufig „selber kollabieren". Obwohl auch sie Verantwortung tragen, obwohl sie viele „ärztliche Tätigkeiten" übernommen haben, erleben sie immer noch einige arrogante Ärzte mit einer Art „Herrenton".

Dabei wissen diese Schwestern und Pfleger, was sie können und was von ihnen erwartet wird: Selbständigkeit, Ruhe, routinierter Umgang mit Geräten, medizinisches Knowhow, Konzentrationsfähigkeit und Beobachtungsgabe. „Eine erfahrene Fachschwester," bescheinigt ein Oberarzt, „steckt jeden Assistenzarzt in die Tasche."

Und viel Kraft haben sie nötig. Die geringste Nachlässigkeit kann Patienten gefährden. „Wie oft schreckt man nachts aus dem Schlaf", erzählen sie, „und fragt sich: Habe ich alles richtig ge-

Ein »Bio-Ingenieur« gibt Geräteunterricht



macht?" Ständig unter Zeitdruck arbeiten, in den Nachtschichten zehn Stunden direkt am Kranken, in den Tagschichten sieben Stunden. Nur eine kurze Pause. Und bei alledem sollen sie nie vergessen: Wärme, Einfühlungsvermögen und Mitgefühl zu geben, wo bisweilen Ekel, Entsetzen und Trauer aufkommen. „Manchmal, wenn ich unwirsch auf Patienten reagiere, fühle ich mich verroht", sagt Barbara. „Das habe ich doch nie gewollt."

Am Arbeitsplatz spricht allerdings selten jemand von dem Realitätsschock, der aus der Diskrepanz zwischen Anspruch und Wirklichkeit resultiert. Offenes Aufbegehren gibt es kaum. Die Profis haben gelernt zu schweigen. „Gefühlsduselig zu sein" gilt in dem Hochleistungsbetrieb Intensivstation als Versagen. Manche wirken in ihren hellblauen Uniformen selber wie aufgezogene Maschinen: Der Gang ist oft steif, die jungen Gesichter dominiert eine erzwungene Reife. So patent sind sie, so tüchtig, so überlegen und distanziert, voll gebändigter Aggressivität und hektischer Konzentration. Sie sind derart professionell, daß man meinen könnte, sie klammerten sich an ihre Professionalität.

Trotz immer wieder beschworenen Teamgeistes und Versuchen, sich gegenseitig zu helfen, kann die Maxime oft nur lauten: Jede oder jeder schützt sich selbst so gut sie oder er es kann. Das gilt für Pflegende wie für Ärzte. Manchen hilft Routine: „Mir geht so schnell nichts mehr unter die Haut." Andere helfen sich mit Überaktivismus, der es möglich macht, „nicht nachzudenken". Oder mit einem rauhen Umgangston bis hin zum Zynismus wie etwa: „Du kriegst aber auch alles kaputt" – ein Kommentar zu einem Kollegen, dessen Patient gerade gestor-

An einem Sortiment von Puppen für den Ernstfall üben

Intensivpflege heißt, auf Notfälle wie etwa Herzversagen immer gefaßt zu sein und sofort eine Wiederbelebung beginnen zu können. Bei der Ausbildung helfen Puppen, an denen etwa die Beatmung simuliert werden kann. Die Weiterbildung zur Fachschwester oder zum Fachpfleger, die nicht zuletzt mit der schnellen Entwicklung neuer Geräte und Therapien Schritt halten muß, ist nicht einmal überall in der Bundesrepublik gesetzlich geregelt. Viele Kritiker fordern auch, psychosoziale Aspekte stärker in die Ausbildung von Ärzten und Pflegenden einzubeziehen

ben ist. Und fast alle praktizieren eine Art Versachlichung und konzentrieren sich auf medizinisch-technische Aspekte. Monitore, Beatmungsparameter und Laborwerte füllen dann das gesamte Wahrnehmungsfeld aus. Die Flucht in eine „Pseudo-Rationalität" kann so weit gehen, daß der hilflose Kranke „ein Ding" wird. Psychologen sprechen von „Dehumanisierung".

Daß anfänglicher Enthusiasmus nicht selten einer Abstumpfung weicht, hängt auch mit einem Symptomkomplex zusammen, der unter dem Begriff „Helfer-Syndrom" bekannt geworden ist: Ein geringes Selbstwertgefühl sowie der unterdrückte Wunsch nach Wärme und Anerkennung fördern das Bedürfnis, nach außen hin stark zu wirken. Etwa als „Superkrankenschwester", als Beschützerin aller Bedürftigen, die selbst nie Hilfe braucht. Mit der Zeit stellt sich heraus, daß diese Selbsthingabe nicht durchzuhalten ist. Der Beruf befriedigt nicht mehr, sondern überfordert, ein dauerndes Gefühl der Unzulänglichkeit, Versagensängste und Schuldgefühle stellen sich ein.

„Burnout-Syndrom" nennen Fachleute den Endzustand dieser Entwicklung, die besonders Angehörige helfender Berufe heimsucht. In einem solchen Zustand körperlicher und seelischer Erschöpfung regiert den Helfer nicht mehr Anteilnahme, ein ursprüngliches Motiv für die Berufswahl, sondern Resignation. Die ersten Anzeichen sind psychosomatische Symptome wie Herz-Kreislaufbeschwerden, Eß- und Schlafstörungen, Kopfschmerzen, depressive Verstimmtheit: „Erst Feuer und Flamme, dann ausgebrannt."

Irgendwann durchdringen die Bilder den emotionalen Abwehrschild

Doch helfen macht nur scheinbar hart. Die Flucht nach innen, weg vom Patienten in die emotionale Distanz, erhält in dieser Welt, in der es mit dem Sterben zu leben gilt, nur für eine gewisse Zeit die Handlungsfähigkeit. Hoffnungslos Kranke, Verstümmelte, Sterbende, Blut, Exkremente sind „ein Anblick, der das fundamentale Selbstverständnis von menschlicher Integrität verletzt", wie die amerikanischen Mediziner Donald Hay und Donald Oken betonen. Irgendwann durchdringen die Bilder den emotionalen Abwehrschild. „Das Ungedachte", schreibt Nietzsche, „läßt sich durch das Nichtdenken und Ausschließen nicht zum Verschwinden bringen . . ."

Manchen Pflegenden hat das Helfen auf einer Intensivstation schon gebrochen. In den letzten Jahren haben Meldungen von „Todesengeln" Schlagzeilen gemacht. Als geradezu „mörderische Verzweiflung" beschreibt Hans-Joachim Hannich, Professor für medizinische Psychologie in Münster, die Seelenlage solcher Menschen. Zum Beispiel Michaela Roeder, die in einer Station in Wuppertal mehrere Schwerstkranke getötet hat. Die Fachschwester, sagt der Psychologe, habe einst „den ganzen Laden geschmissen". Niemand habe etwas von ihrer Überforderung gemerkt. Ihre Not habe sie hinter Kompetenz versteckt. Und vor allem: Die Bedingungen auf der Station in Wuppertal ließen es zu, daß erdrückendes Mitleid und Ohnmachtsgefühle zu Allmachtsphantasien wurden. Es gab dort kein Netz, keine Führung, kein verbindliches Pflege- und Behandlungskonzept, die Ärzte haben sich nicht oft sehen lassen. „Eine Station der Vereinzelung", beschreibt der Psychologe.

„Ihren" Stationen eine „stützende Struktur" und ein „Zusammengehörigkeitsgefühl" zu geben, versucht in Münster – neben den Ausbildern und mittlerweile auch vielen Ärzten – die „Chefin". Heike Strunk hat „graue Haare bekommen" bei ihrem Einsatz für die „Einhaltung der Mindestbesetzung auf Station" und damit für die Sicherheit der Kranken und den Schutz der Kollegen. Ihre ganz persönliche „Flucht vom Patientenbett" und ihr „Wille, etwas zu verbessern" hat sie schon früh in das politische Engagement als Vorsitzende der „Deutschen Gesellschaft für Fachkrankenpflege" geführt.

Sie nennt die Tatsache einen „Skandal", daß Kassen und Krankenhäuser sich bei ihrem Personalschlüssel immer noch nach „Anhaltszahlen" aus dem Jahre 1969 richten. Sie findet es unerhört, daß Verwaltungen und leitende Ärzte in vielen Kliniken die Pflegenden „rücksichtslos auspowern" mit dem Hinweis auf den Dienst am Menschen. Dabei gehe es oftmals gar nicht nur um den Menschen, sondern eher um das Funktionieren, das

Mundpflege bei einer schwer verletzten Patientin

Wo Hautkontakt streng verboten ist

Pflegen erfordert größte Sorgfalt: Vor allem bei Patienten, denen Organe transplantiert worden sind, arbeitet das Personal mit scharfen Hygieneauflagen. Der Kampf gegen Infektionen ist bei solchen stark immungeschwächten Patienten besonders schwer. Spezielle Betten, etwa solche mit Luftkissen, sollen das gefürchtete Wundliegen bei Langzeitpatienten verhindern

„effiziente Abwickeln rund um das Krankengut". Schwestern und Pfleger würden oft als „Wegwerfartikel" behandelt. Mit mehr Geld sei es keineswegs getan, die jungen Leute brauchten neben erträglichen Arbeitsbedigungen auch professionelle psychische Betreuung, wie sie etwa auf Krebsstationen längst üblich ist.

„Wir haben therapeutisch sehr viel von ihm verlangt", sagt ein Stationsarzt bei der Visite. „Aber er hat zugemacht." Alle blicken durch das Fenster in den Raum, in dem ein Patient liegt, dem vor einigen Tagen ein fremdes Herz eingepflanzt worden ist. Plötzlich beginnt der Mann zu „schütteln", als durchlaufe Frost seinen Körper. „Er ist fahl geworden", ruft der Stationsarzt. „Wir müssen was machen." In größter Eile ziehen die Ärzte sterile Haarhaube, Mundschutz, einen bodenlangen Kittel und Handschuhe über und laufen zum Bett hinter der Glastür. Jetzt sind sie von Schwester Karin kaum noch zu unterscheiden, die in diesem Zimmer ihre Arbeit verrichtet und schon vor Stunden gewarnt hat: „Irgend etwas stimmt mit dem Patienten nicht."

„Beatmungsgerät, ich will einen Tubus, aber sofort." Der Oberarzt hält den Kopf des Patienten mit beiden Händen. Herzrhythmusstörungen. Dann Herzversagen. Die Rollen sind verteilt: Der junge Stationsarzt, der drei Nachtdienste hinter sich hat und jetzt seit 14 Stunden Dienst tut, übernimmt die Herzmassage. Druck, Druck, Druck. Das Bett ächzt. Der Oberarzt: „Schwester Annegret, einen herzchirurgischen Oberarzt." Er schreit, Schwester Karin rennt, reißt Spritzen und Schläuche aus sterilen Verpackungen. „Schau, daß du noch Perfusoren auftreibst, der flippt sonst aus." Schwester Hanne eilt zur Hilfe. Druck, Druck. Bei jedem

Druck bäumt sich der Patient auf. Der Oberarzt schreit: „Externer Schrittmacher." Schwester Karin, rennend: „Muß er denn so schreien, ich tu ja was ich kann." Der Oberarzt: „Wo ist Schwester Annegret. Ich brauche sie zu meiner Verfügung." Er schreit. Annegret hat an jedem Ohr einen Telefonhörer: „Dr. Mayer ist unterwegs." Karins Stimme vibriert: „Reich mir noch mal NaCl." Eine vierte Schwester kommt aus einem anderen Zimmer, zieht Spritzen auf. Druck, Druck. Alle starren auf den Monitor, als wollten sie ihn hypnotisieren. Die Augenringe über der Maske des Arztes, der seit 20 Minuten seine ganze Kraft an den Brustkorb des Patienten weitergibt, werden immer dunkler. Aber weiter: Druck, Druck. Das Bett rutscht. Und dann schlägt das verpflanzte Herz wieder. Die Schlacht ist geschlagen. Der Tod ist vorerst ausgetrieben. Mit menschlicher Kraft und einem maschinenähnlichen Organismus, der Intensiv-Team heißt. Helfen kann faszinierend sein.

Helfen kann Macht bedeuten. In dieser seltsamen Innenwelt regiert die Formel: nicht Heilkunst, sondern Lebenserhalt – die Attraktion der „Rettung pur", der auf ihre Grundelemente reduzierten Medizin. Eben das, sagt ein Stationsarzt, sei „intensivmedizinisches Denken". Nur dadurch sei möglich geworden, was vor nicht allzu langer Zeit unmöglich war. Ohne dieses Denken gehe es nicht, und viele Pflegekräfte hätten es. „Es prikkelt", umschreibt ein Pfleger, weshalb er trotz allem noch hier arbeitet, „wie Motorradfahren." Jemanden dann auf der Straße zu treffen, „der schon auf der Schippe lag", das sei ein tolles Gefühl. „Hier ist die Power, wir haben wieder mal Leben gerettet."

Unbewußt auch ein Stück der eigenen Vergänglichkeit besiegen

„Manchmal glaube ich, wir sind alle irgendwie krank", sagt eine Stationsschwester, die den „Laden seit 20 Jahren kennt". Worte, die auf jenes „intrapsychische Gefüge" weisen, das Psychologen auf Intensivstationen ausgemacht haben wollen: Das Leben-Erhalten um jeden Preis kann deshalb so faszinierend sein, weil die Macher unbewußt auch ein Stück der eigenen Vergänglichkeit zu besiegen meinen.

In Extremsituationen wie Reanimationen wird diese tragische Sehnsucht der modernen Gesellschaft am deutlichsten ausgelebt, vermuten Experten wie Hans-Joachim Hannich aus Münster: In dem einseitig naturwissenschaftlich ausgerichteten Menschen- und Krankheitsbild wirken Intensivstationen wie „Brenngläser der modernen Medizin". Deren spektakuläre und häufig erfolgreiche Bemühungen, Menschen zu retten, seien aber auch von einem Feindbild geprägt: Der Tod gilt als Todfeind und nicht als natürliches Ende des Lebens.

Manche Kranke stellen sich gegen solche Tendenzen. Besonders diejenigen, „die einen starken Willen haben, ziehen sich oft irgendwann zurück", berichtet der Unterrichtspfleger Lothar Ullrich. Auch bei ihnen gebe es so etwas wie eine Flucht nach innen, „gegen die wir machtlos sind". Er schiebt eine Kassette in den Video-Recorder und schildert einen Fall, den er als „Intensivler" noch vor kurzem nicht für möglich gehalten hätte. Ein Fall, der viele hier in Münster nachdenklich gemacht habe.

Zu sehen ist ein Patient nach einer Herztransplantation. Er befindet sich seit zwei Wochen auf der Intensivstation. Ein Multiorganversagen hatte künstliche Beatmung notwendig gemacht. Nach dem Absetzen der betäubenden Medikamente wird der Patient nicht wach, obwohl er „neurologisch unauffällig" ist. Eine im Rahmen eines Forschungsprojekts anwesende Musiktherapeutin wird gebeten, sich um den 57jährigen zu kümmern.

Erster Tag: Die Therapeutin steht am Bett des Patienten, tief über ihn gebeugt; sie hält seine Hand an ihre Brust gedrückt. Sie summt leise und nimmt dabei seinen Atemrhythmus auf, der ihm trotz aller Einschränkungen geblieben ist. Die Intensität dieser Annäherung vermittelt sich selbst über den Bildschirm. Nur zehn – ungestörte – Minuten täglich dauert der Versuch der Kontaktaufnahme.

Dritter Tag: Im von Maschinengeräuschen erfüllten Zimmer wirkt das ruhige Summen geradezu rührend menschlich – ein ungewöhnlicher Dialog zwischen Gesang und Atmung. Der Patient hebt die Hand und beginnt sie zu bewegen, als wolle er dirigieren. Am Ende der Sitzung macht er die Augen auf.

Kurze Pause während der Nachtschicht

Dienst an Nächsten, die sich nicht bedanken können

Pflegen auf einer Intensivstation bedeutet auch, mit Menschen zu sprechen, die nicht bei Bewußtsein sind. Schwestern und Pfleger lernen, sich einem Patienten vor jeder Schicht vorzustellen und ihn über alle Tätigkeiten - wie zum Beispiel Haare waschen - zu informieren: Es wäre ja möglich, daß die Worte den Kranken erreichen

Am fünften Tag sitzt er im Sessel. Die Therapeutin hat ihm eine einfache Zither mitgebracht.

Im Nachhinein berichtet der Patient, daß er in der Zeit der Bewußtseinstrübung die Intensivstation als im höchsten Maße bedrohlich empfunden hat. Er ist einer der wenigen, die sich überhaupt an ihren Aufenthalt erinnern können: Er hatte das Gefühl, er befinde sich auf einem Schlachtfeld und müsse sich totstellen, um von „umhermarodierenden Rittern" – dem Behandlungspersonal – nicht getötet zu werden. Das Blutreinigungsgerät deutete er als Bombe, die ständig zu explodieren drohe. Die Kontaktaufnahme durch die Musiktherapeutin hingegen, ihre emotional so wichtige Zuwendung über die Stimme, bedeuteten für ihn „neues Leben".

„Von dieser Art zu helfen müssen wir lernen", sagt Lothar Ullrich, als er die Kassette wieder auf den Tisch legt, „auch um uns selbst helfen zu können." Die Tür geht auf. Ein Arzt kommt herein. Er sieht die Video-Kassette und sagt: „Ja sicher, der Patient ist aufgewacht. Aber vielleicht auch deshalb, weil wir es gleichzeitig geschafft haben, die Leberwerte wieder herunterzudrükken."

Nur ein paar Tage später erzählt der Unterrichtspfleger, daß für die Intensivstationen zwei Stellen für Musiktherapeuten genehmigt worden seien. □

Alle Namen – außer denen von Lothar Ullrich, Heike Strunk, Prof. Dr. Hans-Joachim Hannich – sind von der Redaktion geändert worden.

Die Biologin und GEO-Redakteurin **Dr. Hania Luczak** und die Fotografin **Ines Krueger** recherchierten wochenlang in den Intensivstationen der „Klinik und Poliklinik für Anästhesiologie und operative Intensivmedizin" des Klinikums der Universität Münster, unterstützt von der aufgeschlossenen Klinikleitung. Ihr Dank und ihre Bewunderung gilt dem Pflegepersonal und den Ärzten auf den Stationen.

Die Geister, die wir riefen

VON JÜRGEN NEFFE

Niemals wolle er, von Apparaten abhängig, in einer Intensivstation die letzten Tage seines Lebens fristen, erklärt der junge, gesunde Mann wieder und wieder. Wenn seine Frau oder seine Verwandten dann zu entscheiden hätten, sollten sie die Geräte abschalten lassen.

Noch vor seinem 30. Lebensjahr erkrankt der Mann an Blutkrebs. Obwohl es für sein Leiden kaum eine Heilungschance gibt, willigt er in eine Knochenmark-Transplantation mit höchst belastender Chemotherapie ein. Er erholt sich für ein paar Monate, muß dann aber wieder in die Klinik zurück, weil die Leukämie erneut ausgebrochen ist.

Diesmal entscheidet er sich gegen die Wiederholung der potentiell lebensrettenden Behandlung. Seine letzten Tage verbringt er, zunehmend zur Passivität gezwungen, in einer Intensivstation. Morphium hält seine Schmerzen halbwegs in Schach. Er stirbt schließlich in den Armen seiner Frau.

Eine tragische Geschichte. Vom ethischen Standpunkt ist sie dennoch sowohl für die behandelnden Ärzte als auch für die Ehefrau kein Dilemma: Der Patient war wach und bewußt, er traf seine Entscheidungen und handelte eigenverantwortlich. Was aber, wenn er nicht imstande gewesen wäre, sich zu seinem Schicksal zu äußern? Hätte seine Frau – die früheren Aussagen des jungen Mannes im Kopf – darum bitten sollen, jegliche Behandlung zu unterlassen? Oder hätte sie die damaligen Äußerungen des nunmehr Todkranken nicht als echte Entscheidung werten dürfen? Wie hätten Ärzte entscheiden sollen, wenn ihnen weder der Wille des Patienten noch die Meinung eines Angehörigen bekannt gewesen wäre?

Wann dürfen Maschinen lebenswichtige Funktionen übernehmen?

Fragen der medizinischen Ethik zählen zu den schwierigsten, mit denen sich Menschen – insbesondere Ärzte und Juristen – auseinandersetzen müssen. Ein gesellschaftlicher Konsens läßt sich schon deshalb nicht erzielen, weil die Kritik an den lebensverlängernden Maßnahmen der „Apparatemedizin" um so deutlicher ausfällt, je geringer die individuelle Betroffenheit ist. Die „Arroganz der Gesunden" darf aber für das Schicksal von Schwerkranken und Todgeweihten keine Rolle spielen. Nicht selten stehen Ärzte, zumal auf Intensivstationen, vor der Situation, sich im Grenzbereich zwischen Leben und Tod zu einem Entschluß durchringen zu müssen – die Entscheidung kann für Mediziner durchaus juristische Folgen haben.

Vielfach treten derart heikle Situationen in vorderster Linie des medizintechnischen Fortschritts auf: Mit der auf Intensivstationen vorhandenen Technik läßt sich heute im Prinzip jedes Leben für eine gewisse Zeit verlängern. Die Aufgabe der Intensivmedizin besteht darin, für eine *begrenzte Zeit* Körperfunktionen zu stützen oder zu übernehmen, deren Wiederherstellung prinzipiell möglich erscheint. Zu diesen Funktionen zählen:

- ausreichende Kreislaufleistung,
- genügender Gasaustausch über die Lunge,
- intakte Stoffwechselregulation,
- ausgeglichener Wärmehaushalt und
- regulierte Elektrolyt- und Säure-Basen-Bilanz.

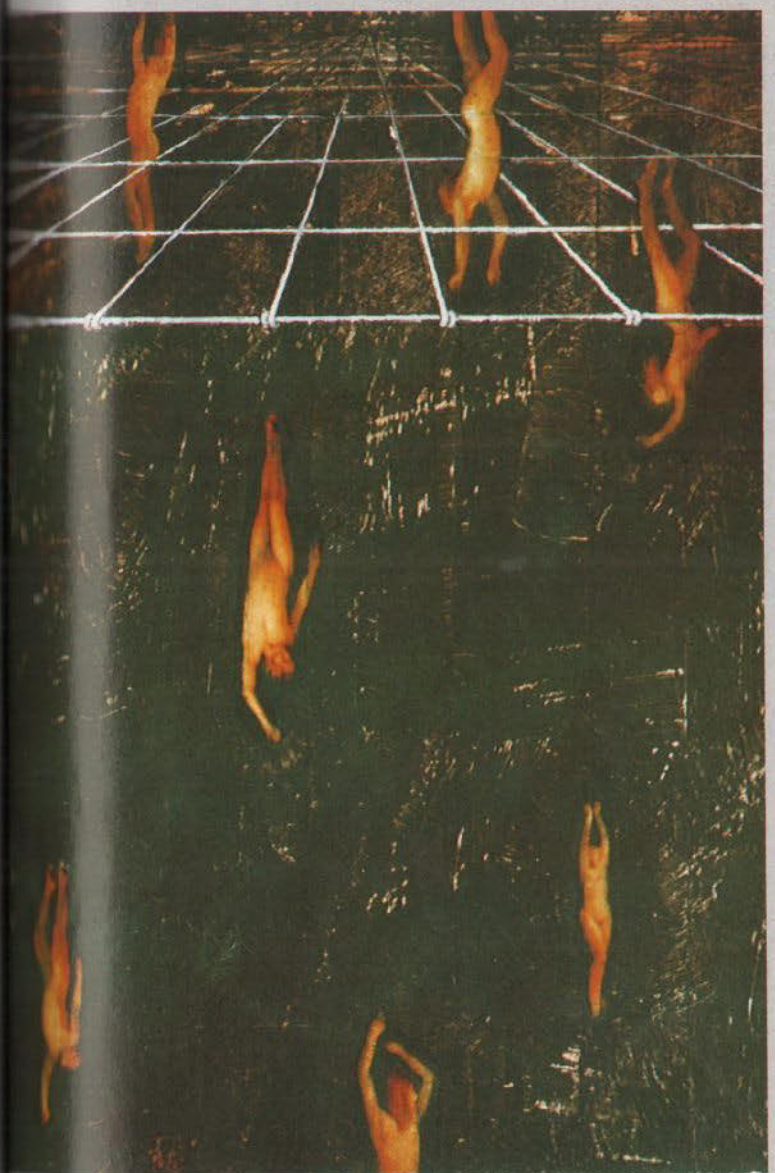
„Prinzipiell reversible" Ausfälle dieser Vitalfunktionen zu ersetzen heißt sich zum Herren über Leben und Tod machen – eine Lage, in die sich Ärzte mehr und mehr verstrickt sehen. Wenngleich der Fortschritt in der Regel wohl dem untadeligen Motiv entsprang, Leben retten beziehungsweise verlängern zu wollen, so hat doch jeder Schritt vorwärts auch seinen – ethischen – Preis gefordert.

Ihren Ausgang nahm die Entwicklung, als in Skandinavien 1952 eine Kinderlähmung-Epidemie ausgebrochen war. Damals kam es zu einer massenhaften Anwendung der künstlichen Beatmung mit Geräten – bis heute eine der wichtigsten lebenserhaltenden Techniken: 1400 Ärzte und Studenten gelang es, die Sterblichkeit der Erkrankten von 80 auf 25 Prozent zu senken, indem sie über Wochen Atemhilfe – per Handbeatmungsbeutel – spendeten.

Automatische Beatmung hat nicht nur ungezählten Menschen das Leben gerettet, sondern auch die heutige Chirurgie erst auf den Weg gebracht. Da sich die Lungenatmung durch Narkotika vorübergehend ausschalten ließ, sind Operationen möglich geworden, die sich am bewegten, weil aktiv atmenden Körper nicht hatten ausführen lassen.

Als zweiter wesentlicher Schritt in Richtung der heutigen Intensivmedizin gilt die „äußere Herzmassage", nach wie vor tragendes Element der sogenannten Reanimation: Durch rhythmischen Druck auf das Brustbein läßt sich der Blutkreislauf auch dann noch aufrechterhalten, wenn das Herz nicht mehr von selber schlägt – gelegentlich mit dem Ergebnis, daß der faustgroße Muskel seine Funktion wieder aufnimmt. Herzschrittmacher und Stromstöße (per Defibrillator) trugen ihr Teil dazu bei, daß die althergebrachte Definition des Todes nicht mehr aufrechtzuerhalten war: Da der „klinische Tod" – der Stillstand des Herzens und der Atmung – prinzipiell rückgängig gemacht werden konnte, definierten Mediziner „den irreversiblen Ausfall aller Hirnfunktionen" als Kriterium für das Ableben eines Patienten.

Dieser naturwissenschaftlich definier- und nachweisbare, dennoch wegen möglicher Fehler oder Mißbräuche nicht unumstrittene „Hirntod" ist es, der einen anderen lebensrettenden oder -verlängernden Fortschritt der modernen Medizin erst ermöglichte: Von Hirntoten, deren Herzen noch



Transplantationen, Reanimationen, Intensivmedizin: Dieses letzte Netz, das vielen Menschen in Notsituationen ein Weiterleben ermöglicht, ist erst seit wenigen Jahrzehnten gespannt. Medizintechnik verlängert allerdings nicht nur das Leben, sondern auch das Sterben

schlagen, deren Nieren und Lebern durch Apparate-Unterstützung für eine gewisse Zeit „am Leben" erhalten werden können, stammen die Organe und Gewebe für Transplantationen.

Wer trifft die Entscheidung über Leben und Tod?

Die prinzipielle Verlängerbarkeit des Lebens aber ist die eigentliche Ursache des vielleicht größten Dilemmas: Ist der Wille eines Patienten oder seiner Angehörigen nicht bekannt oder kann dieser aufgrund von Bewußtseinseinschränkungen nicht frei entscheiden (er kann freilich auch durch Fehlinformation zu einem falschen Entschluß kommen), stehen die Ärzte vor der schwierigen Aufgabe, den Verlauf einer Therapie abzuwägen und daraufhin eine Prognose zu erstellen. Zwar ist die Erfahrung der Behandelnden dabei von wesentlicher Bedeutung, doch nicht selten müssen sie eine Intensivtherapie beginnen, um zu erkennen, ob sie überhaupt angebracht war. Ärztliches Handeln kann somit – auch unbeabsichtigt – in die Nähe des Experimentierfeldes medizinischer Forschung geraten.

Wichtigstes Kriterium bei schwerwiegenden Entscheidungen sollte die „Lebensqualität" sein. Damit ist nicht unbedingt der landläufig gebräuchliche Begriff gemeint, den der Duden als „Qualität des Lebens in bezug auf die gesamte Umwelt, humane Arbeitsbedingungen, gesunde Ernährung u. ä. . . ." definiert. Vielmehr spielt dabei eine Rolle, daß nicht nur monokausal die *eine* gewünschte Wirkung einer Therapie in Betracht gezogen wird, deren unerwünschte Wirkungen „Nebeneffekte" heißen, sondern viele. Besonders mit Blick auf die Zunahme chronischer Erkrankungen sollen als wesentliche Komponenten bei ärztlicher Entscheidungsfindung berücksichtigt werden:

- das psychische Befinden,
- die Funktionsfähigkeit in Alltag und Beruf,
- soziale Beziehungen sowie
- die körperliche Verfassung.

Damit soll dem Konzept entgegengewirkt werden, die Entscheidung für oder gegen eine Therapie ausschließlich von deren physiologischen Folgen oder rein statistischen Werten – wie der Überlebensrate – abhängig zu machen.

Da Ärzte heute häufiger als früher zur Verlängerung des Sterbens beitragen, hat sich der ethische Rahmen ihres Handelns erheblich verschoben – auch in das soziale Umfeld der Patienten hinein: Besonders alte Menschen sterben durch Absonderung in die funktionale Welt professioneller Reparaturbetriebe, etwa Großkliniken, vor ihrem individuellen häufig einen „sozialen Tod".

Das größte Problem, das der medizinische Fortschritt Ärzten und Juristen, Patienten und deren Angehörigen bereitet hat, ist wohl die Notwendigkeit, Grenzen zu ziehen: Vermutlich würde sich die Mehrheit der Betroffenen gegen die quälende Behandlung eines Schwerstverletzten wenden, wenn dieser im Falle des Überlebens ohnehin keine Aussicht auf ein menschenwürdiges Leben hätte.

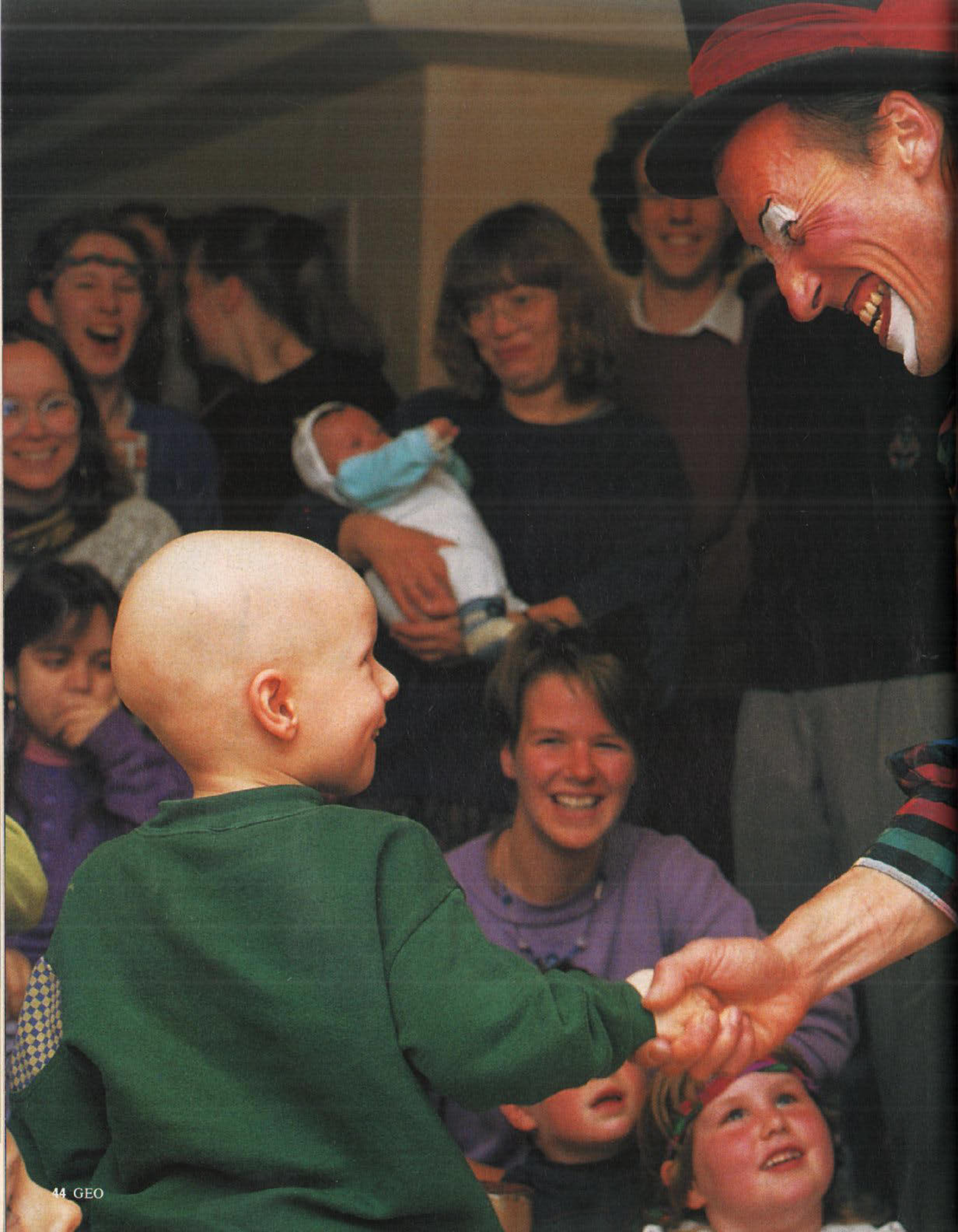
Wie steht es aber um das Sterben in Würde, wenn die Zahlen anders liegen als beispielsweise eine statistische Überlebenswahrscheinlichkeit von 1 : 1000, wenn ein Patient Chancen auf Rückkehr in ein normales Leben hat? Einen Kreislaufschock überlebt trotz Einsatzes der „Maximaltherapie" nur ein Fünftel der Intensivbehandelten. Die Überlebenschance liegt also statistisch bei 20 Prozent – beileibe kein Anlaß, das Abschalten der Apparate zu fordern. Für die versterbenden 80 Prozent, konstatiert der Mainzer Intensivmediziner Paul Schölmerich, sei der künstlich verlängerte Sterbevorgang „ein Tribut, der von allen übernommen werden muß". □

Die andere Kunst des Heilens

Die Seele in Farben sprechen lassen: Das gehört zur Therapie am Krankenhaus in Herdecke. Dort sind die Behandelnden davon überzeugt, daß die Behandelten schneller und vor allem umfassender gesunden, wenn sie ihre eigene Kreativität entdecken.

Den Menschen mit seiner Individualität und seinen Gefühlen in den Mittelpunkt zu stellen ist die Devise an dieser ungewöhnlichen Klinik, in der anthroposophisch geprägte Medizin praktiziert wird. Trotzdem: Technik ist hier keineswegs verpönt

Mal-Therapie: Kraft durch Kreativität



»Flurfest« auf der Kinderstation: Der Clown – Vater eines in Herdecke behandelten Kindes – macht seine Späße mit einem an Krebs leidenden Jungen. Die kleinen Schwerstkranken sollen die Klinik nicht als Ort der bitteren Medizin erleben

VON ANNETTE BOPP · FOTOS: THOMAS ERNSTING

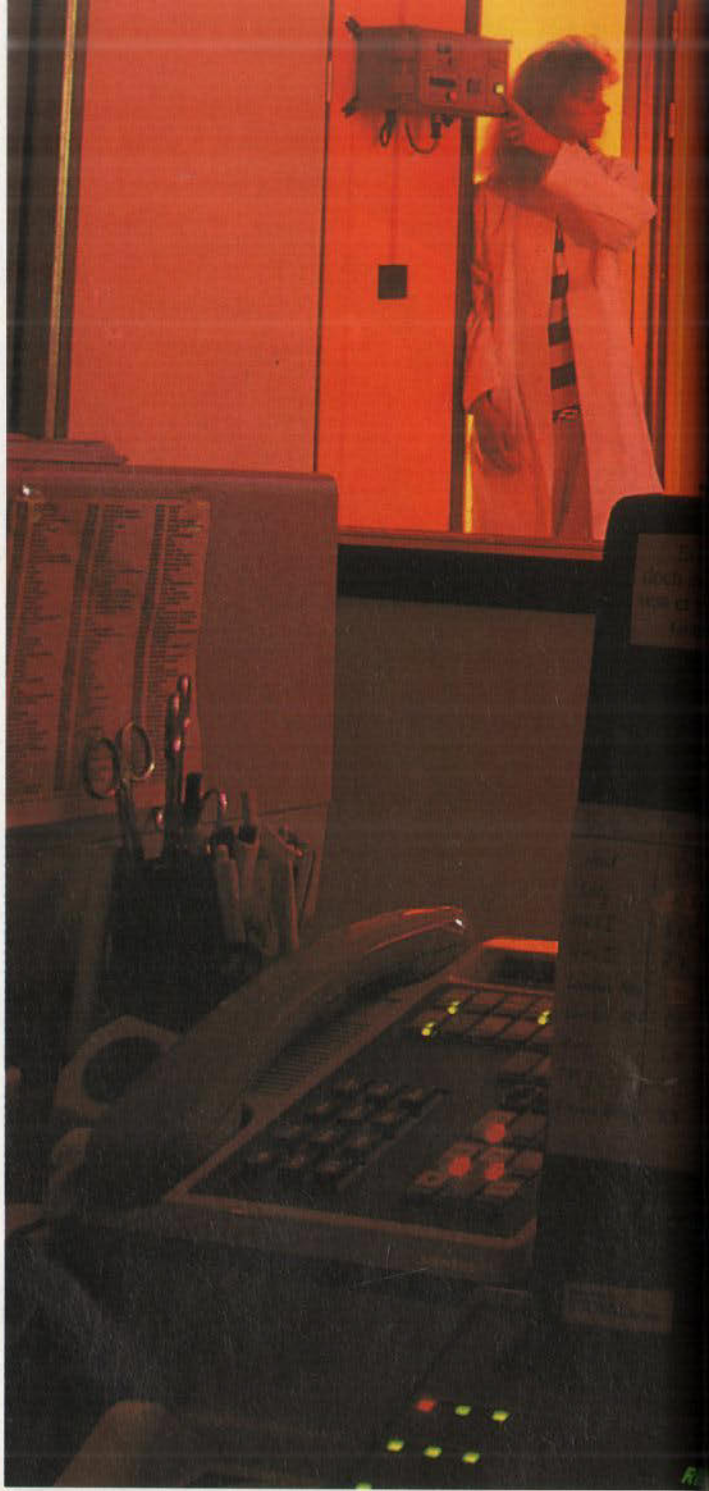
Manchmal kommt es auf einen Buchstaben an. „A", sagt die junge Frau leise, als wollte sie das Alphabet aufsagen. Die Arme starr emporgereckt, steht sie steif auf den Holzdielen des karg möblierten Zimmers. Ihr zielloser Blick fällt auf die blaßlila gestrichene Wand. „A", sagt sie noch einmal und stakst dabei einige Schritte vorwärts.

„Hände lockern, nachgeben, so", ruft die kräftige, rotwangige Therapeutin vor ihr. Konzentriert schaut sie ins Gesicht der anderen, versucht, deren Blick einzufangen, und öffnet die Hände dabei zu leicht gewölbten Schalen. „Aaaahhh", tönt es tief aus der Kehle der Patientin, diesmal kräftiger, sicherer. Die Starre in den Armen löst sich. Und noch einmal, fast heiter: „Aaaahhh." Ihr Gang wird leichter, die Haltung aufrechter.

Kann das Artikulieren von Buchstaben heilen helfen? Am Gemeinnützigen Gemeinschaftskrankenhaus Herdecke gehört es jedenfalls mit zum Genesungsprogramm, etwa nach einer Gallensteinoperation. Heil-Eurythmie, eine in Anlehnung an den Ausdruckstanz entwickelte Bewegungsform, soll eine frisch Operierte wieder auf die Beine bringen. Nach dem Bauchschnitt habe sie sich gefühlt „wie der Glöckner von Notre Dame", sagt die junge Patientin, „bucklig und schief". Schon nach wenigen Eurythmie-Stunden jedoch ließ das „tote Gefühl" in der Bauchregion nach, konnte sie sich besser aufrichten.

Anderswo wäre die Frau nach spätestens zehn Tagen sang- und klanglos entlassen worden. Um ihr Körpergefühl, ihre Unsicherheit, ihre Ängste hätte sich niemand gekümmert. In Herdecke jedoch beziehen die Ärzte von Anfang an „das Geistig-Seelische" in die Behandlung mit ein, auch bei alltäglichen Eingriffen. Diese Mediziner sind zum überwiegenden Teil Anhänger der Anthroposophie, die Rudolf Steiner Anfang dieses Jahrhunderts begründet hat. Für sie besteht der Mensch nicht nur aus naturwissenschaftlich definierbaren Teilen wie Molekülen und Zellen, Organen und Blut, Knochen und Haut. Das Lebendige – davon sind Anthroposophen überzeugt – läßt sich mit Chemie und Physik allein nicht erfassen. Gefühle, Seele, Individualität entziehen sich den auf Formeln reduzierten Konzepten der klassischen Naturwissenschaften, die zwar „genial, für den Menschen aber begrenzt" seien, wie es der Herdecker Internist Thomas Schietzel ausdrückt.

Beobachtungsgabe und Erfahrungsvielfalt halten Anthroposophen deshalb für eine essentielle ärztliche Berufsvoraussetzung, genauso wichtig wie Anatomie oder Physiologie. Ärzte sollten vor allem „Fra-



Modernste Technik und intensive menschliche Zuwendung verstehen die Herdecker nicht als Widerspruch. Aber der »Sogwirkung« immer neuer Geräte versuchen sie sich zu entziehen. Einmal wöchentlich »besprechen« Ärzte, Pflegekräfte und Therapeuten die Patienten. Gleichberechtigt sollen alle in der Runde ihre Eindrücke schildern, die über die rein medizinischen Aspekte hinausgehen

»Round-table«: Welche Therapie für welchen Patienten?

Auch anthroposophische Mediziner machen Gehirntumoren mit Magnetresonanz-Tomographie sichtbar

Operationsalltag im 484-Betten-Krankenhaus

Treffpunkt Flur: Hier wird gespielt und gebastelt

gen stellen, auf die es – noch – keine Antworten gibt", findet Schietzel. Und sie müßten „vom Patienten lernen".

Doch nicht jeder Mediziner muß, um hier arbeiten zu können, „mit warmer Hand von Rudi Steiner gesegnet" sein, spottet ein anderer Arzt. Wer bereit ist, sich undogmatisch mit anthroposophischer Medizin auseinanderzusetzen, wird kaum Probleme bekommen. Trotzdem kann es der Budgetbewilligung für eine Abteilung dienlich sein, wenn sich der Antragsteller auf ein Steiner-Zitat berufen oder noch eine persönliche Empfehlung des 1983 verstorbenen Krankenhausgründers Gerhard Kienle vorweisen kann.

Lang ausgestreckt liegt Gundula Behrens* auf dem Bauch in ihrem Bett, das T-Shirt hat sie ausgezogen, Slip und Wollsokken anbehalten. „Sie sind ja wieder ganz kalt", sagt die Masseurin und verreibt ein paar Tropfen Öl auf ihren Handflächen. Sie zieht die Bettdecke bis über die Taille der Patientin hoch und beginnt, deren Nakken und Schultern zu massieren. Aber sie knetet oder walkt nicht, eher sanft gleiten die Handflächen in Achterkreisen über den schmalen Oberkörper, rechtsherum, linksherum. Vorsichtig schieben sie sich nach oben, als wollten sie die Haut vom Körper abheben. Es ist völlig ruhig im Raum, nur die Atemzüge der Liegenden sind zu hören. Die gleitenden Hände scheinen mit dem nackten Rücken zu verschmelzen. „Jetzt kommt's", flüstert die Masseurin plötzlich, „spüren Sie's? Jetzt werden Sie warm."

„Rhythmische Massage" nennt sich diese Behandlung. Sie soll die extrem verspannte Muskulatur von Gundula Behrens lockern, Wärme in ihre ständig kalten Hände und Füße bringen. Das funktioniert nicht wie sonst bei Massagen mechanisch – „ich knete keinen Griesbrei mit Klumpen", kommentiert die Masseurin. Mit den kreisenden Bewegungen will sie vielmehr den „Lebensleib" anregen, eine mit den Fingern nicht greifbare Körperstruktur, die nach Meinung der Anthroposophen mit dazu beiträgt, die physischen Vorgänge im Gleichgewicht zu halten. Das, was die Therapeutin „kommen" spürt, dieses Gefühl, daß unter ihren Händen „etwas lebendig wird", zeigt für sie an, daß sie ihr Ziel erreicht hat. Gundula Behrens spürt das „wie eine Welle, die durch den Körper geht und die Kälte immer weiter nach unten treibt, bis sie ganz raus ist".

In anderen Krankenhäusern hätten die Ärzte der 35jährigen, die in Herdecke wegen ständiger Bluthochdruck-Krisen behandelt wird, allenfalls ein Meßgerät angelegt, das über 24 Stunden den Blutdruck überwacht. Sie hätten ihr Tabletten verschrieben und sie dann mit dem Rat, sich weniger Stress auszusetzen, entlassen.

Medizintechnik ist allerdings auch in Herdecke keineswegs verpönt. Die Klinik besaß als eine der ersten in Nordrhein-Westfalen einen Magnetresonanz-Tomo-

* Die Namen aller Patienten wurden geändert.

Einfache Mittel – große Wirkung: Die spielerische Art der Untersuchung auf der Kinderstation, aber auch die Alltagskleidung der Ärzte und des Pflegepersonals soll die Kleinen vergessen lassen, daß sie im Krankenhaus sind. Viel Holz, warme Farben, mit bunter Seide verhängte Deckenleuchten oder Stehlampen sorgen für eine wohnliche Atmosphäre in den Krankenzimmern, Fluren und Therapieräumen

Krankenzimmer: behagliches Ambiente

Ungewöhnliche Visite: Arzt und Pflegerin tollen mit

Fast wie daheim: Plauderecke auf der Station

Rooming-in: in Herdecke seit 1969

graphen, verfügt über exzellent ausgestattete Operationssäle inklusive einer anerkannten Neurochirurgie sowie über alle gängigen Apparate von Ultraschall über Röntgen bis zur hypermodern ausgestatteten Intensivstation. Ein neues Kernspingerät der zweiten Generation sowie ein Computer-Tomograph sind beantragt.

Der Wildwuchs der Apparatemedizin, in anderen Kliniken gang und gäbe, bleibt in Herdecke jedoch begrenzt – der Trägerverein berät jede Neuanschaffung. Die Ärzte überlegen gezielter, ob ihnen eine Ultraschallaufnahme oder ein Röntgenbild für Diagnose und Therapie wirklich hilft. Trotzdem hat die Technik „eine Sogwirkung, die Kraft, Zeit und Geld bindet", wie der Internist Christoph Schnürer erklärt, der lange Jahre als Radiologe in anderen Kliniken tätig war. Selbst viele Herdecker Ärzte haben seiner Meinung nach zu hohe Erwartungen an die Aussagekraft der apparativ erstellten Körperbilder.

„Keine Technik ist objektiv", glaubt Schnürer, zumal sie abhängig ist von den Menschen, die das Gerät bedienen, von deren Ausbildung und deren Fähigkeit, das gewonnene Bild zu beurteilen. Eine Röntgenaufnahme zu „befunden", ohne den Patienten persönlich zu kennen, hält Schnürer für „mangelhaft". Um wirklich sinnvolle Aussagen für die Therapie machen zu können, müßten Radiologen bei Morgenvisiten anwesend sein, findet er. Die Notwendigkeit, daß Röntgenärzte sich hoch spezialisieren und ihr Know-how ständig aktualisieren müssen, behindert die Teamarbeit – für Kontakt mit den Patienten bleibt kaum Zeit.

Gabriele Lutz, Stationsärztin auf der „Inneren", opfert einen Teil ihrer Freizeit, um bei Gundula Behrens eine „biographische Anamnese" zu machen. Sie will nicht nur die Beschwerden erfragen, sondern herausfinden, welche Lebensumstände dazu beitragen könnten, daß der Blutdruck bei der jungen Frau immer wieder „entgleist". Zwei Stunden lang unterhält sie sich mit Gundula Behrens über deren Eltern, Beruf, Sehnsüchte, Leben. Sie findet heraus, daß die junge Frau, die während ihrer Kindheit und Jugend ihre Talente nie hat entfalten können, lustlos Arzthelferin wurde, sich dann aus eigener Kraft bis zur erfolgreichen Verkaufsleiterin einer Firma für medizinische Geräte hocharbeitete und sich seither ständig unter Erfolgsdruck setzt.

Bei so viel innerer Spannung wundert es die Ärztin nicht, daß der Blutdruck immer wieder in die Höhe schießt und die junge Frau bei körperlichen Untersuchungen „steif wie ein Brett" ist. Sie verschreibt ihr außer blutdrucksenkenden Tabletten einen wärmenden Kupfersalben-Wickel für die oft unterkühlten Nieren, Lavendelöl-Bäder zur Entspannung am Abend, rhythmische Massagen sowie täglich eine halbe Stunde Heil-Eurythmie. Ein paar Wochen soll Gundula Behrens im Krankenhaus bleiben.

Formende Hände geben der Seele Struktur

Erste Versuche: Es klingt auch ohne Üben

Solche „biographischen Anamnesen" erheben die Herdecker Ärzte möglichst bei allen chronisch Kranken und bei Patienten, die mindestens zwei Wochen im Haus bleiben. So hoffen sie herauszufinden, welche der über die herkömmliche Medizin hinausgehenden Therapieangebote – Malen, Musizieren, Plastizieren, Reiten, Eurythmie, Bäder, Wickel, Einreibungen – und welche homöopathischen oder anthroposophischen Medikamente sich für die jeweiligen Patienten eignen. Als „integrativ, nicht alternativ" kennzeichnet Wolfgang Goebel, Kinderarzt in Herdecke und seit Gründung der Klinik im Jahr 1969 dabei, dieses Konzept.

Nach 14 Tagen – der Blutdruck hat sich inzwischen normalisiert – darf Gundula Behrens die Tablettenration verringern und schließlich ganz absetzen. Tatsächlich steigen die Werte nicht wieder an, für die junge Frau nach etlichen Jahren Pillenschluckens eine „tolle Erfahrung". Sie merkt allerdings vor allem in der Heil-Eurythmie, daß sie noch „innerlich unter Strom" steht. Wenn sie die Arme baumeln lassen soll, ist sie bereits nach wenigen Minuten erschöpft. Aber ihr tut es gut, „endlich mal loslassen" zu können.

Heil-Eurythmie macht Laute oder Sprache durch äußere Bewegung sichtbar. Die im Kehlkopf geformten Vokale oder Konsonanten finden ihre Entsprechung in Gebärden, die schon von Rudolf Steiner entwickelt wurden. Sie sollen „Formkräfte

Unkonventionelle Therapien wie Reiten oder Plastizieren gehören zum festen Repertoire der anthroposophisch geprägten Medizin. Sie sollen dazu beitragen, daß Kranke nicht nur körperlich, sondern auch »geistig-seelisch« gesunden

Vom Rollstuhl aufs Pferd: Beim Reiten lösen sich verkrampfte Muskeln

CHINESISCHE MEDIZIN

Mit Yin und Yang zum Gleichgewicht

Vor den lähmenden Schmerzen, die immer wieder die rechte Gesichtshälfte der Patientin überziehen, haben die Spezialisten längst kapituliert. Nun sollen blitzende Stahlnadeln, die windschief in dem blassen Gesicht der 50jährigen, in der Kopfhaut, in den Ohren, Armen und Beinen stecken, die Qualen der Trigeminus-Neuralgie beenden.

Appliziert hat sie Liao Jiazhen, Professor für Traditionelle Chinesische Medizin (TCM) am Beijinger Dongzhimen-Hospital. Er gehört zum Ärzteteam der ersten TCM-Klinik Europas, die Anfang 1991 in Kötzting im Bayerischen Wald eröffnet wurde.

In der Klinik mit dem fernöstlichen Flair soll sich zeigen, ob die Heilkunst der Chinesen Defizite der westlichen Schulmedizin auffangen kann: Jeder achte Bundesbürger ist krank, rund 40 Prozent davon länger als ein Jahr. Bei Asthma, Rheuma, Allergien und anderen chronischen Erkrankungen tritt der medizinische Fortschritt auf der Stelle. Ähnliches gilt für Virusinfektionen. Auch die Therapie „banaler" Beschwerden wie Kopfschmerz und Schlaflosigkeit und Nervosität bleibt unbefriedigend.

Wunder kann auch Liao Jiazhen nicht vollbringen. Kein dunkler Zauber lenkt seine Hand, wenn er Akupunkturnadeln scheinbar wahllos über den Körper seiner Patienten verteilt, sondern gut 2000jährige „Erfahrung". Bis heute ist der „Innere Klassiker des gelben Fürsten", eine Sammlung medizinischer Aufsätze aus dem 3. Jahrhundert v. Chr., ein Standardwerk der traditionellen chinesischen Medizin. Generationen von Ärzten ergänzten ihre Beobachtungen zu einem Bild, in dem der Mensch mehr ist als die Summe seiner Gewebe, Zellen und Moleküle – dieser passive, stoffliche Aspekt, den die Chinesen „Yin" nennen, ist nur ein Teil der Existenz. Erst die Aktivität, die Dynamik, die Emotion (der „Yang"-Aspekt) erweckt organisches Substrat zum Leben. Das Gleichgewicht von Ruhe und Dynamik, Organ und Psyche – Yin und Yang – hält die Lebensfunktionen aufrecht.

So steht nicht der Körper selbst, sondern dessen Funktion im Zentrum der chinesischen Medizin. Fünf „Funktionskreise" umfassen alle Bereiche des menschlichen Lebens. Obwohl sie nach Organen benannt sind, reicht ihre Bedeutung weit über eine anatomische Baueinheit hinaus: Wer an einer Störung im Funktionskreis der „Lunge" leidet, den können Heuschnupfen, Husten oder auch Ekzeme plagen. Jedem Funktionskreis sind – gemäß der Vorstellung vom Menschen als Teil des Universums – auch ein Geschmack, eine Tages- und Jahreszeit oder bestimmte Nahrungsmittel zugeordnet: So stärken Reis, Zwiebel und Pfirsich – wie die alten Texte lehren – den Einflußbereich der „Lunge".

Die Funktionskreise kann der Heilkundige über das Qi, einen ständigen Energiestrom im Organismus, beeinflussen: Aus der Brust fließt Qi über die Innenseiten der Arme in die Fingerspitzen, läuft von dort zurück zum Kopf, dann über Rücken und Lenden zu den Zehen und schließlich über den Bauch wieder in die Brust.

Krankheit bedeutet im Verständnis der Chinesen: Der Qi-Fluß staut sich auf, fließt in falschen Bahnen oder versickert in einem Krankheitsherd. An 361 Punkten des Körpers steigen die Qi-Bahnen aus dem Inneren bis knapp unter die Haut. Hier kann der Arzt die Funktionsbereiche etwa durch Nadelstiche manipulieren, überschüssige Energie ableiten oder neue Kräfte in den Kreislauf einspeisen.

An 361 Punkten steigt der Energiestrom an die Oberfläche des Körpers

Dabei spielt die Akupunktur bei den Chinesen eher eine untergeordnete Rolle. Das eigentliche Herzstück der Therapie ist das Dekokt: ein bitterer Pflanzensud, den die Patienten zweimal täglich hinunterwürgen, um das Kräftespiel von Yin und Yang zurechtzurücken. Würziger Kräuterduft zieht denn auch durch die Kellerräume der Kötztinger Klinik, wenn der Heilpflanzenexperte Su Wanyu aus rund 150 eingelagerten Blättern, Wurzeln, Früchten und Blüten jedem Patienten seinen individuellen Trank zusammenstellt. Gelegentlich mischt Su Wanyu – je nach Zustand des Kranken – auch getrocknete Tausendfüßer, ein Stückchen Schlange oder eine Prise Gesteinsmehl in den Cocktail.

Jahrtausendealte Erfahrung hin oder her: Es bleibt ein Beigeschmack von Alchimie, der vielen Ärzten sauer aufstößt. Ein wissenschaftlicher Beirat begleitet deshalb den west-östlichen Modellversuch. Hildebert Wagner von der Universität München etwa macht sich mit modernster Analytik auf die Suche nach den pharmakologisch wirksamen Stoffen in Su Wanyus Heiltees. Der Pharmazeut ist zuversichtlich, daß sich die Wirkstoffe der chinesischen Heilpflanzen offenbaren werden.

Bis dahin müssen sich die Patienten umstellen, wenn sie von den Erfahrungen der Chinesen profitieren wollen. Denn Heilung dauert im Fernen Osten etwas länger. Innerhalb der in westdeutschen Kliniken üblichen Behandlungsdauer von durchschnittlich 16 Tagen können viele Methoden der Chinesen nicht wirken. Dies muß auch die blasse Patientin mit der Trigeminus-Neuralgie erfahren: Drei Wochen Nadelpieksen und Schlürfen widerwärtiger Dekokte waren nicht genug, ihr Qi wieder auf ruhigen Bahnen durch den Körper fließen zu lassen. Doch heute, am Morgen ihres letzten Behandlungstages, sagt sie – tanzende Nadeln in der Unterlippe –, verspüre sie zum erstenmal Erleichterung. Für „chinesische Verhältnisse" ein sehr schneller Erfolg. *Hans Haltmeier*

des Körpers", die aufgrund der Krankheit verlorengegangen sind, wachrufen oder auch vegetative Vorgänge wie Organfunktionen beeinflussen. Konsonanten wirken nach Auffassung der Anthroposophen vor allem auf die quergestreiften Skelettmuskeln, Vokale auf die glatte, willentlich nicht beeinflußbare Muskulatur. Ziel der Heil-Eurythmie ist es, „den Körper in Beziehung zum Raum zu setzen", erklärt die Therapeutin, eine der acht Eurythmisten in Herdecke. Das soll „den Patienten im Gesamten orientieren".

Als die Stationsärztin vorschlägt, zusätzlich zur Eurythmie noch eine Maltherapie auszuprobieren, lehnt Gundula Behrens jedoch kategorisch ab. Das, meint sie, überfordere sie – der Anspruch, den sie an ihre eigene Kreativität stelle, werde sich „mit Sicherheit nicht erfüllen". Die Ärztin dringt nicht weiter in sie, spricht sie aber jeden Tag bei der Visite erneut darauf an.

Malen, Plastizieren oder Musizieren sind in Herdecke keine Ablenkungs- oder Beschäftigungstherapien. Kranke – davon sind hier alle Behandelnden überzeugt – gesunden schneller und vor allem umfassender, wenn sie ihre eigene Kreativität entdecken. „Die Seele drückt sich in Farben aus", glaubt die Maltherapeutin Marianne Altmeier. Musik könne „innerlich etwas zum Fließen und Klingen bringen". Und wer je Ton mit seinen Händen zu formen versucht habe, wisse, wieviel gestalterische Kraft frei werde, wenn es darum gehe, „so einen Klumpen Erde in die Leichte zu heben".

Kreativität, die ganz von innen kommt, stößt ein „Tor zu verschütteten Welten auf", sagt der Musiktherapeut Peter Hoffmann. Eine 56jährige Krebskranke hat ihm gestanden, daß sie nach der Musikstunde das Gefühl hatte, zum ersten Mal in ihrem Leben etwas wirklich nur für sich selbst getan zu haben. Das gemeinsame Musizieren habe sie frische Lebensenergien auftanken lassen, die zwar nicht das Tumorwachstum stoppen konnten, ihr wohl aber zu so viel innerer Ruhe verholfen haben, daß sie ihren letzten Lebensmonaten ausgeglichener entgegensah. Sie konnte Frieden mit der Krankheit schließen und „in Ruhe Abschied nehmen von dieser Welt".

Jeden Vormittag treffen sich Patienten in den lichtdurchfluteten Atelierräumen unterm Dach. Marianne Altmeier freut sich besonders über eine junge Frau, die zum erstenmal hier oben ist – Gundula Behrens, die das Malen noch vor kurzem so kategorisch abgelehnt hatte. „Nur weil Sie so nett sind" hat sie schließlich der Stationsärztin den Gefallen getan und in eine Malstunde eingewilligt.

Beim ersten Bild fühlt sich die Blutdruck-Patientin in ihrer Skepsis voll bestätigt. „Schrecklich" findet sie die roten und gelben Spiralen und Kreise, die sie da fabriziert hat. Widerwillig setzt sie sich zum zweiten Anlauf an den großen Holztisch und greift zu blauen Kreiden. Schnell, ab-

Nachbauen, was den Menschen zusammenhält

Ein Bein einreiben – wie fühlt sich das an?

Kranksein zu begreifen ist ein wichtiges Prinzip an der Herdecker Pflegeschule. Einreiben, betten oder Wickel anlegen – jeden Handgriff proben die Schüler erst einmal aneinander. Auch das Skelett sollen sie beim Modellieren von Becken oder Schulter in den »Händen halten«

gehackt, fast wütend ratscht sie kurze, gerade Striche aufs Papier. Ein sternförmiges Gebilde in Blau, ihrer Lieblingsfarbe. Zufrieden ist die Patientin wieder nicht, aber einen dritten Versuch will sie noch wagen. Die Therapeutin regt an, rundere, schwingendere Formen zu malen und ruhig noch mal andere Farben zu benutzen. Leise wischend gleiten die Stifte übers Papier. Als sie fertig ist, staunt Gundula Behrens selbst – ein farbenfrohes, abstraktes Gebilde in Gelb, Blau und Rot ist da entstanden, schwingend und heiter. Die Starre ist aufgebrochen.

Durch das bißchen Malen: So leicht soll das sein? Weltfremde Esoteriker – solche und ähnliche Vorwürfe müssen sich die Herdecker noch heute von so manchem „Schulmediziner" gefallen lassen. Oder passiert da etwas für Wissenschaftler Greifbares, wenn ein Organismus lernt, sein inneres und äußeres Gleichgewicht wiederzufinden?

Ärzte wissen noch viel zuwenig darüber, weshalb und wie künstlerische Therapien oder auch homöopathische und anthroposophische Arzneien Selbstheilungskräfte des Körpers aktivieren können. Untersuchungen darüber gibt es kaum, und auch in Herdecke stehen entsprechende Forschungen erst am Anfang. Doch bisher fehlen allgemein anerkannte Kriterien für Analyse und Bewertung. Der Nachweis über die Wirksamkeit dieser Therapien läßt sich mit den herkömmlichen naturwissenschaftlichen Methoden – noch? – nicht erbringen. Trotzdem hält Peter Matthiessen, Projektleiter einer Studie des Bundesforschungsministeriums über „unkonventionelle medizinische Richtungen" in der Krebsbehandlung und leitender Arzt der Kinder- und Jugendpsychiatrie in Herdecke, solche wissenschaftlichen Arbeiten für „unverzichtbar", wenn Anthroposophen oder Naturmediziner „nicht nur eine Glaubensgemeinschaft" bleiben wollen.

Eines haben die Herdecker jedoch bereits bewiesen: Ihre „andere" Medizin ist durchaus bezahlbar. Sie führen ihr 484-Betten-Krankenhaus ohne kirchliche, staatliche oder städtische Zuschüsse. Ihre statistischen Daten können sich sehen lassen: Die durchschnittliche „Verweildauer" der Patienten im Krankenhaus entspricht mit 13,6 Tagen dem Mittel in vergleichbaren bundesrepublikanischen Kliniken. Der „medizinische Bedarf" eines Patienten – angefangen von Medikamenten über Röntgenuntersuchungen bis zum Verbandmaterial – liegt bei durchschnittlich 39 Mark pro Tag; in anderen vergleichbaren Kliniken sind es im Mittel 55 Mark.

Die Herdecker Klinik hält ihr ungewöhnliches Therapieangebot aufrecht und deckt gleichzeitig den akuten Behandlungsbedarf einer 26 000-Einwohner-Gemeinde mit Notaufnahme und allen gängigen medizinischen Abteilungen. Der Trägerverein hat für dieses Kunststück ein einzigartiges Rezept: Jeder Mediziner unterschreibt einen Einstellungsvertrag, nach

Eurythmistinnen tanzen zu Gedichten Hölderlins

Heil-Eurythmie: den Körper »im Raum ausrichten«

Heil-Eurythmie, eine dem Ausdruckstanz verwandte Bewegungsform, vermittelt ein intensiveres Körpergefühl. Diese Therapie bekommen viele Patienten in Herdecke verschrieben. Sie soll je nach individuellem Leiden Organfunktionen positiv beeinflussen, sie soll anregen, ausgleichen sowie äußeren und inneren Halt geben

dem alle Gelder, die ihm aus Privat-Liquidationen zufließen, automatisch auf das Vereinskonto überwiesen werden. Der Verein bezahlt aus den mehreren Millionen Mark, die jährlich so zusammenkommen, etwa die Kunsttherapeuten – deren Notwendigkeit die Krankenkassen bislang nicht anerkennen. Für die Ärzte – vor allem für die leitenden, die in Herdeckes „kurzer" Klinik-Hierarchie (es gibt nur Stations- und leitende Ärzte) Chefarzt-Funktion ausüben – bedeutet das zwar bis zu mehrere hunderttausend Mark weniger im Jahr, aber dennoch nagt auch hier kein Chefarzt am Hungertuch. Die Vertragsklausel folgt dem Grundsatz, das Krankenhaus nicht als „Dienstleistungsbetrieb für das eigene Konto" zu betrachten, wie es Jacob Bijkerk formuliert, als Geschäftsführer der Klinik fürs Kaufmännische zuständig. Das hat einen unschätzbaren Vorteil: Die Konkurrenz unter den Ärzten drückt sich nicht primär im Einkommen aus, sondern in Kreativität und Initiativkraft.

„Geldunabhängig und sinnvoll zu arbeiten" ist etwa für Wilhelm Rimpau, leitender Arzt der Neurologie und einer der wenigen Nicht-Anthroposophen der Klinik, „wichtiger als eine Yacht im Mittelmeer". Doch es ist nicht leicht, „dieses wahnsinnige, produktive, manchmal zermürbende Chaos" auf sich zu nehmen, glaubt sein Kollege Jörg Jungermann, der 1975 den Schritt aus der lukrativen freien Praxis nach Herdecke gemacht und „nie bereut" hat. Statt „schnöden Mammons" entschädigen ihn „Glücksgefühle", wenn er zur körperlich-seelischen Gesundung eines Menschen beitragen konnte.

„Chaotisch" ist die Herdecker Klinik in mancher Hinsicht. Die therapeutische Vielfalt und der Respekt vor der Individualität erzeugen nicht selten Spannungen. Intrigen gibt es hier wie überall, „es menschelt", wie eine der Ärztinnen es ausdrückt, denn „auch eine Nicht-Hierarchie muß sich irgendwie ordnen". Im Abbau von Standesegoismen und Selbstdarstellungen sei durchaus noch mehr zu erreichen. So mancher Arzt verlasse das Haus entnervt, weil er „Familie und Laufbahn pflegen" will oder weil ihm die Anforderungen an den persönlichen Einsatz über den Kopf wachsen. Zudem ist nicht jeder bereit oder fähig, sich auf alle drei Ebenen – Leib, Geist, Seele – der Patienten einzulassen und sich in der kärglichen Freizeit noch mit den anspruchsvollen Schriften Rudolf Steiners auseinanderzusetzen. Über Jahre ein solches Leben zu führen liegt nur Menschen, für die jene Ziele der Klinik zum Lebensinhalt werden.

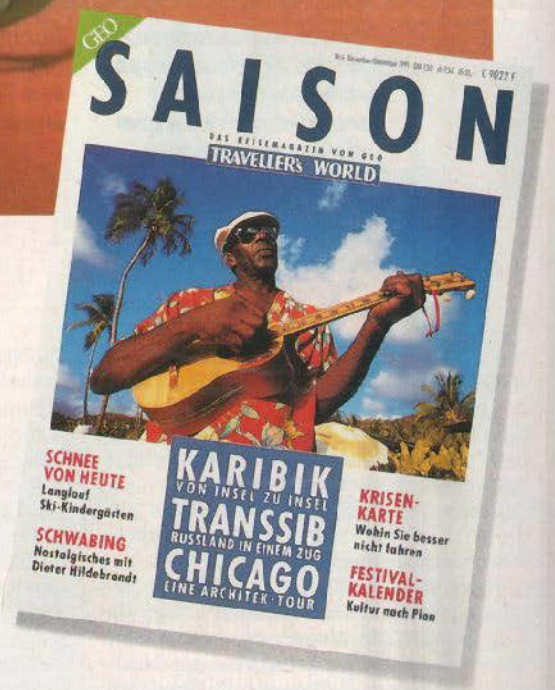
„Wir machen nur das, wovon wir etwas verstehen, und das ist anthroposophisch erweiterte Medizin", befindet Jörg Jungermann kategorisch, der lange Jahre der Klinik als Geschäftsführer vorstand. Wer ausschließlich Tai Chi, Akupunktur, autogenes Training oder andere „alternative" Verfahren praktizieren will, soll seine eigene Klinik aufmachen: „Wir sind keine Spielwiese."

Gleichwohl ist Experimentierfreudigkeit eine Eigenschaft, die allen Beschäftigten abgefordert wird. Irgendein Projekt zur Entwicklung neuer Arbeitsweisen gibt es in fast jeder Abteilung. „Therapeutische Gemeinschaft" heißt etwa das Modell auf Station 3c für Innere Medizin, das die Krankenhaus-Hierarchie weiter aufweichen soll. Seit Frühjahr 1990 sind dort die Schwestern und Pfleger nicht mehr bloße Befehlsempfänger der Ärzte, sondern werden mitverantwortlich in die Pflicht genommen. Stationsablauf und grundsätzliche Therapieverfahren werden gemeinsam und möglichst einstimmig beschlossen. Dazu kann beispielsweise gehören, den Arzt nach elf Uhr die Visite allein weitermachen zu lassen, wenn er in den dafür eingeplanten anderthalb Stunden nicht fertig wird – weil sonst die Pflege zu kurz kommt. Dazu gehört auch, Einspruch zu erheben, wenn die vom Arzt angeordnete Therapie nach Beobachtung des Pflegepersonals dem Patienten nicht guttut, und Ergänzungsvorschläge zu machen.

Aber nicht jede Pflegekraft mag so viel Verantwortung übernehmen. Anfangs „gab es eine Kündigungswelle", und die Fehlzeiten stiegen drastisch, beschreibt Christoph Schnürer diese „chaotische Phase". Seit fast einem Jahr jedoch sind die Pflegenden auf Station 3c ein eingeschwo-

Pulverschnee oder Palmenstrand? SAISON hat wieder gut gestreut.

Foto: F. Lemmens



Stellen Sie sich vor, es ist November. Und Sie wollen weit weg. Die Frage ist eigentlich nur noch, wohin. SAISON kann Ihnen bei der Fluchtplanung helfen. Wie wäre es zum Beispiel mit der Karibik? Mehr als ein Dutzend Inseln im Porträt. Oder was halten Sie vom Urlaub im Schnee, etwa vom Langlauf? Ein durchschnittlich unsportlicher Mensch hat es für Sie ausprobiert. Möchten Sie mal wieder ohne Kids auf die Piste? Wir haben Ski-Kindergärten getestet.

Außerdem im Heft: Chicago – als Freilichtmuseum für Architekturfans; Schwabing – ein Gedanken-Gang mit Dieter Hildebrandt; Transsibirische Eisenbahn – russischer Winter ohne kalten Krieg. Die Weltkrisenkarte zeigt außerdem, wohin Sie besser nicht wollen sollten. SAISON gibt es jetzt frisch am Kiosk. Urlaub gibt es bei Ihrem Chef.

SAISON. DIE KUNST DES REISENS.

Brodelnde Schachtelhalm-Essenz in der Klinik-Apotheke

Faust und Mephisto: Ärzte und Pfleger als Mimen

Theateraufführungen, die das Krankenhauspersonal gemeinsam gestaltet, gehören zum »Rahmenprogramm« der Klinik. Diese anthroposophische Tradition zu pflegen liegt den Herdeckern genauso am Herzen wie die Herstellung von Salben und Tinkturen nach eigenem Rezept

renes Team mit dem geringsten Krankenstand und dem kleinsten Überstundenstau des Hauses. Bei den anderen Stationen gilt die 3c deshalb als „was angeblich Besseres", deren Entwicklung eher argwöhnisch betrachtet als bewundert wird. Diese „ungewollte Isolation" zu durchbrechen und die positiven Erfahrungen zu vermitteln ist nun das vorrangige Ziel.

Jeden Donnerstagmittag trifft sich die „therapeutische Gemeinschaft", um die anliegenden Probleme zu besprechen. Diesmal weist eine Schwester mit Nachdruck darauf hin, daß sie es für nicht richtig hält, bei einer schwerkranken Patientin nochmals alle therapeutischen Register zu ziehen. Sie betreut die alte Dame seit zwei Wochen und hat beobachtet, daß sie „innerhalb weniger Tage um Jahre gealtert" sei und „überhaupt keinen Lebenswillen mehr" habe. Jede Bewegung sei für die völlig entkräftete Frau „eine Tortur". Die Schwester will sie weiterhin „unterstützend pflegen", aber die vom Stationsarzt beabsichtigte „Maximaltherapie" sei nicht im Sinne der Patientin. Nach längerer Diskussion ändert der Stationsarzt seine Meinung. Er sieht ein, daß es für die Patientin eine „unnötige Strapaze" wäre, das gesamte Potential schulmedizinischer Möglichkeiten auszuschöpfen.

„Sterbende zu begleiten ist uns ein Anliegen", meint der Internist Jörg Jungermann. Entsprechend der anthroposophischen Denkweise versuchen Ärzte und auch alle anderen hier Beschäftigten, im Tod nicht das eigene Versagen zu sehen, sondern einen natürlichen Vorgang, mit dem sich „der Lebenskreislauf schließt". Zeichnet sich ab, daß ein Patient nicht mehr lange zu leben hat, bekommt er sofort ein Zimmer für sich allein. Angehörige können so lange bei dem Sterbenden bleiben, wie sie wollen, auch über Nacht. Wenn Patient und Familie es wünschen, setzen sich Ärzte und Pflegende, so oft es geht, mit ans Bett. Ist der Tod eingetreten, wird der Verstorbene nicht wie in anderen Krankenhäusern unverzüglich ins Kühlhaus verfrachtet, sondern bleibt im Zimmer, bis die Angehörigen erschienen sind. Anschließend wird er in einen der drei Aufbahrungsräume gebracht, die im Erdgeschoß des Hauses speziell für den Abschied von einem Toten eingerichtet wurden. Dort treffen sich häufig auch noch einmal alle, die an der Pflege und Betreuung des Toten beteiligt waren, rufen die wichtigsten Abschnitte im Leben des Verstorbenen ins Gedächtnis, lesen etwas vor oder musizieren.

Viktor Großmann, von der tödlichen Immunschwäche Aids gezeichnet, kommt seit zwei Jahren immer wieder nach Herdecke, weil er hier „keine Nummer" ist. Als er vor drei Wochen aufgenommen wurde, war er von einer schweren Infektion so geschwächt, daß die Ärzte bereits mit seinem Tod rechneten. Die Therapeuten konnten ihn jedoch so weit stabilisieren, daß er in Kürze bis auf weiteres entlassen werden kann.

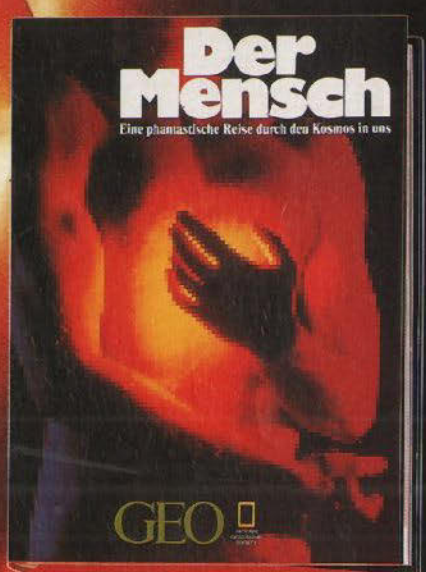
Jeden Tag übt er jetzt das „N": Er hebt sich mühsam auf die Zehenspitzen, spannt den Nacken an, streckt die Arme nach unten und winkelt die Hände nach oben ab. Noch fällt es ihm schwer, dabei das Gleichgewicht zu halten, denn eine Störung des Nervensystems macht ihm zu schaffen. Wie ein Roboter schlurft er unsicher durchs Zimmer, als die Eurythmistin ihn anweist: „Und jetzt das G." Er winkelt die Arme vor der Brust an und schiebt sie zur Seite weg. „Ge," sagt die Therapeutin, „Ge", lauter: „Gee", und noch mal, sehr entschieden: „GEE!". Die Übungen haben Viktor Großmanns schmächtigen Körper gestrafft. Mehr und mehr richtet er sich auf, wird geschmeidiger. An ihm ist kaum noch etwas Roboterhaftes: Er geht. □

Annette Bopp, 39, lebt als Medizinjournalistin in Hamburg. Die Biologin ist seit langem Mitarbeiterin von GEO-Wissen. Für den Fotografen **Thomas Ernsting**, 32, Gewinner des World Press Award 1988, ist „Herdecke" die erste GEO-Wissen-Reportage.

Die phantastische Reise in das Innere des Menschen

Noch vor kurzer Zeit wäre dieses Buch nicht vorstellbar gewesen. Rasante Fortschritte der medizinischen Forschung revolutionieren unser Bild vom Körper des Menschen und seinen Funktionen. Warum werden wir krank? Warum altern wir? Die Wissenschaft ist zu überraschenden Erkenntnissen gekommen. Modernste technische Verfahren wie die Makrofotografie und die Computertomographie machen bisher Unsichtbares sichtbar.

GEO hat in Zusammenarbeit mit der »National Geographic Society« das umfangreiche Fachwissen fesselnd und verständlich aufgearbeitet. Von der Evolution des Menschen bis zur Gen-Forschung: Alle Aspekte unseres Lebens werden auf einzigartige Weise dargestellt. Eines der aufschlußreichsten Bücher über das interessanteste Lebewesen auf Erden.



GEO und
NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY

Der Mensch
Eine phantastische Reise durch den Kosmos in uns.
384 Seiten mit ca. 400 farbigen Abbildungen, Format 20,5 x 28 cm, gebunden, DM 118,–

In jeder guten Buchhandlung erhältlich

Hautzellen des Brandopfers haben sich in einer Kulturschale auf einem Stück Gaze vermehrt und sollen nun auf den Wunden weiterwachsen

Dies ist die Geschichte eines Dilemmas, eines Dilemmas der modernen Medizin. Sie handelt von Verletzungen, die zum schlimmsten zählen, was ein Mensch erleiden und überleben kann: von Brandwunden und deren entsetzlichen Folgen. Sie berichtet von Ärzten einer amerikanischen Spezialklinik, die sich für den Kampf um ein Leben entscheiden und dann an ihrem Entschluß verzweifeln. Von der Macht der Mediziner ist die Rede – aber auch von ihrer Ohnmacht, wenn sich ein einmal gewählter Weg als Sackgasse entpuppt

DER FLUCH DER GUTEN TAT

VON JÜRGEN NEFFE; FOTOS: LYNN JOHNSON

»Als sei Weiterleben

Pittsburgh im US-Bundesstaat Pennsylvania, ein Sommermontagmorgen. In der „Burn Unit" des West Penn Hospital herrscht das, was man dort Ruhe nennt. Harvey Slater, mit 51 Jahren der ältere von zwei leitenden Ärzten, sitzt mit einem Teil seiner Belegschaft im Besprechungszimmer der 18-Betten-Abteilung. Hinter ihm hängt ein Blatt Papier an der Wand, darauf steht in Kinderschrift geschrieben: „Ich danke Euch, daß Ihr für mich gesorgt habt." Vom Flur, aus den Patientenräumen, sind nur Geräusche von laufenden Fernsehern und Gemurmel zu hören. Die Überwachungsmaschinen spielen ihre gleichförmige Signaltonmusik. Im Zimmer mit der Nummer 6227 starrt stumm ein Menschlein an die Decke.

Es liegt da gewickelt in Weiß, von den Fußspitzen bis unters Kinn. Neben sich – wie zwei schlafende Gefährten im gleichen Gewand – die Arme. Der Schädel: eine einzige Blöße im frischen Leinen, rasiert bis aufs Nackte. Bedeckt von durchtränktem Mull was geblieben ist vom Kindergesicht. Zwei Schläuche darin: ein feiner in einer Öffnung, wo vorher die Nase war. Und zwischen den Zähnen, rosig umsäumt von den Lippen, ein fingerdicker, der manchmal zu tanzen scheint: Wenn im Mund die Zunge vergebens nach Worten gräbt. Dann geht ein Zittern durch die entzündeten Lider um die weit geöffneten Augen.

„Das Leben eines Brandopfers", lautet eine von Slaters Botschaften an die Schwestern und Pfleger, Studenten und jungen Ärzte, „wird nie mehr das sein, was es vor der Verletzung war." In der Manier eines Vaters, der seine Kinder auf die Widrigkeiten des Lebens vorbereitet, schwört er sein Team auf das Außergewöhnliche der Arbeit ein: „Wir haben nicht einmal die Oberfläche dessen angekratzt, was es heißt, verbrannt zu sein."

Nie sollen seine Leute vergessen, daß die Narben von Brandopfern oft nicht als verheilte Wunden gelten, sondern als Entstellungen. Daß Ärzte und Pfleger von den seelischen Verletzungen nur wenig mitbekommen, weil die Unanschaubaren hier ja noch unter ihresgleichen und ihre Wunden Gegenstand intensiver Pflege sind. Daß ein zweiter Leidensweg draußen beginnt, wo die Menschen gaffen und sich von ihnen abwenden werden.

An der Wand hinter dem Bett des verbrannten Kindes hängt ein Madonna-mit-Jesus-Bild. Gleich darüber, zwischen die Apparate gegen das Sterben, hat seine Mutter mit Klebestreifen ein Foto befestigt: In die Kamera blickt mit großen, blau-braunen Augen ein dunkelblondes, etwas dickliches Mädchen in rotem Kleid mit weißem Kragen. Das schüchterne Lächeln gibt ungewöhnlich große Schneidezähne frei. Sie sind das einzige, worin sich der Körper im Bett und das Mädchen auf dem Foto noch ähneln.

Harvey Slater wird nicht müde, auch die sozialen Hintergründe seiner Patienten auszuleuchten. „Was denkt ihr" – er wendet sich kurz jedem seiner

selbst der höchste Wert des Daseins«

Lagen kultivierter Hautzellen werden auf den Rumpf eines Kindes geklammert, das etwa drei Wochen lang mit allen Mitteln der Intensivmedizin am Leben gehalten worden ist. Wenn die Zellen anwachsen, hat das Brandopfer eine Chance, seine schweren Verletzungen zu überleben. Dann aber wird es ein Dasein fristen im Schatten der Gesellschaft, in den es Gaffer und Angewiderte drängen. »Das«, sagt der Chirurg Harvey Slater, »ist der Preis des Fortschritts«

etwa 15 Zuhörer zu –, „wenn ihr Mr. Fox seht?" Timothy Fox*, ein 28jähriger Zweieinhalbzentnermann, ist vor drei Tagen eingeliefert worden. Eine zierliche Assistenzärztin meldet sich artig zu Wort: „Einfache Verhältnisse?"

„Genau", ruft der bärtige Professor in die Runde. „Merkt euch: Brandopfer kommen unverhältnismäßig oft aus den unteren Klassen. Die Verbrennung ist meist nur ein weiteres Desaster in ihrem Leben." Timothy Fox hat sich auf einem Golfplatz um die Wagen gekümmert, mit denen die Sportler von Loch zu Loch fahren. Bei dem Versuch, einen der Karren wieder flottzukriegen, ist Benzin ausgelaufen. Da tat er „das Dümmste, was er tun konnte in diesem Augenblick, vielleicht in seinem Leben": Er drückte den Startknopf. Der Zündfunke ließ das Benzin-Luft-Gemisch explodieren. Fast die gesamte Vorderseite des Arbeiters verging.

Explosionen, Verpuffungen, Haus- und Autobrände. Kochendes Wasser oder elektrischer Strom, der eingeschlafene Fahrer eines Tanklastzuges oder das böse Ende vom Kinderspiel mit dem Feuer – alte, immer wieder neue Geschichten. „Sobald du aber glaubst, das Furchtbarste schon gesehen zu haben", sagt die 24jährige Sozialarbeiterin Elisabeth Bloskis, „geht die Tür auf, und noch Furchtbareres kommt herein."

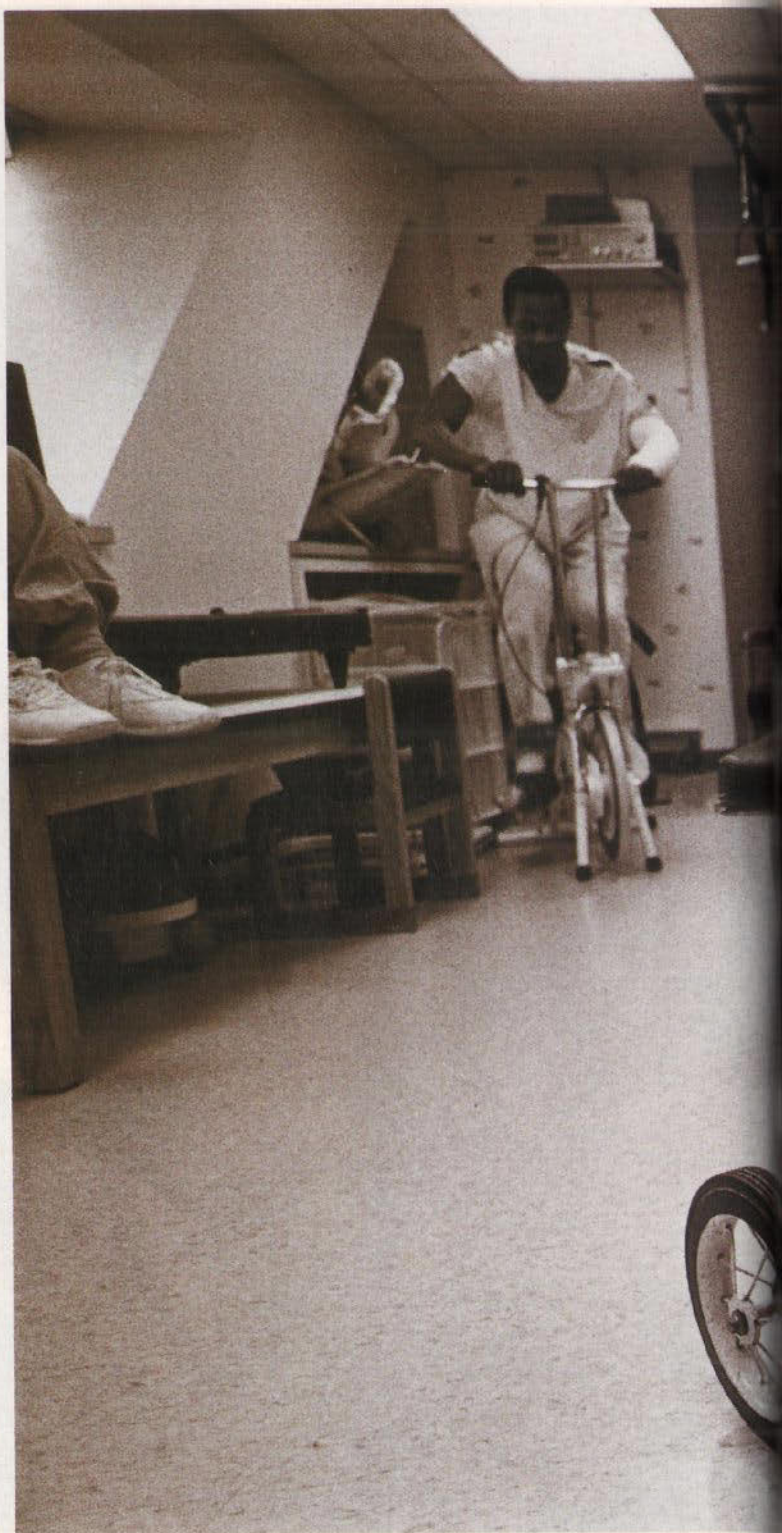
Wenn »leben dürfen« vom »leben müssen« überschattet wird

Schlimme Schicksale – für Harvey Slater und seinen sieben Jahre jüngeren Partner William Goldfarb sind sie sozusagen täglich Brot. Mit der Routine eines Reparaturbetriebs haben die „Burn Care Associates" schon grausam verschmorte Körper wieder zusammengeflickt. Doch das Los des Mädchens in Zimmer 6227 bereitet den beiden mehr Kopfzerbrechen als das früherer Patienten. „Wir sprechen", sagt Slater und lächelt bitter, „natürlich nur von denen, die überlebt haben." Wenn dieser riesenhafte Chirurg, der in fast 20 Jahren an die 4000 Schwerstverbrannte behandelt hat und wie kaum ein zweiter unter der Berufskrankheit Zynismus leidet, wenn der von „meinem schlimmsten Fall" spricht, dann meint er nicht unbedingt seinen hoffnungslosesten. Dafür sind ihm einfach schon zu viele Patienten „weggestorben". Kein Fall hat ihn wohl ethisch so sehr in die Enge getrieben wie der des Mädchens mit den großen Schneidezähnen.

Dessen Schicksal ist nicht wegen des Unfallherganges außergewöhnlich: Am 16. Mai 1991, morgens um vier, wird die alleinerziehende Mutter von ihrem Sohn geweckt, der laut schreiend die Treppe herunterstürzt. Es brennt.

Die Flammen versperren den Weg zum Schlafzimmer der Tochter. Die Mutter rennt in den Garten und schreit. Doch ihre flehenden Rufe, das Kind solle aus dem Fenster springen, bleiben ungehört. Der Körper, den ein Feuerwehrmann nach wenigen Minuten aus dem Zimmer holt, ist nicht verbrannt durch Flammen, sondern versengt durch die Hitze. Ein Rettungshubschrauber fliegt das bewußtlose Opfer ins etwa 90 Kilometer entfernte Pittsburgh. Nach einem Monat, genau an dem Tag, als man Tim

* Name von der Redaktion geändert.



»Geheilte Haut ist

nicht heile Haut«

Der erste Blick in den Spiegel der Verbrennungsabteilung offenbart nur die halbe Wahrheit: Wie tief die seelischen Narben sind, stellt sich oft erst nach Verlassen der Klinik heraus. Daher unterstützen die »Burn Care Associates« in Pittsburgh Kontaktgruppen und Betroffenentreffs.

Dem Schicksal ihrer Patienten versuchen sie in einer Telefon-Untersuchung nachzugehen. So ist überhaupt nicht bekannt, wie viele der Überlebenden ihrem Leben nach Rückkehr in den Alltag ein Ende setzen. Solange sie unter ihresgleichen sind, scheint die Suizid-Gefahr relativ gering zu sein

Fox in den Raum nebenan schiebt, bringen die Ärzte es wieder zu Bewußtsein.

In den drei Tagen, seit das Mädchen nicht mehr nur vegetiert, seit es Blicke erwidern, zuhören und mit Nicken oder Kopfschütteln antworten kann, hat sich ein Bann über alle Besucher gelegt: Kein falsches Wort, keine Tränen und, das vor allem, kein Spiegel. Der Lebenswille der Verbrannten könnte leiden, würde sie ihr Antlitz sehen. Alle, die Schwestern und Ärzte, die Mutter und selbst der Klinikpfarrer verfallen an ihrem Bett in diese merkwürdige Haltung zwischen Hilflosigkeit und Heuchelei – als stünde „Du sollst nicht töten" an der Wand geschrieben. Was aber, wenn die Entscheidung für das Leben ein ebenso großes Tabu bricht wie die für den Tod? Wenn „leben dürfen" vom „leben müssen" überschattet wird? Wenn wir in unserer gesunden Haut schon ahnen, daß wir den Anblick des Überlebenden selbst nach dessen Genesung nicht ertragen werden?

Es mag nicht zuletzt der Name des Kindes sein, der Ängste und Hoffnungen in der Brandklinik so sonderbar schürt. Sein Vater, Gary Fields, hat das Wort irgendwann beim Bier in einer Kneipe aufgeschnappt: „Mystic." Als seine Frau Pam ein Mädchen zur Welt brachte, nannte er es Mystic Eve Fields. Wenn aber die Krankenschwestern in der Verbrennungsstation des West Penn Hospitals von der einzigen Chance – einem „miracle" – für die Patientin in Zimmer 6227 reden, dann klingt es wie eine Beschwörungsformel, wenn sie „Mystic Fields" sagen – „mystische Felder".

Zur Lebensrettung der meisten Brandopfer bedarf es keiner Wundertaten. Meist genügt mittelmäßiges medizinisches Geschick und sehr gute Intensivpflege. Denn Haut ist das, was manche Ärzte ein „dankbares Gewebe" nennen: Kleinere Wunden wachsen von allein wieder zu. Haut eignet sich auch gut für Transplantationen von einem Körperteil auf einen eigenen anderen.

Eigenhautverpflanzungen sind Routinetechnik bei den meisten Verbrennungen zweiten und allen dritten Grades – wenn also außer der oberen Hautschicht, der Epidermis, auch die darunterliegenden Schichten teilweise beziehungsweise ganz zerstört sind. Erste-Grad-Brandverletzungen, bei denen nur die Epidermis betroffen ist, lassen Ärzte ohne Eingriffe ausheilen. Verpflanzte Eigenhaut wächst in aller Regel gut an, ihre Zellen vermehren sich problemlos. Etwa neun von zehn Patienten der Pittsburgher Burn Unit verlassen die Klinik lebend – als Geheilte mit mehr oder weniger großen „Autotransplantaten".

Geheilte Haut ist jedoch etwas anderes als heile Haut: Transplantate überdecken zwar rasch die Wunden, ebenso wie nachwachsende Haut die „Erntestellen", aber dies geschieht nicht ebenmäßig. Bestimmte Zellen des Bindegewebes, die Fibroblasten, produzieren Kollagen – einen Eiweißstoff – im Überfluß. Diese Stützsubstanz der alten wie der neuen Hülle überwuchert wild das Fleisch und zieht sich zusammen. Die Folge sind fürchterliche Narben. Sind diese großflächig, wie nach Unfällen mit Feuer, Elektrizität oder Chemikalien, kann sich die Haut so sehr spannen, daß die Gelenke wie gefesselt sind. Jeder Griff, jeder Schritt wird zur Qual.

Schlimmer aber sind die Folgen für das Bild, das Brandopfer der Welt präsentieren. War das Gesicht

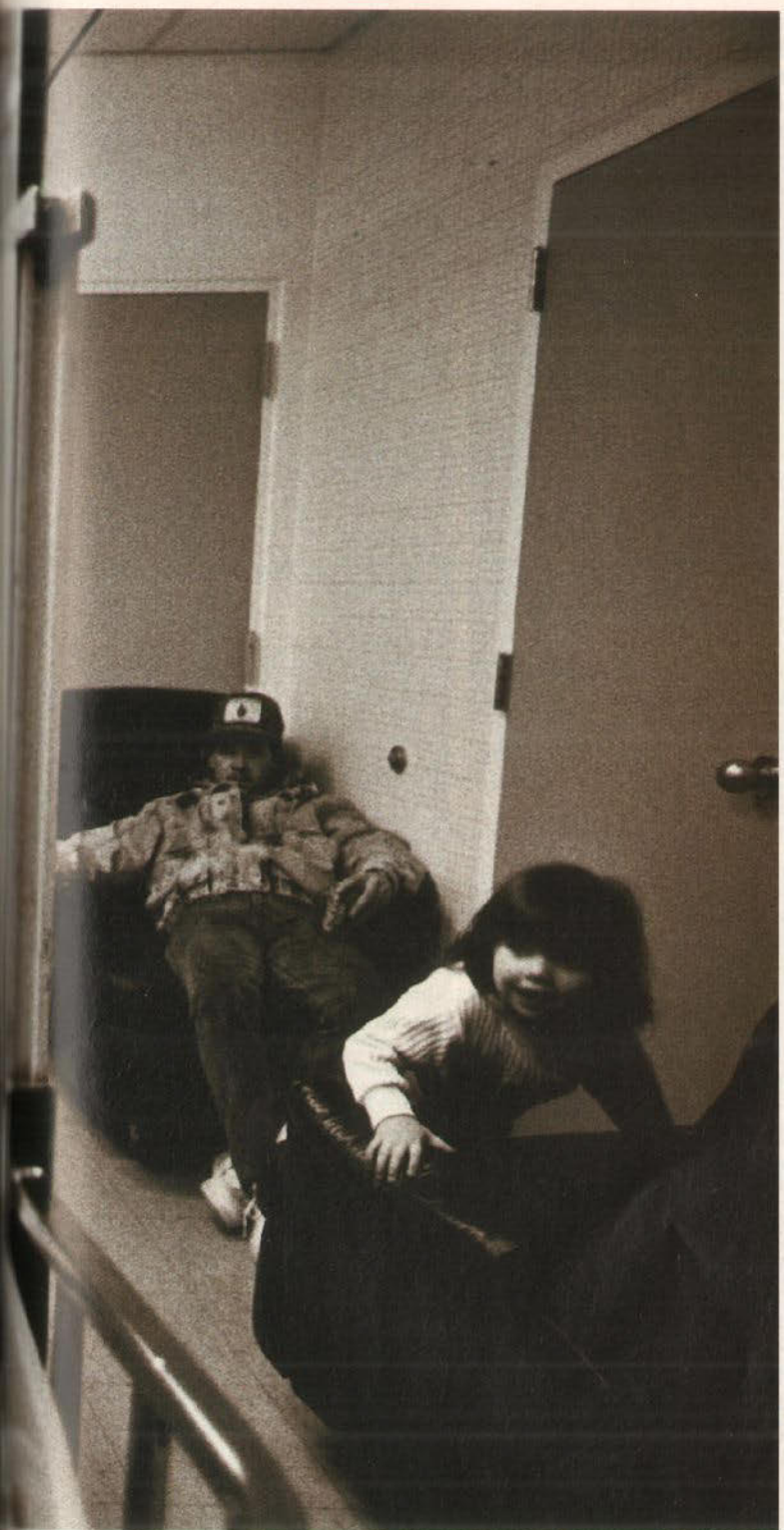
»Jede

Griff, jeder Schritt wird zur Qual«

Auf die unvorstellbaren Schmerzen durch eine Verbrennung folgt unsägliche Pein bei den Bewegungsübungen: Narbenhaut zieht sich stark zusammen und schränkt damit die Beweglichkeit erheblich ein. Mühselig müssen Brandopfer mit Unterstützung spezieller Therapeuten üben, ihre neugewachsene Hülle auszudehnen. Manch einer schafft es trotz größter Anstrengung nicht - und bleibt sein Leben lang verkrüppelt

Damit Narben nicht über alle Maße wuchern, werden den Brandopfern in der Klinik Strümpfe, Hemden und auch Gesichtsmasken aus festem Gummistretch angepaßt. Die meisten müssen die hauteng sitzenden Maßanzüge jahrelang tragen - und zwar täglich bis zu 23 Stunden. Das äußerst schmerzhafte An- und Ausziehen kann jeweils mehr als eine Stunde dauern. Bei Verletzungen des Gesichts bleibt der Nutzen der Masken begrenzt

»Das böse Ende



vom Spiel mit dem Feuer«

verbrannt, dann kann das feine Spiel der Mimik – für das menschliche Miteinander fast so wichtig wie das gesprochene Wort – in einer Narbenlandschaft eingefroren sein.

Die Wahrscheinlichkeit, daß ein Neuzugang an seinen Verbrennungen stirbt, berechnen die Ärzte grob nach einer Formel: Addiere zum Prozentsatz der verbrannten Körperoberfläche das Alter des Opfers. Bei Erwachsenen wird die Fläche nach der „Neunerregel" geschätzt: jeweils neun Prozent für Kopf sowie für die Arme, jeweils 18 für die Beine sowie für vorderen Rumpf und Rücken. Das letzte Prozent steht für den Anal-Genital-Bereich. Entscheidend ist aber auch, wie tief die Haut verbrannt ist. Die Überlebensarithmetik hat einen banalen Hintergrund: Je älter ein Intensiv-Patient ist, desto schlechter sind grundsätzlich seine Chancen. Und je geringer das Verhältnis der gesund gebliebenen Erntefläche zu den abzudeckenden Wunden ist, desto heikler wird die Behandlung.

Wenn auch hoffnungslose Fälle noch eine Chance erhalten

Mystic Fields trug 91 Prozent Verbrennungen dritten Grades davon. Über neun Zehntel ihrer Haut einschließlich des gesamten darunterliegenden Gewebes waren zerstört. Nur die Kopfhaut unter den Haaren ist halbwegs unverletzt geblieben, auf der linken Seite ein Stück Schulter zum Rücken hin und der Ellenbogen – offenbar Körperpartien, auf denen sie in der Flammennacht gelegen hat. Am Tag der Einlieferung war sie neun Jahre alt. Nach der ärztlichen Faustregel wäre die Prognose, daß sie ihren Verletzungen erliegen würde, genau 100 Prozent.

Dennoch geriet das Kind in die Routinemühle der Brandwunden-Spezialisten. Das hat mit technischem Fortschritt ebenso zu tun wie mit der stressbedingten Realitätsverleugnung ihrer Mutter und den Allmachtsphantasien von Ärzten. Mystic ist, auch wenn es sich niemand so recht eingestehen möchte, längst vom Opfer zum Objekt geworden. Ihr Körper, nicht viel mehr als eine riesige offene Wunde, ist verpackt wie eine Mumie – konserviert eines Experimentes wegen, das ihm das Leben retten kann. Das Leben. Mehr nicht.

Seit kurzem gibt es eine Technik, längst noch nicht ausgereift, aber schon erfolgreich eingesetzt, mit deren Hilfe auch „hoffnungslose" Fälle eine „Chance" erhalten: das Gewinnen, Vermehren und Rückverpflanzen von Zellen aus der Haut des Patienten. Die Firma „BioSurface Technology" in Cambridge bei Boston bietet die „kultivierten epidermalen" Zellagen auch für Fälle an, in denen die verbliebene Haut des Opfers für die lebensrettende Routinetechnik nicht ausreicht.

Slater und Goldfarb haben bereits einige Erfahrungen mit der neuen Methode gemacht, deren Erfolgsquote die Firma mit 65 Prozent angibt. Anfang November 1988 richteten die großen TV-Networks ihre Kameras auf die beiden Ärzte, als erstmals in Pittsburgh Kulturzellen auf Brandwunden verpflanzt werden sollten – und das gleich zweimal: Ein Junge mit 70 Prozent, ein Mädchen mit 92 Prozent drittgradig zerstörter Haut lagen auf der Station, beide 15 Monate alt – er mit heißem Wasser ver-

brüht, sie in einen Hausbrand geraten –, aber längst nicht so tief verbrannt wie Mystic Fields.

Die Ärzte mußten Interviews geben, Zeitungen und Fernsehen berichteten täglich über die Fortschritte. Eine nicht unwillkommene Werbung für die Verbrennungsexperten, die genau wissen, wie wichtig Publizität für ihre privat betriebene und vom Zuspruch der Patienten und Angehörigen abhängige Station ist: Das Überleben der Babys würde ihrer Reputation zugute kommen – und am Ende natürlich auch ihrem Einkommen. Bei allem Engagement für das Wohl ihrer Patienten verlieren die Chirurgen diesen Aspekt ihrer Arbeit nie aus den Augen: „Medizin ist auch ein Geschäft." Die Babys kamen tatsächlich durch: ein glänzender Erfolg für die Partner in Pittsburgh und für die Company in Cambridge – ganz gleich, was aus den Geretteten geworden ist und noch wird.

Wenn der Fortschritt die Ärzte zu Dienern der Technik macht

Dieser „Erfolg" aber, den die Medizingeschichte als Fortschritt im Kampf ums Überleben feiern wird, hat eine Grenze weiterverschoben: Die Frage, wie weit Ärzte gehen dürfen, hängt immer auch damit zusammen, wie weit sie gehen können. Die neue Technik erweitert, wie es so schön heißt, den „ärztlichen Handlungsspielraum". In Extremfällen allerdings schränkt der Fortschritt den Entscheidungsspielraum weiter ein: Nun dürfen Ärzte ein Leben, das sie vor kurzem noch als unrettbar aufgegeben hätten, nicht ausklingen lassen. Sie müssen einen Menschen weiterbehandeln – oder glauben zumindest, daß sie es müssen –, als sei Weiterleben an sich der höchste Wert des Daseins.

„So werden wir zu Robotern der Medizin", sagt auch Slater. „Die Technik zwingt uns weiterzumachen, wo wir vielleicht lieber aufhören würden." Die Gefahr sei, daß die Menschen im Arzt nicht mehr den weisen Mann sehen, der verantwortlich handelt, sondern einen Techniker, der die Maschinerie zu bedienen hat. Einst zog allein die Natur die Grenzen, heute zunehmend die technische Machbarkeit.

Als Pam Fields die Option „Zellkultur" vorgeschlagen wurde, war kaum damit zu rechnen, daß sie ihrer Tochter die kleine Chance auf Leben verweigern würde. Was die Ärzte bewogen hat, der Mutter von der neuartigen Möglichkeit zu berichten, wissen sie selber nicht genau. Vielleicht mochten sie ihr einfach nicht die Wahrheit sagen. Jetzt allerdings wäre das noch schwerer, denn sie müßten ihr die Hoffnung wieder nehmen, die sie ihr selber einmal gemacht haben. Die völlig übernächtigte junge Frau lebt seit der Einlieferung ihrer Tochter im Wartezimmer der Station. Sie schläft wenig, ißt wenig, raucht viel. Sie kann kaum noch richtig zuhören. Sie will, sagt Harvey Slater, die Tatsache nicht wahrhaben, die er in den letzten Tagen immer häufiger ausspricht: „Wir produzieren hier ein Monster. Und wir können nichts mehr dagegen machen – außer hoffen, daß die Kleine sich aufgibt und stirbt."

Möglicherweise wollten sich die Ärzte eine „Niederlage" nicht eingestehen, ohne „gekämpft" zu haben. Wie vor vier Jahren, als ein zwölfjähriger Junge, zu 85 Prozent verbrannt, eingeliefert wurde. Den hatten die Chirurgen auch durch die – so Goldfarb – „Hölle" von sechs mehrstündigen Operationen geschickt und sein Leben gerettet.

Die Gratulationen der Kollegen für das „vollbrachte Wunder", das Gefühl, „dieses Kind lebt wegen dem, was wir mit unseren Händen vollbracht haben", all das förderte die Hochgefühle der Macher – Glücksmomente, die sich offenbar tiefer in die Erinnerung graben als später aufkeimende Zweifel: Etwa ein Jahr nach seiner Entlassung kam der Junge zur Nachuntersuchung. Er war so verunstaltet, daß der Stolz der Ärzte über ihre lebensrettenden Fähigkeiten dem Entsetzen über das Resultat wich und eine böse Ahnung aufkeimte: Irgendwann wird er uns vielleicht hassen.

Trotz solcher Erfahrungen haben Slater und Goldfarb Mystics Mutter nicht überzeugen können und daher nicht „die Lichter ausschalten" dürfen. Sie haben mit der Routinebehandlung begonnen – obwohl sie wußten, daß sich das Kind, falls es durchkommt, nur als Krüppel und „kosmetisches Desaster" in Heimen würde verstecken können. Nun sitzen die beiden in der Falle des Fortschritts, den sie selber mit hervorgebracht haben. Es überrascht nicht, daß Ärzte, die sich wider besseren Wissens derartig in die Klemme gebracht haben, so oft das Wort „Dilemma" im Munde führen. Und noch ein Wort dominiert das Gespräch auf dem Flur: „grotesk". Es trifft wahrscheinlich am besten die Situation in Zimmer 6227.

Ein Argument führen beide Chirurgen ins Feld, das ihre Entscheidung aus historischer Sicht verständlicher macht: Das „Experiment" mit Mystic, sagt Goldfarb, sei als „vorderste Front der Forschung" zu verstehen. Selbst wenn das Kind sterben müsse, würden – wie so oft in der Geschichte der Medizin – wichtige Erfahrungen gesammelt, die späteren Patienten zugute kämen. Wer wisse denn, ob nicht in 20 Jahren sowohl Zellkulturtechnik als auch kosmetische Chirurgie so weit seien, daß einem Opfer wie Mystic ein auch nach unseren Maßstäben menschenwürdiges Leben geschenkt werden könnte? Auch deshalb haben sie alle Register der Intensivtherapie gezogen, Infektionen, Blutverluste und sogar einen Herzstillstand überwunden.

Vor einer Woche haben Slater und Goldfarb Mystics Wunden erstmals mit Kulturzellagen belegt. Vor drei Tagen haben sie das künstliche Koma beendet und damit eine völlig neue Situation geschaffen: Allein die Vorstellung, daß Mystic weiß, was mit ihr passiert, macht, so Slater, „den Horror noch schlimmer". Zum Beispiel, wenn ihr Bruder Jesse an ihrem Bett steht. Er ist nur 15 Monate älter und fühlt sich am Schicksal der Schwester schuldig, weil er selber mit heiler Haut davongekommen ist. Oft redet er mit ihr. „Würdest du gern Krankenschwester werden?" Heftiges Kopfschütteln. „Und Rechtsanwalt?" Nicken. „Bist du froh, wach zu sein?" Pause, dann zögerliches Nicken. „Möchtest du nach Hause?" Heftiges Nicken.

Durchschnittlich liegen die Brandopfer 24 Tage auf der Station – betreut von zwei leitenden Ärzten, zwei bis fünf Assistenzärzten, einer Sozialarbeiterin, einer Psychologin und etwa 30 Pflegern und Schwestern. Tagessatz: rund 1000 Dollar. Verbrennungen, sagt Goldfarb, der stillere, aber vielleicht auch ehrgeizigere der beiden Chirurgen, wird es im-

»Haut ist ein dankbares Gewebe«

Eigenhautverpflanzungen gehören zum blutigen Handwerk der Verbrennungsspezialisten. Mit dieser Routinemethode können sie die meisten Opfer retten - gerade weil sie so »aggressiv« therapieren: Mit Hilfe eines Elektrohobels, der exakt auf bestimmte Schichtdicken einstellbar ist, »ernten« sie hauchdünne Lagen von unverletzten Hautarealen. Diese Gewebsschichten lassen sich mit einer mechanischen Walze bis auf die sechsfache Fläche zu »Netztransplantaten« strecken, die in der Regel gut anwachsen. Die Löcher im Netz wachsen zu

mer geben. Nicht zuletzt, weil sich Leichtsinn und Dummheit nicht ausrotten ließen.

Timothy Fox, der 28jährige Golfplatzarbeiter, wird noch am Morgen dieses Montags in den Operationssaal im vierten Stock geschoben. Seine Haut ist, so schätzen die Chirurgen, zu etwa 60 Prozent verbrannt. Nach der Faustregel der Experten hätte er eine Überlebenschance von zwölf Prozent. Doch Fettleibige lassen sich ungleich schwerer durchbringen als Normalgewichtige.

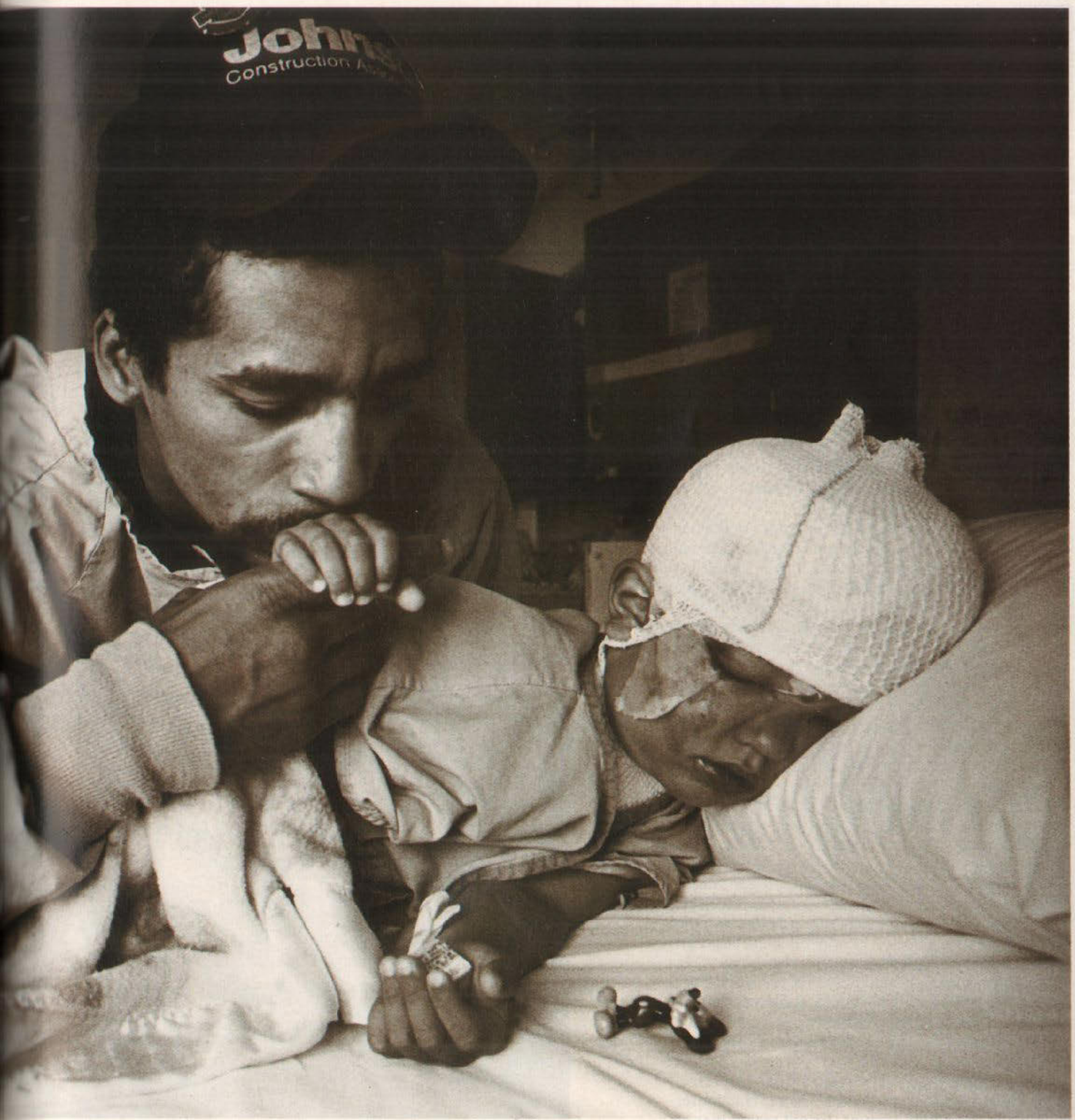
Menschen mit zerstörter Haut werden auf dramatische Weise schutzlos. Ihre Barriere gegen Krankheitserreger fällt, Infektionen durch Bakterien und Pilze werden zur lebensbedrohenden Normalität. Mit der Haut büßen sie auch ein entscheidendes Organ für die Regulierung der Körpertemperatur ein und die Schutzhülle gegen das Austrocknen. Bis zum Zweiten Weltkrieg hatten Schwerverbrannte in der Regel keine Überlebenschance. Erst nach 1940 stellte sich allmählich heraus, daß sich allein durch Ersatz verlorengegangenen Körperwassers durch Elektrolytlösung die Heilungschancen erheblich steigern lassen: In einen Körper wie den von Mystic Fields müssen während der ersten 24 Stunden nach Einlieferung etwa 15, in den von Tim Fox fast 30 Liter „Ringer-Lösung" gepumpt werden.

Als Harvey Slater 1973 seine Karriere als Verbrennungsspezialist begann, ließen die Ärzte den Patienten in der Regel die verbrannte Haut so lange wie möglich. Mit den Jahren stellte sich jedoch heraus, daß sich die Sterberate noch einmal deutlich senken ließ, wenn alles tote Gewebe möglichst rasch entfernt wird. Unterstützt durch Antibiotika, neue Materialien und kompromißlose Apparateanwendung läßt sich heute im Grunde jedes noch so furchtbar zugerichtete Brandopfer zumindest für eine gewisse Zeit am Leben erhalten. „Früher", sagt Slater, „starben die Todgeweihten nach drei Tagen, heute erst nach über drei Wochen." Auf diesen „Fortschritt" bei der Lebensverlängerung baut die neue Zellkulturtechnik auf: Nur weil Patienten nach Ernten der Zellen die drei Wochen überstehen, die es braucht, die Zellen zu kultivieren, hat die Technik eine Chance.

„Aggressiv" nennen die Ärzte ihre heutige Routinebehandlung. Und was sie in fast drei Stunden im Operationssaal mit Tim Fox anstellen, gehört zum Aggressivsten und Blutigsten, das die Medizin zu bieten hat. Der Patient wird dort, wo er schwer verbrannt ist, regelrecht gehäutet. Mit einer Art übergroßem Kartoffelschälmesser tragen die Operateure Schicht um Schicht ab, bis sie auf lebendes Gewebe stoßen – erkennbar daran, daß es rot aus Hunderten von Kapillaren sickert. Anderthalb Liter Blut fließen aus Konserven durch den Körper des dicken Mannes in Verbände, Operationsdecken und Eimer. Mit einer Hand stemmt die zarte Assistentin den schweren Arm des Regungslosen hoch und schält mit der anderen das tote Gewebe ab. Die Haut ist bis tief ins Fettgewebe verbrannt, Schweißdrüsen und Haarfollikel sind zerstört. Selbst wenn diese Wunden ausheilen, sind Haarwuchs und Transpiration unwiederbringlich zerstört. Die gesamte Bauchhaut inklusive einiger Zentimeter Fettgewebe tragen die Chirurgen ab.

Sobald alles Tote vom Lebendigen getrennt ist, verschweißen sie die Blutgefäße mit Hilfe eines

»Glücksmomente



die sich tiefer eingraben als Zweifel« Eltern brauchen oft sehr lange, das Ausmaß der Brandverletzungen ihrer Kinder zu begreifen. Die aggressive Therapie - sofortiges Entfernen allen verbrannten Gewebes - erhält zwar den meisten Verletzten das Leben. Andererseits sorgt sie für jene Narben, die auch als geheilt Entlassene lebenslang brandmarken. In der »Burn Unit« des Pittsburgher West Penn Hospitals hilft den Eltern eine Sozialarbeiterin, die Rehabilitation zu unterstützen

Elektroskalpells. Es stinkt nach verbranntem Eiweiß. Die Wunden zurren sie in einen straffen Verband – um die Blutungen zu stoppen. Im Falle von Tim Fox entscheiden sie sich gegen die sofortige Eigenhautverpflanzung. Da sie nicht sicher sind, ob sie bis in lebendes Gewebe vorgedrungen sind, wollen sie keine Haut „verschwenden".

Am nächsten Tag führt William Goldfarb ein Gespräch mit der völlig verwirrten Mrs. Fox:

„Wird mein Mann seinen Bauchnabel behalten?" – „Nein."

„Wird er denn noch Haare auf der Brust haben?" – „Nein."

„Aber ohne Bauchnabel und Brusthaare mag ich ihn nicht."

„Ist das alles, was Sie zu fragen haben?" – „Ja."

„Darf ich Ihnen eine Frage stellen?" – „O.k."

„Warum stellen Sie mir keine wichtige Frage?" – „Zum Beispiel?"

„Warum fragen Sie nicht, ob Ihr Mann überleben wird?"

„Daran habe ich nie gedacht."

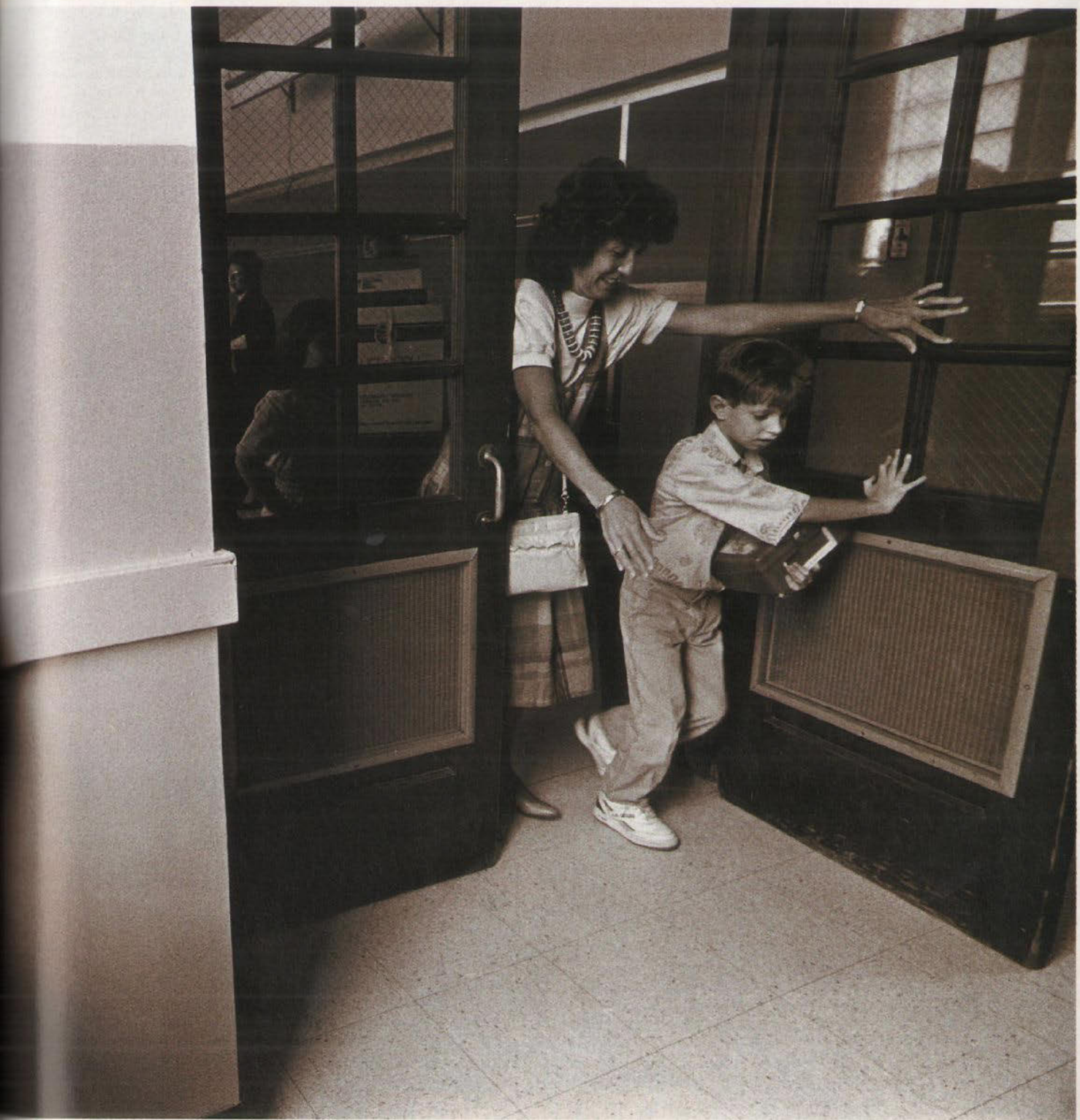
»Wenn ich noch einmal so verbrannt sein sollte, laßt mich bitte sterben«

Auch Pam Fields machte sich anfangs Sorgen darüber, daß ihr Kind eine Narbe am Hals zurückbehalten würde, wo der Beatmungsschlauch sitzt. Mittlerweile begegnet sie der Realität realistischer: „Ich weiß, daß Kinder mit solchen Verletzungen normalerweise sterben." Die ganze Wahrheit, wie es um Mystic steht, will sie allerdings nicht wahrhaben. Denn „noch habe ich sie". Gefragt, wie sie denn reagieren würde, sollte die Tochter ihr später Vorwürfe machen, bricht sie in Tränen aus und jammert: „Das ist doch ihr Körper, ihr Leben!" Aber sie hat ja die Verbundene auch nur in reinem Weiß, nie das gehäutete Etwas unter den Verbänden gesehen.

Am Mittwoch, dem 19. Juni, besichtigt William Goldfarb seine Patientin. Wie jeden Tag haben die Schwestern den Leib aus den Leinen geschält. „Entsetzlich", stößt ein angehender Arzt hervor, „ist ja alles weg bis runter auf die Muskeln." Das am ganzen Körper zitternde Wesen ist an einigen Stellen bedeckt mit Netztransplantaten, an anderen liegen die Läppchen mit den kultivierten Zellen auf den bloßen Muskeln. „So soll es sein", erklärt Goldfarb seinen Studenten, „rosa-grau" und fügt hinzu: „Das sieht vielversprechend aus." Nur Hände und Füße haben ihre ursprüngliche Form behalten, hängen aber wie Fremdkörper graublau am rohen Fleisch. „Die wird sie verlieren", sagt er sachlich und senkt den Kopf.

Einen Hauch von Hoffnung verbreitet der Besuch eines 21jährigen, der an diesem Tag zur Nachuntersuchung in die Klinik kommt. Er gilt vielen hier als „wandelndes Wunder". Seine Mutter erzählt stolz, wie sie dem damals 17jährigen zu 78 Prozent drittgradig Verbrannten Tag und Nacht zur Seite gestanden hat. „Mein Sohn ist wie ich, er hat einen starken Willen." Zweieinhalb Jahre lang mußte der Junge 23 Stunden am Tag eine Gesichtsmaske tragen, die Leute starrten ihn an wie einen Außerirdischen. Heute hat er zu leben gelernt mit den Narben, mit den verkrüppelten Füßen und Händen. Aber am Ende des Besuches sagt der College-Student:

»Irgendwann wird



sie uns vielleicht hassen«

Erster Schultag nach Verlassen der Klinik: Die Stunde der Wahrheit schlägt Brandopfern, wenn sie mit einer Welt zusammenprallen, die ihre Entstellungen nicht sehen will – oder zum Gegenstand böser Neugier macht. Ärzte und Sozialarbeiter der Pittsburgher Burn Unit haben das Programm »Back to School« entwickelt, weil sie finden, daß ihre Aufgabe nicht mit der Entlassung von Patienten endet. Aus diesem Grunde organisieren sie auch jährliche Sommerlager

„Wenn ich noch einmal so verbrannt sein sollte, laßt mich bitte sterben."

Am nächsten Tag hat sich Mystics Zustand dramatisch verschlechtert. „Fruchtgummi" entfährt es Goldfarb bei der Visite: Der süßliche Geruch sagt ihm, daß neben vielen anderen nun auch Pseudomonas-Bakterien den schutzlosen Körper befallen haben. „Ich weiß nicht weiter", gesteht er seinen Studenten. „Das einzige, was ich sicher weiß: Die Bakterien töten die Kulturzellen."

Am Freitag, als Slater das über und über infizierte, unter Morphium dahindämmernde Kind ausgewickelt sieht, packt ihn der Zorn: „Wir verschwenden doch unsere Zeit." Die Produkte der Firma in Cambridge reichten für solche Fälle nicht hin. Dennoch beschließt er, es damit noch einmal zu versuchen – die nächste Charge Zellen wächst ja bereits in den Brutschränken von BioSurface. Die Regieanweisung an die Pflegerinnen – „reinigen" – bedeutet: Sie werden Mystic mit einer scharfen Chlorlösung abreiben und wieder einwickeln. Slater: „Verzweifelte Situationen verlangen verzweifelte Maßnahmen."

Niederlage: Acht Stunden lang operierte das Pittsburgher Team einen zu 85 Prozent verbrannten Mann - dann starb der 78jährige auf dem Operationstisch. Erschöpfung und Enttäuschung mischen sich in solchen Fällen mit Zweifeln, ob es richtig war, so weit zu gehen

Bis zum Mittwoch, dem 26. Juni, bleibt Mystics Zustand „stabil". Niemand sagt ihr, daß dieser Tag ihr Geburtstag ist. Sie könnte sich, so die abergläubische Mutter, ausrechnen, wie lange sie schon hier liegt – und an Kraft verlieren. Zehn Jahre ist sie geworden, nach der Faustformel zu 101 Prozent dem Tod geweiht.

Dennoch wird am nächsten Tag ein weiterer Versuch unternommen, ihr Leben zu retten – beziehungsweise das Experiment mit der neuen Technik fortzusetzen. Slater und Goldfarb wollten die Mutter noch fragen, ob sie die Hände amputieren dürfen, haben es dann aber nicht übers Herz gebracht. „Wir müssen den Wald sehen", sagt Harvey Slater, „und uns nicht durch einzelne Bäume ablenken lassen." Die Hände würden ohnehin bald abfallen, und für eine „Autoamputation" brauche niemand eine Genehmigung.

Vor der Operation versuchen Pam Fields und ihr geschiedener Mann dem Kind Mut zuzusprechen. Sie werde ja nur zum Fotografieren gefahren, erfindet die Mutter. Sie brauche keine Angst zu haben. Es werde alles gut. „We love you, Mystic." Die Kleine nickt nur matt, Tränen sickern aus den aufgerissenen Augen. Als sie in den Operationsraum gefahren wird, fragt die Schwester: „Bist du o.k.?" Kopfschütteln. „Hast du Angst." Schüchternes Nicken.

Als er sein „Werk" da liegen sieht, sagt William Goldfarb: „Gott hat eine seltsame Art von Humor." Dann macht er sich an die Arbeit: „Letzter Versuch mit den Epithelzellen." Die ehemalige Krankenschwester und jetzige Verkaufsmanagerin von BioSurface, Kate McCutchan, ist mit 101 Petrischalen in Kühlboxen aus Bosten eingeflogen. In jeder Schale liegt ein quadratisches Tüchlein mit Mystics Zellen aus der Kultur.

Als die körperweite Wunde ordentlich gesäubert ist, beginnt die Prozedur: Lage für Lage übertragen die Chirurgen die kultivierten Epithelzellen auf die Blößen. Die Technikerin aus Cambridge läuft herum und gibt Anweisungen. Sie bringt die neue Methode, sie bringt das Know-how – und degradiert den Arzt zum Ausführenden.

Wenn ein Überlebenskampf für die Firmenwerbung wichtig ist

Goldfarb arbeitet wie ein Versessener. Einmal murmelt er: „Was mache ich hier nur?" Ein andermal flüchtet er sich in Philosophisches: „Es gibt immer mehr Fragen als Antworten." Später erklärt er seinen Studenten: „Wenn diese Zellen wachsen, wird sie leben." Ob er an seine kleine Tochter denken kann, als er den rasierten Kopf Mystics fest in der Hand hält, um mit dem Elektrohobel Hautstücke zu gewinnen? „Sie behandeln sich doch selber", hat ihm vor kurzem ein angehender Arzt vor den Kopf gesagt. Und er hat nicht widersprochen.

Mystics Kopf blutet heftig. Insgesamt verliert sie wieder fast einen Liter Blut. Der letzte Rest heiler Haut an ihrem Körper ist einem Versuch zum Opfer gefallen – dem Versuch, die Überlebenschance durch zusätzliche Eigenhauttransplantationen zu erhöhen. Die Firmenvertreterin hat ihre Kamera ausgepackt. Für das Mädchen auf dem Tisch interessiert sie sich nicht, sondern für „Resultate". Sie läuft um das Kind herum und lichtet es von allen Seiten ab. Wenn die Kleine überlebt, kommen die Bilder in den neuen Prospekt.

Dreieinhalb Stunden hat Mystic Fields unter Narkose gelegen. 1000 Quadratzentimeter Eigenhauttransplantate und 2500 Quadratzentimeter Zellkulturen hat man mit einem Klammergerät auf ihr Fleisch geheftet. Das „Material" von BioSurface allein für diese eine Operation hat 35 000 Dollar gekostet. Die Gesamtkosten für Mystics Behandlung, schätzt Harvey Slater, könnten am Ende leicht eine Million Dollar erreichen.

Als das Mädchen wieder in Zimmer 6227 geschoben wird, ist es hellwach. „Morgen", sagt die Mutter, „morgen bringe ich dir ein Foto von einem Pferd. Bist du traurig?" Nicken. „Das ist ganz o.k., traurig zu sein. Jeder darf das. Möchtest du schlafen?" Nicken. „Dann geben wir dir Morphium." Kopfschütteln. Stolz schauen die Eltern einander an. Der Vater, einer, der mit T-Shirt und Schirmmütze geboren zu sein scheint, will ihren Kopf streicheln. Doch der ist eingewickelt in Weiß. Als der Mann die linke Hand Mystics ergreift, um sie in seine große Rechte zu legen, kräuseln sich die rosigen Lippen im durchtränkten Mull – fast sieht es so aus, als lächelte das Kind.

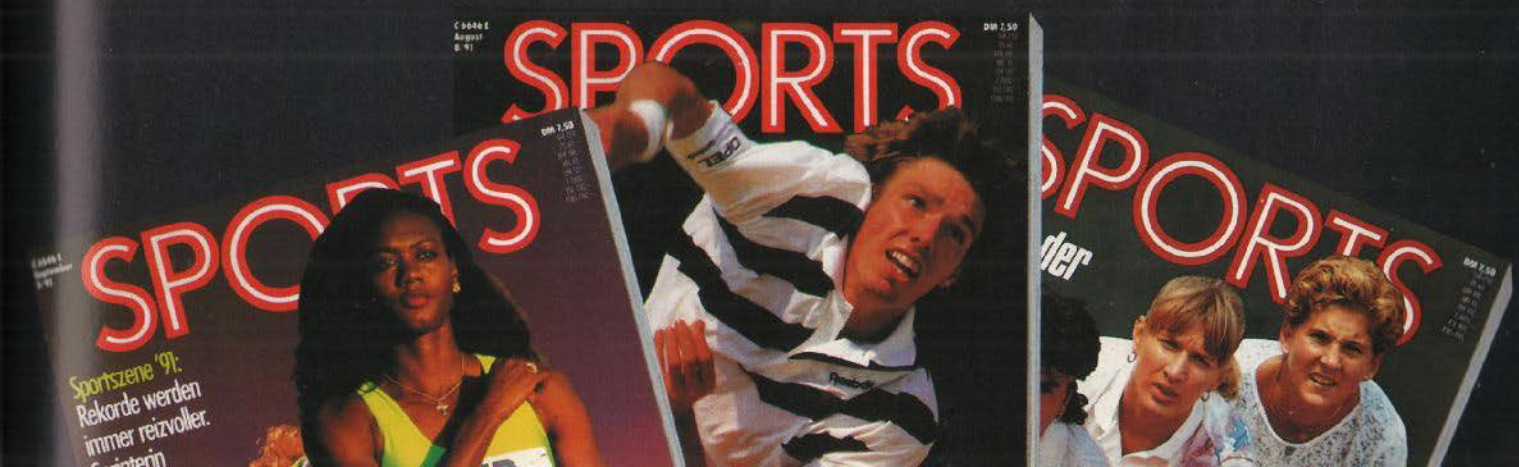
*

Mystic Eve Fields ist am 1. Juli 1991 gestorben. Die Hautverpflanzungen waren im großen und ganzen sauber. Sie starb an Herzversagen und überwältigender Sepsis. In der gleichen Woche erlag auch der in dieser Geschichte Timothy Fox genannte Golfplatzarbeiter seinen Verletzungen. □

Ein halbes Jahr lang recherchierte **Lynn Johnson** von der New Yorker Foto-Agentur Black Star in der »Burn Unit« des West Penn Hospitals. Die in Pittsburgh lebende Fotografin will mit ihren Fotos eine Kampagne gegen Leichtsinn im Umgang mit Feuer unterstützen. GEO-Wissen-Reporter **Dr. Jürgen Neffe**, Mitglied der Hamburger Autoren-Gemeinschaft „Signum", hat das vorliegende Heft geplant und redaktionell betreut.

Lieber Geo-Leser, es gibt eine Zeitschrift, die nicht nur für den Kopf gut ist, sondern auch für den Körper: SPORTS.

In SPORTS lesen Sie jeden Monat das Neueste vom Sport – und wie Sie davon profitieren können.



Die Invasion der Keime

VON HANS HALTMEIER

Wer nicht gesund ist, der lebt auch im Krankenhaus gefährlich. Von den rund 16 Millionen Menschen, die jährlich in Deutschland stationär behandelt werden, infizieren sich fast eine Million mit Keimen aus der Klinik. Offizielle Angaben über das Ausmaß dieser „nosokomialen" Infektionen gibt es indes nicht. Obwohl nach dem Bundesseuchengesetz bei „nicht nur vereinzelten" Fällen Meldepflicht besteht, ist die Meldedisziplin miserabel: In den vergangenen 20 Jahren ging nicht eine Meldung solch einer Klinikinfektion beim Bundesgesundheitsamt (BGA) in Berlin ein. Nach einer aktuellen Untersuchung von Klaus-Dieter Zastrow, Fachgebietsleiter am BGA-Institut für Sozialmedizin und Epidemiologie, ist jedoch jeder achte Kliniktote Opfer einer nosokomialen Infektion. Im Krankenhaus holen sich vermutlich mehr Menschen den Tod als im Straßenverkehr.

Die Hauptquelle der Klinikinfektionen ist der Mensch: vor allem Patienten, aber auch Ärzte und Pflegende. Denn Homo sapiens ist ein größtenteils unsteriles Wesen. Mycobakterien und Streptokokken, Staphylokokken, Propionibakterien und Pilze kriechen bis in die tiefsten Ritzen der Haut, kleben in feuchten Mulden und besiedeln schleimbesetzte Höhlen. Nährstoffreiche Absonderungen dienen Mikroben aller Art als fetter Nährboden. Diese natürliche Flora reicht bis tief in das Innere, kleidet die Atemwege und die Harnröhre, die Geschlechtsorgane und den Verdauungsapparat aus. Der Mikrobenteppich in den ökologischen Nischen des Körpers hält uns viele Krankheitserreger vom Leib – die pathogenen Keime werden einfach verdrängt.

Blinde Passagiere dringen über Sonden in den Körper

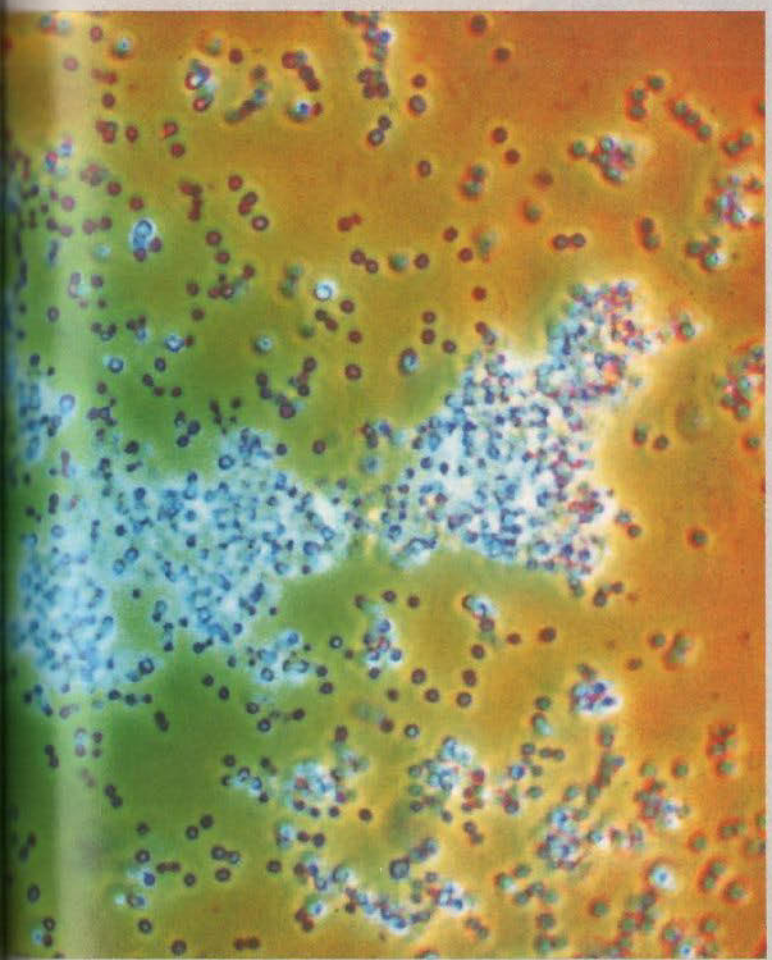
Zwischen „harmlosen" Mitbewohnern leben jedoch auch solche, die uns erst schaden, wenn wir schwach sind: die „fakultativ pathogenen Keime". Dringen sie über Wunden oder als blinde Passagiere an Sonden oder Kathetern, über Tuben oder Endoskope von der Oberfläche in das Innere des Körpers vor, können sie eine „endogene Infektion" auslösen.

Der mit Abstand häufigste Entzündungsort ist die Harnleiterröhre. Aber auch eitrige Wunden oder Lungenentzündungen können entstehen, wenn Darm-, Rachen- oder Hautkeime die natürlichen Barrieren überwinden, die sich der bakteriellen Invasion entgegenstellen. Besondere Gefahr droht Patienten auf Intensivstationen: Wenige Stunden nach einer schweren Operation oder einer Verletzung kann das Abwehrsystem Schaden nehmen. So verlieren etwa die Schleimhäute ihre Schutzschicht, die beim Gesunden als eine Art Mikroben-Mauer dient.

Wenn Patienten plötzlich hohes Fieber befällt oder die Körpertemperatur gefährlich nach unten geht, wenn der Puls zu rasen beginnt und der Sauerstoffgehalt des Blutes sinkt, haben vermutlich Mikroben zum Sturm auf den gesamten Organismus angesetzt. Dabei lenken nicht immer die lebenden Keime den Generalangriff – oft überschwemmen ihre giftigen Ausscheidungen (Exotoxine) oder Teile ihrer toten Hüllen, die „Endotoxine", das Blut. Sie können eine Kette von biochemischen Reaktionen anstoßen, die das „septische Syndrom" auslösen. Ohne den Erreger oder seine Quelle genau zu kennen, müssen Ärzte dann oft zusehen, wie beim Patienten ein Körpersystem nach dem anderen angegriffen wird: Er wird geistig verwirrt, leidet unter Sauerstoffmangel, seine Ausscheidung und die Blutgerinnung versagen.

In diesem Stadium einer lebensgefährlichen Blutvergiftung laufen Blutzellen regelrecht Amok: Sie schütten wahllos Signalstoffe aus, die den Organismus in ein Chaos führen. Die Mikrozirkulation in den feinen Blutkapillaren gerät ins Stocken, die Sauerstoffzufuhr bricht zusammen, und der Zellstoffwechsel entgleist. Im „septischen Schock" läßt die Herzkraft nach, und der Kranke verliert so viel Flüssigkeit aus dem Blut, daß trotz Infusionen der Blutdruck ständig fällt. Selbst wenn Maschinen einige der Organfunktionen vorübergehend übernehmen, kann sich die Krankheit von nun an – unabhängig von der ursprünglichen Infektion – weiter verschlimmern. Viele der Patienten erliegen schließlich einem Multiorganversagen.

Rund 40 Prozent der Menschen, die einen septischen Schock erleiden, sterben – oft binnen Stunden. Die Blutvergiftung in ihrem Endstadium ist in Europa – nach Aids – die Infektionskrankheit mit der geringsten Überlebenschance. Um die verhängnisvolle Reaktionskette zu durchbrechen, testen Forscher ein Verfahren, bei dem körpereigene Abwehrstoffe injiziert werden: Diese monoklonalen Antikörper sollen beispielsweise das Bakterientoxin gezielt blockieren.



Hospitalismus nennen Fachleute das Phänomen der Krankenhaus-Infektionen. Zum Beispiel Staphylokokken, die mittlerweile viele Resistenzen gegen Antibiotika entwickelt haben, schaffen große Probleme. Diese Hautbakterien können etwa über Kunststoff-Katheter in die Blutbahn gelangen und eine lebensbedrohende Entzündung hervorrufen

Steril verpacktes Einwegmaterial aus Kunststoff hat die Infektionsgefahr bei medizinischen Eingriffen verringert. Der Vorstoß der Polymer-Chemie ins Innere des Körpers hat jedoch eine neue Variante nosokomialer Infektionen hervorgebracht: die „Plastikinfektion". Auf Venenkathetern, Dialyseschläuchen oder künstlichen Herzklappen finden besonders Staphylokokken einen guten Halt. Sobald diese Hautbakterien an Kunststoffteilen in den Körper gelangt sind, wachsen sie zu mehrschichtigen Mikrokolonien aus und hüllen sich in eine schleimige Masse. Antibakterielle Medikamente prallen daran ab; zusätzlich legen Bestandteile der Schleimkapsel die Immunabwehr lahm. Meist gibt es dann nur eine Rettung: den Kunststoff, an dem die Keime kleben, wieder zu entfernen.

Ist eine Infektion ausgebrochen, folgt meist der Griff zum Medikamentenschrank: Antibiotika gelten als Notbremse, den infizierten Patienten vor einer lebensgefährlichen Sepsis zu bewahren. Ihren Ruf als Wunderwaffe haben die Mikrobenkiller allerdings eingebüßt. In dem halben Jahrhundert seit Isolierung des Penicillins aus einem Schimmelpilz haben vor allem Bakterien ihre Widerstandskraft gegen die chemischen Keulen fortwährend verstärkt. Zufällige Veränderungen im Erbgut einzelner Mikroben bewirken, daß diese beispielsweise den Wirkstoff zerstören. Den genetischen Bauplan der neuen Abwehrwaffen können die Kleinstlebewesen untereinander austauschen und an ihre Nachkommen weitergeben. Auf diese Weise haben viele Bakterien mittlerweile ein Arsenal von Resistenzen angesammelt. Australische Forscher berichteten kürzlich von Staphylokokken, die mittlerweile gegen 20 verschiedene Antibiotika und Desinfektionsmittel gefeit sind.

Die Suche nach neuen antibakteriellen Arzneien ist ein Wettlauf gegen die Zeit. Eine medikamentöse Strategie im Kampf gegen Klinikinfektionen, die „selektive Flora-Suppression", stößt deshalb auf Kritik: Die Methode soll endogene Infektionen verhindern, bei denen der Patient an Keimen aus dem eigenen Verdauungstrakt erkrankt. Dabei tötet eine Kombination aus hochdosierten Antibiotika und einem Anti-Pilz-Wirkstoff potentielle Krankheitserreger in Mund, Rachen und Darm ab – schon bevor eine Ansteckung stattgefunden hat. Studien konnten zeigen, daß die vorbeugende „Darm-Dekontamination" zwar Infektionen der Harn- und Atemwege in der Intensivmedizin zum Teil zurückdrängt. Viele Kliniker kritisieren den breiten Einsatz der pilz- und keimtötenden Mittel: Zu groß sei die Gefahr, wieder resistente Bakterien zu erzeugen und im Wettrüsten zwischen Mensch und Mikrobe noch mehr ins Hintertreffen zu geraten.

Hygieneunterricht ist bei Medizinern nicht sehr beliebt

Was auch immer erreicht worden ist: Seit 20 Jahren hält sich die Infektionsrate an deutschen Kliniken nahezu auf konstantem Niveau. Der Epidemiologe Klaus-Dieter Zastrow meint, daß sich bis zu 50 Prozent der Fälle vermeiden ließen. Doch die Tendenz sei eher steigend, denn:

- Mediziner wagen sich an zunehmend komplizierte Eingriffe und „invasive Techniken", durch die Keime unbemerkt ins Innere des Körpers dringen können.
- Die Bereitschaft nimmt zu, auch bei älteren Patienten, deren Abwehrkräfte ohnehin geschwächt sind, große Operationen durchzuführen. Das Risiko, sich bei einem Aufenthalt in der Klinik zu infizieren, steigt vom 65. Lebensjahr an deutlich.
- Schließlich bescheinigt der BGA-Experte dem medizinischen Personal nur ungenügendes Hygienewissen. Als wichtigsten Schritt fordert er einen Hygieniker für jedes Hospital mit mehr als 450 Betten. Aber Nachhilfestunden in Hygiene stoßen bei einigen Medizinern auf wenig Gegenliebe. Das Thema ist nicht selten verpönt. Und welche Pflegekraft bringt wohl den Mut auf und sagt: „So, Herr Chefarzt, bevor Sie zum nächsten Patienten gehen, desinfizieren Sie sich erst einmal Ihre Hände!" □

Der Wissenschaftsjournalist und Molekularbiologe **Dr. Hans Haltmeier**, 31, lebt in München.

Kontroversen um Nutzen und Schaden kennzeichnen die Geschichte der Medizintechnik. Kein Wunder, daß ausgerechnet in

Als die Technik heilen lernte

VON FRANZ MECHSNER

Unter allen medizinischen Meßinstrumenten zählt das Fieberthermometer gewiß zu den bekanntesten und verbreitetsten. Daher mag es befremdlich erscheinen, daß selbst dieses diagnostische Allerweltsgerät tiefgreifende Auseinandersetzungen auslöste, bevor es ins ärztliche Standard-Instrumentarium übernommen wurde: Auf die feinfühlige Intuition des erfahrenen Arztes setzende, der Kraft ihrer Sinne vertrauende Heilkundige versuchten, sich der „objektiven" Messung per Apparat in den Weg zu stellen.

„Der Arzt", riet 1791 der Franzose de Grimaud seinen Kollegen, „muß sich vor allem bemühen, in der Fieberhitze Qualitäten zu unterscheiden, die nur von einem sehr geübten Spürsinn wahrgenommen werden können." Das bereits zu Anfang des 18. Jahrhunderts von Daniel Gabriel Fahrenheit entwickelte Thermometer lehnte er schlichtweg ab. Damit lasse sich „die beißende und irritierende Qualität der Fieberhitze" ohnehin nicht feststellen, sondern allein die Temperatur – und deren genauer Wert sei das Unwichtigste am Fieber.

Dem neuen Instrument weniger abgeneigte Mediziner schätzten dagegen gerade die Möglichkeit, die Körpertemperatur ihrer Patienten endlich objektiv und mit vorher nie erreichter Genauigkeit feststellen zu können. Diagnostische Geräte waren bis weit in die Neuzeit selten, die Ärzte mußten sich auf ihren eigenen „geübten Spürsinn" verlassen, und auf die Erzählungen der Kranken – etwa über Hitze- und Kältegefühle. Nun brachte das unbestechliche Instrument an den Tag, daß diese Erzählungen unzuverlässig waren, daß selbst unter inneren Frostschauern Zitternde in Wirklichkeit hohes Fieber haben konnten. Die heute nicht wegzudenkende systematische Fiebermessung führte der Holländer Anton de Haen schon bald nach der Erfindung des Gerätes in seiner Klinik ein – ganz im Sinne der damals stärker werdenden Tendenz zu einer „objektiven" und schließlich naturwissenschaftlichen Heilkunde.

Das Für und Wider um die Fiebermessung zeigt, wie verfehlt es wäre, die Geschichte der Medizintechnik schlicht als stetige Erweiterung und Verbesserung der ärztlichen Möglichkeiten zu begreifen: Die Entwicklung von der vorzeitlichen Beinschiene zur modernen High-Tech-Klinikburg ist – wie die Geschichte der Technik schlechthin – gekennzeichnet von Kontroversen um Nutzen und Schaden, von Erneuerern und Bewahrern, von Angst und Hurra. Sie ging einher mit krisenhaften geistigen Umwälzungen, die das medizinische Weltbild, das Erleben von Krankheit und Gesundheit, den ärztlichen Beruf sowie die Beziehung zwischen Arzt und Patient grundlegend veränderten. Stichworte dieser mitunter von heftigen Kämpfen begleiteten Revolution: Objektivierung, Versachlichung, Verwissenschaftlichung.

Die Römer reparierten bereits zerstörte Nasen

Das medizinische Instrumentarium war bereits in der Antike recht differenziert. So beschreibt Hippokrates, der berühmte Arzt des klassischen Griechenland, eine Vielzahl von Gerüsten und Maschinen zur Einrichtung von Brüchen und Verrenkungen, darunter beispielsweise einen Apparat, der über Riemenzüge und Gewichte einen gebrochenen Arm streckte und gleichzeitig ruhigstellte.

Vielfältig war das chirurgische Arsenal, und zur Inspektion des Darmausganges – griechische Ärzte operierten Afterfisteln und Hämorrhoiden – benutzte Hippokrates bereits ein Proktoskop. In der 79 n. Chr. durch einen Ausbruch des Vesuv verschütteten Stadt Pompeji fanden Archäologen nicht weniger als 199 unterschiedliche Operationsgeräte. Römische Ärzte stachen den Augenstar und operierten, nach den Forderungen des zeitgenössischen Celsus, „ohne auf Schmerzensschreie zu hören,

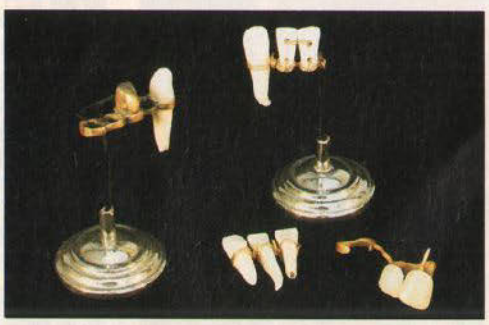
Der Arzt Japyx entfernt eine Pfeilspitze aus dem Schenkel des Aeneas. Fresko aus Pompeji (um 100)

Wundversorgung im antiken Griechenland (um 500 v. Chr.)

Chirurgische Instrumente in einer arabischen Handschrift (um 1500)

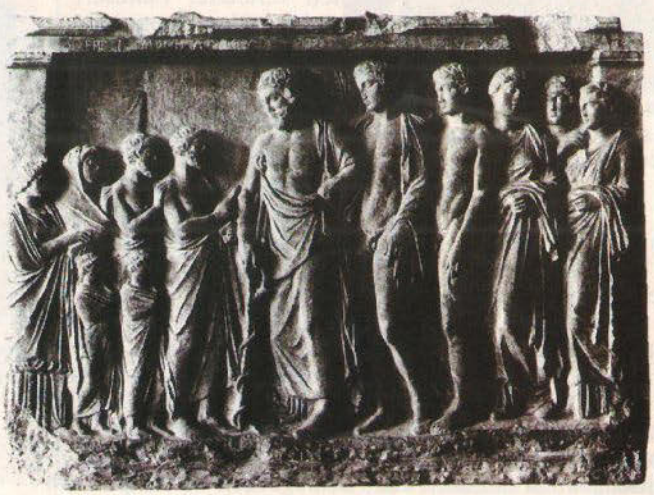
Akupunktur-Karte aus dem alten China

Persisches Werk über Chirurgie aus dem 12. Jahrhundert, türkische Übersetzung (um 1450)



Etruskischer Zahn-Ersatz mit Golddraht (um 600 v. Chr.)

Werkzeuge römischer Ärzte aus dem ersten Jahrhundert



Menschen (links) erbitten Hilfe von der göttlichen Familie des Asklepios, des griechischen Gottes der Heilkunst (um 300 v. Chr.)

ruhig und überlegt". Sie wagten verschiedene Baucheingriffe und stellten sogar zerstörte Nasen mit Hilfe von transplantiertem Eigengewebe wieder her.

Die ärztliche Kunst des Ostens stand jener der Mittelmeerkulturen in nichts nach: So entfernte der legendäre indische Chirurg Susruta im fünften Jahrhundert nach Christus Mandeln, indem er sie zunächst mit einer gezahnten Zange beiseiteschob und dann mit einem Rundmesser herausschälte. Er soll Spritzen und Sonden, Skalpelle und einen Rektalspiegel benutzt haben. Er wußte Darmnähte anzulegen und war offenbar ein Meister der plastischen Chirurgie. Derweil vervollkommneten chinesische Mediziner den Gebrauch eines simplen Werkzeugs, von dessen Möglichkeiten der Westen bis in unsere Zeit hinein nichts ahnte: der Akupunkturnadel, in China bekannt seit etwa 2500 vor Christus.

Die Schußwaffen lösten einen technischen Schub aus

Auf vielen Wegen, unter anderem über Arabien, lernte im Mittelalter auch das christliche Abendland eine Fülle medizinischer Geräte kennen. Doch hielten die gelehrten, nur theoretisch geschulten Doktoren in dieser Zeit die Behandlung mit Instrumenten und Apparaten für Tätigkeiten unter ihrer Würde: Sie verachteten die handwerkliche Seite der ärztlichen Kunst und überließen nicht nur das Zur-Ader-Lassen, das Verabreichen des Klistieres und das Schröpfen, sondern auch das Operieren und Gliedereinrenken den zu Ärzten zweiter Klasse abgewerteten Chirurgen, den Barbieren und Feldschern.

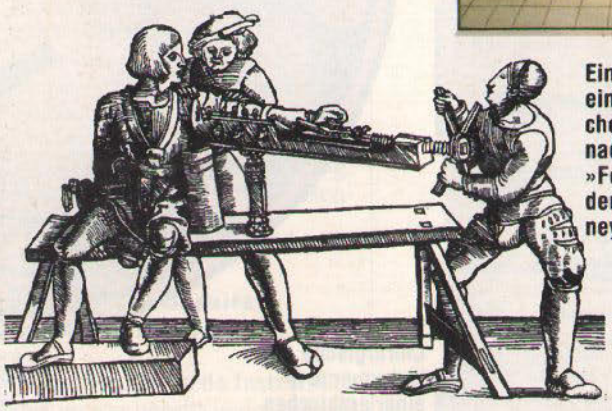
Da diese, wie der französische Medizinprofessor Guy Patin sie im 17. Jahrhundert nannte, „rasiermesserschwingenden Spitzbuben" somit – in Europa – die einzigen „praktischen" Ärzte der Epoche waren, ist es kein Wunder, daß therapeutische Fortschritte der mittelalterlichen Medizin weit häufiger aus ihren Kreisen kamen als aus jenen der theoretisierenden Universitätsdoktoren. Ein Beispiel: Ein unbekannt gebliebener Heilpraktiker des 15. Jahrhunderts verbesserte die Harnsteinoperation, indem er ein Skalpell mit Hilfe eines Leitkatheters in die Blase einführte. Ein unbekannter mittelalterlicher Handwerker war es auch, der schon Ende des 13. Jahrhunderts die Brille erfunden hatte, jenen „Segen für arme Greise", den die Gelehrten erst einmal ablehnten, da er die Wahrnehmung verfälsche.

Ausgerechnet die im ausgehenden Mittelalter erfundenen und schnell „verbesserten" Schußwaffen lösten einen weiteren technischen Schub aus. Sie wirkten so zerstörerisch, daß im Krieg verletzte Gliedmaßen oft nur noch amputiert werden konnten. Zwar kein Ersatz, aber doch besser als nichts war für die wenigen Soldaten, die diese brutale Prozedur überlebten, die mehr oder weniger kunstvolle Prothese. Einer der Meister im Austüfteln neuartiger künstlicher Glieder, der französische Chirurg Ambroise Paré (1510–1590), erfand beispielsweise eine Hand mit ausgeklügelter Mechanik zum Bewegen der Finger.

Paré, der als „Vater der modernen Chirurgie" gilt, hat nie eine Universität besucht: Im Jahre 1536 als Barbier zugelassen, „geeignet und ausreichend zum Heilen von Furunkeln, Karbunkeln, Beulen und Geschwüren", verbrachte er einen großen Teil seiner schließlich glänzenden Karriere mit dem Verarzten verletzter Landser, mit dem Amputieren zerschossener Soldatenbeine. Eine seiner Großtaten bestand nicht in der Erfindung, sondern in der Abschaffung einer medizinischen Technik: Seit den Tagen der alten Ägypter galt das glühende Brenneisen als das geeignete Instrument zum Verschließen von stark blutenden Wunden. Paré setzte dieser Quälerei, die zu fürchterlichen Wundgeschwüren führte und außerdem die Blutung keineswegs sicher stillte, ein Ende: Mit einer speziellen „Rabenschnabel-Zange" gelang es ihm, Schlagadern in Amputa-

Schädelöffnung im Europa des 14. Jahrhunderts

Arzt untersucht eine Harnprobe (Frankreich, um 1450)



Einrichten eines gebrochenen Armes nach dem »Feldtbuch der Wundartzney« (1517)

Beinamputation mit Knochensäge (1517)

Französisches Hospital (Holzschnitt, um 1450)

Die eiserne Hand Götz von Berlichingens (1480-1562)

tionsstümpfen zu fassen und abzubinden.

Noch im 17. Jahrhundert hielt der gewöhnliche gelehrte Arzt sich von solchen handwerklichen Niederungen fern. Selbst seine Diagnosen pflegte er ohne jedes Instrument, ja – bis auf das Pulsfühlen – meist ohne jede Berührung zu stellen. Arzt und Patient mußten einander nicht einmal unbedingt begegnen: Diagnosen und Verordnungen per Korrespondenz waren durchaus üblich. Fahrlässig und unverantwortlich? Aus der Sicht damaliger Ärzte keineswegs. Denn die meisten von ihnen verstanden Krankheit in der hippokratischen Tradition der „Humoralpathologie" vor allem als ein Ungleichgewicht von „Säften", als eine Beeinträchtigung des ganzen Menschen, deren Natur sich durchaus in Gesprächen und an äußeren Zeichen ergründen ließ. Die Folge: Den Medizinern der damaligen Zeit fehlte das heute so selbstverständliche Interesse für das Innere ihrer Patienten und damit jeder Bedarf an entsprechenden Diagnoseapparaten.

Ein simples Holzinstrument leitete die Wende ein

Manche Ärzte waren jedoch längst mißtrauisch gegen diese Denkweise, denn aus den üblicher werdenden Autopsien Verstorbener wurde immer deutlicher, wie stark Krankheiten innere Organe zerstören können. War es da nicht konsequent, die Säfte Säfte sein zu lassen und vor allem das jeweils beschädigte Organ als „Sitz" der jeweiligen Krankheit anzunehmen? Im Gegensatz zu den traditionellen „Humoralpathologen" hätten die stärker „organpathologisch" denkenden Ärzte natürlich gern die Organe ihrer Patienten in Aktion beobachtet und beurteilt, galten ihnen äußere Zeichen doch als vieldeutig und irreführend. Aber wie sollten sie in den Körper hineinschauen ohne ihn aufzuschneiden? Zumindest als Therapeuten kamen sie stets zu spät, mußten sie doch den Tod des Patienten abwarten, um

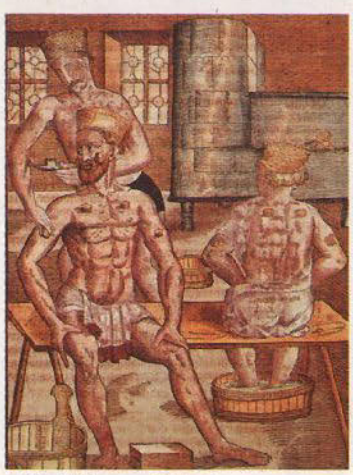
Als Chirurgen noch Ärzte zweiter Klasse waren

»Vater der Chirurgie«: der Barbier Ambroise Paré (1510–1590)

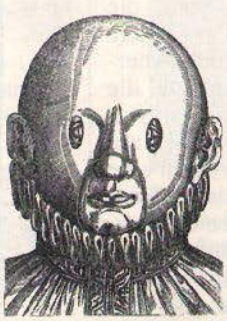
Fallsucht-Behandlung beim Dorfchirurgen: Es galt, unheilvolle Steine aus dem Kopf zu schneiden (um 1550)

Zahnreißen – nichts für studierte Ärzte (um 1650)

Die Ärzte Kosmas und Damian ersetzen ein Bein durch das eines verstorbenen Schwarzen (Gemälde, um 1550)



»Schröpffen und Köpflassen«: deutsche Handschrift aus dem 16. Jahrhundert



Maske zur Korrektur von »Schielaugen« (um 1550)

Als die Doktoren ihre Scheu vor dem Körper verloren

Wundarzt mit Instrumenten

»Doctor der Artzney« (17

den Sitz seiner Krankheit sicher festzustellen.

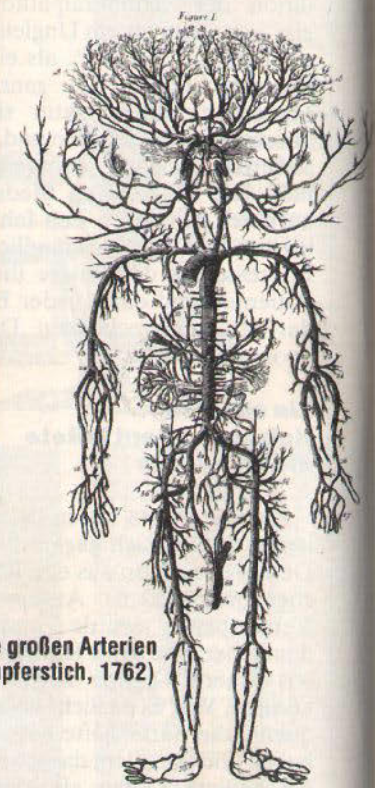
Es war ein simples Instrument aus Holz, dessen Erfindung erst im Jahre 1816 die Wende in dieser scheinbar aussichtslosen Situation einleitete: das Hörrohr des französischen Mediziners René-Théophile-Hyacinthe Laënnec. Der Gedanke, daß manche der aus der pathologischen Anatomie bekannten Organschäden – etwa ein Herzklappenfehler oder eine tuberkulöse Lunge – sich durch typische Geräusche verraten müßten, hatte ihn schon eine ganze Weile beschäftigt. Auf die entscheidende Idee brachte ihn schließlich sein Bedürfnis nach Abstand zum Oberkörper einer Patientin: Er rollte ein Stück Papier zu einem Rohr und hörte mit dessen Hilfe die Geräusche im Körper der Frau nicht nur lauter, sondern auch klarer und deutlicher als zuvor. In vielen Versuchen entwickelte er schließlich jenen Holztubus, mit dessen Hilfe er und andere Pioniere in der Folgezeit die Diagnose vor allem der Herz- und Lungenkrankheiten revolutionierten.

Mit dem Stethoskop näherten sich Ärzte auch höheren Töchtern

Der Siegeszug des Hörrohrs, das sich bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts allgemein durchgesetzt hatte, lenkte nun die ärztliche Aufmerksamkeit immer stärker auf die inneren Organe des Kranken, machte den diagnostischen Blick gewissermaßen dreidimensional und schürte so den Traum vom quasi bei lebendigem Leib sezierten „gläsernen Menschen".

Diese Wendung der Aufmerksamkeit von der Oberfläche in die Tiefe förderte auch in der breiten Ärzteschaft die Vorstellung, daß die Organe die eigentlichen Krankheitsherde seien. Sie überzeugte die Mediziner schließlich vom Nutzen körperlicher Untersuchungen. Jetzt war es nur noch eine Frage der Zeit, daß sie auch mit anderen Instrumenten das Körperinnere zu erforschen begannen: Die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts erlebte eine Re-

Anatomie-Übung an der Leiche (um 1700)



Die großen Arterien (Kupferstich, 1762)

Das Klistier (1770)

Der Aderlaß (um 1660)

naissance der bereits in der Antike bekannten Endoskopie, die Neuerfindung und Verbesserung von Proktoskopen, Vaginalspekula und urologischen Sonden mit Aufblasvorrichtungen und Beleuchtung, die Entwicklung des Kehlkopf- und des Augenspiegels.

Distanz und Intimität: Die neuen Untersuchungsgeräte und -techniken erzeugten ein Paradox in der Beziehung von Arzt und Patient. Einerseits machten sie die „irreführenden" Gefühle und Erzählungen des Kranken für die Diagnose immer unwichtiger und ermöglichten dem Arzt, wie ein Ingenieur nur noch den eigenen Beobachtungen an den schadhaften Organen der „Maschine Mensch" zu vertrauen. Andererseits aber wühlten diese so sachlichen Untersuchungsmethoden selbst heftige Gefühle auf: Zur Zeit Laënnecs verweigerten beispielsweise viele Frauen, sich mit dessen Erfindung abhorchen zu lassen.

Im Jahre 1929 entwickelte der englische Arzt Nicholas Comins das Stethoskop mit langem flexiblen Tubus, das auch die Untersuchung von „Frauen aus den höchsten Gesellschaftsschichten ohne Peinlichkeit" erlaubte.

Als der Gesangslehrer Manuel Garcia 1855 die Bewegungen seiner Stimmbänder mit einem Kehlkopfspiegel sichtbar machte, waren die Ärzte zwar fasziniert. Manche aber meinten, als Diagnose-Instrument sei der Spiegel nicht zu verwenden: Das Gerät ängstige den Patienten. Und: Die Faszination des Kehlkopfspiegels könne die Ärzte vergessen lassen, daß Kehlkopfschädigungen Effekte umfassenderer, nicht auf dieses Organ beschränkter Krankheiten sein können.

Heute sind Untersuchungen auch der intimsten Körperhöhlen, das Eindringen der Instrumente in die verborgensten Geheimnisse des Körpers Routine: Schamgefühle und Ängste, gar Scheu vor dem allzu dreisten Auskundschaften des verhüllten Körperinnern sind in der „sachlichen" Beziehung zwischen Arzt und Patient kaum noch ein Thema.

Wie tiefgreifend die Einführung der neuen Diagnose-Instrumente die damalige Medizin auch fachlich und institutionell veränderte, wird etwa am Beispiel des Augenspiegels deutlich, den der Berliner Physiologe und Physiker Hermann von Helmholtz im Jahre 1851 erfand: Der Hohlspiegel mit dem Loch in der Mitte bot die Möglichkeit, den Augenhintergrund zu betrachten, erlaubte die bessere Erforschung bekannter und die Entdeckung vieler bis dahin unbekannter Krankheiten des Sehorgans, führte zur Entwicklung zahlloser neuer Behandlungsmethoden und schließlich zur Etablierung der Augenheilkunde als selbständiges Fach – Indiz für die zunehmende Spezialisierung durch technischen Fortschritt.

Mit der Narkose kam die große Zeit der Chirurgen

In der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts begann sich die bis dahin recht gemächliche Entwicklung der Medizin und Medizintechnik erheblich zu beschleunigen: Einen Innovationsschub ohnegleichen erlebte die Chirurgie, als die Qual der Patienten während größerer Eingriffe und die Gefahr der tödlichen Wundinfektion endlich wirksam bekämpft werden konnten: Schon zwischen 1840 und 1850 führten Experimente mit Lachgas, Äther und Chloroform zu den ersten praktikablen Narkosemethoden, schließlich im Jahre 1887 zum ersten Narkose-Apparat mit Sauerstoffzufuhr.

Nichts förderte den Fortschritt jedoch mehr als die Einsicht in die Wichtigkeit der Antisepsis und Asepsis. Als infolge der bahnbrechenden Erkenntnisse des österreichischen Frauenarztes Ignaz Philipp Semmelweis die Desinfektion der Hände Routine wurde und sich wenig später auch das Sterilisieren des Operationsbestecks in kochendem Wasser durchsetzte, begann eine neue Epoche der einst verachteten Chirurgie: Die Meister des Skalpells wagten sich nun an große

René Laënnec, Erfinder des Stethoskops, im Spital (Paris, 1819)

Erste erfolgreiche öffentliche Äther-Narkose (Boston, USA, 1846)

Louis Pasteur (links) läßt 1885 einen Jungen gegen Tollwut impfen

Der Physiologe Hermann Helmholtz (1821-1894) und sein Augenspiegel

Karbol-Sprühgerät des Joseph Lister (19. Jahrhundert)

Brust-, Bauch- und Gehirnoperationen. Sie entwickelten eine innovative Phantasie, die sich nach und nach alle Möglichkeiten der Technik zunutze machte.

All diese mit Hilfe der pathologischen Anatomie und die in deren Gefolge entwickelten Diagnose- und Therapieverfahren haben, so bedeutend sie für die Praxis waren und sind, wenig über die Ursachen der Krankheiten verraten: So dümpelte etwa die chemische Labordiagnostik, für die moderne Medizin von zentraler Bedeutung, in der Mitte des vorigen Jahrhunderts noch mit kleinen Analysen wie Eiweiß- und Zukkerbestimmung im Harn oder Hämoglobindetektion im Blut vor sich hin. Und Ursachenforschung vermochte sie schon gar nicht zu leisten.

Die moderne Klinik ist gerade erst 100 Jahre alt

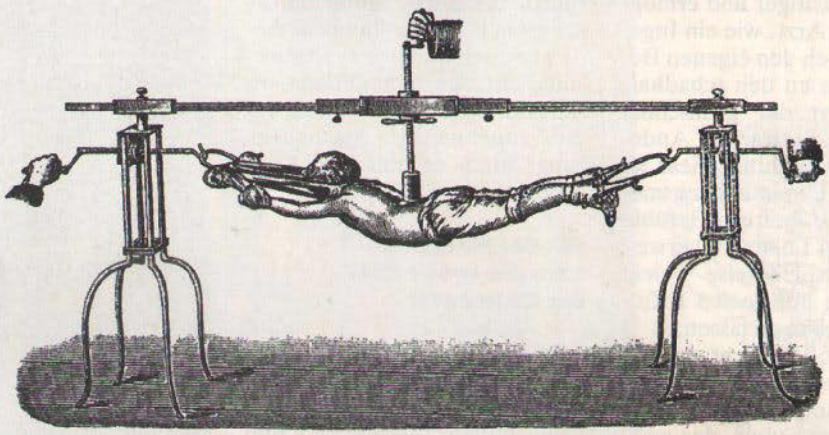
Es war die Verwendung des schon um 1600 erfundenen, jedoch erst im Laufe von Jahrhunderten verbesserten Mikroskops, die den ersten Durchbruch zur Erkenntnis der Krankheitsursachen brachte: Rudolf Virchows „Zellularpathologie" und die sensationellen Erfolge Louis Pasteurs und Robert Kochs bei der Erforschung von Krankheitserregern bedeuteten die entscheidende Wendung der Medizin hin zur Naturwissenschaft – und etablierten das Vergrößerungsinstrument als unentbehrliches klinisches Forschungs- und Diagnosegerät.

Am Ende des 19. Jahrhunderts war der geistige und institutionelle Kosmos, in dessen Rahmen sich die „Apparatemedizin" des 20. Jahrhunderts entfalten sollte, weitgehend vollendet: Die Heilkunst in der Tradition des Hippokrates hatte sich zur naturwissenschaftlich-technisch geprägten, mit der einst verachteten Chirurgie auf höherem Niveau „wiedervereinigten" Medizin gewandelt.

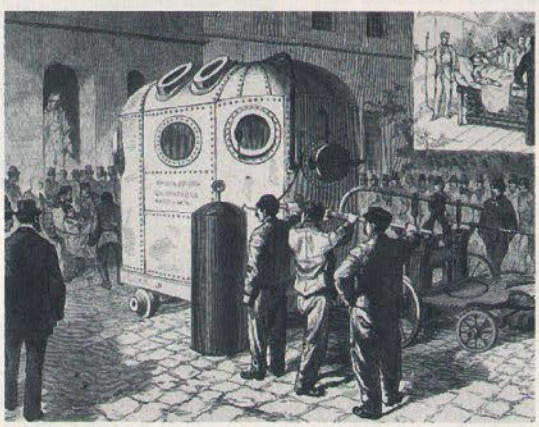
Hospitäler waren im Mittelalter schlicht Häuser für arme Kranke, Reiche ließen sich zu Hause vom Arzt besuchen. Am

Als aus Instrumenten Apparate wurden

Der Physiker Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) und eine seiner ersten Aufnahmen: die beringte Hand seiner Frau

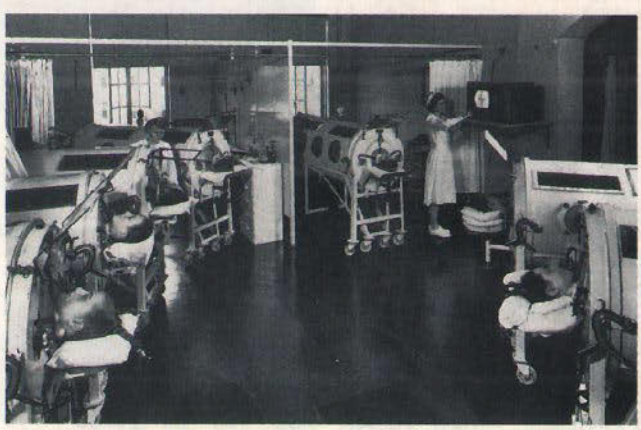


»Wirbelsäulenredresseur« zur Behandlung einer Rückgratdeformation (um 1900)



Fahrbare Druckkammer für Operationen am Brustkorb (Paris, 1880)

Prothesen für Kriegsversehrte (Frankreich, 1888)



Kinderklinik im amerikanischen Baltimore, 1948: Die an Kinderlähmung Erkrankten in den »eisernen Lungen« können mit Hilfe von Spiegeln fernsehen

Ende des 19. Jahrhunderts hatte sich die moderne Klinik herausgebildet – ein arbeitsteiliges Unternehmen, das dem Patienten all die neuartigen Diagnose- und Therapiemöglichkeiten auf engem Raume bieten konnte. Es eröffnete den forschenden Ärzten durch die Vielfalt des „Krankengutes", den Austausch mit Kollegen und die apparative Ausstattung Experimentierfelder, von denen sie in früherer Zeit nicht einmal träumen konnten.

Statt eines »Wonnerausches« nun die »Krise der Medizin«?

Doch so sehr die damalige Medizin „im Prinzip" bereits die unsere war – eine „Apparatemedizin" war sie allenfalls in Ansätzen: Deren sichtbarer Aufschwung begann erst um die Jahrhundertwende, eingeläutet durch Wilhelm Conrad Röntgens Entdeckung der „X-Strahlen" im Jahre 1895. Der Widerhall war ungeheuer. Innerhalb eines Jahres stellte praktisch jede Klinik, die es sich leisten konnte, ein Durchleuchtungsgerät auf. Ein regelrechter Kult entstand um den Apparat, der Skelett und schwabbelig bewegte innere Organe des Menschen auf so simple Weise als grünliches Bild sichtbar machen konnte: Es wurde geröntgt, was das Zeug hielt.

Die nächsten Erfindungen schürten die Apparategläubigkeit des faszinierten Publikums weiter. Elektrokardiographie (1903) und Elektroenzephalographie (1929) ermöglichten, über elektrische Spannungen die Aktivitäten von Herz und Gehirn fortlaufend aufzuzeichnen. Die Angiographie (1912) machte die Blutgefäße sichtbar, Herzkatheter (1929) und routinemäßig einsetzbare Blutdruckmesser verbesserten die Untersuchung von Herz-Kreislauf-Krankheiten.

Erfindung um Erfindung vermehrte das technische Arsenal der Ärzte. Doch abgesehen etwa von den Maschinen zur radioaktiven Bestrahlung von Krebspatienten, von der „eisernen Lunge" (1929) und von Geräten für die Chirurgie, dienten die neuen Apparate zunächst vor allem der Diagnose. Bedeutende, ja revolutionäre Therapiefortschritte brachten erst die dreißiger und vierziger Jahre mit der Einführung von hochwirksamen Mitteln gegen etliche bakterielle Infektionen – des ersten Sulfonamids (Prontosil 1935) und des ersten Antibiotikums (Penicillin 1943).

Doch all das war immer noch Vorgeplänkel verglichen mit dem überwältigenden Einzug der Technik in die Medizin nach dem Zweiten Weltkrieg. Der künstlichen Niere (1942) folgten Magenplastik (1951) und Herz-Lungen-Maschine (1953), der Hüftgelenksprothese aus Edelstahl und Kunststoff (1960) die künstliche Herzklappe (1961), schließlich gar das Kunstherz (1986). In ganz neue Dimensionen reicht der Blick in den Körper seit Einführung von Computer- (1977) und Magnetresonanz-Tomographie (1982).

Anästhesie, Chirurgie und Intensivmedizin sind ohne den in den letzten Jahrzehnten entwickelten Apparatepark kaum noch denkbar. Eine ausgeklügelte Technik mit sich im Körper zersetzenden Fäden und immer feineren Nadeln, mit Operationsmikroskopen und Lasergeräten ermöglicht heute mikrochirurgische Reparaturen selbst einzelner Gefäße und Nerven. Blasen- und miniaturisierte Herzschrittmacher werden routinemäßig eingesetzt. Spezielle Computerprogramme, sogenannte „Expertensysteme", unterstützen den Arzt bei der Diagnose.

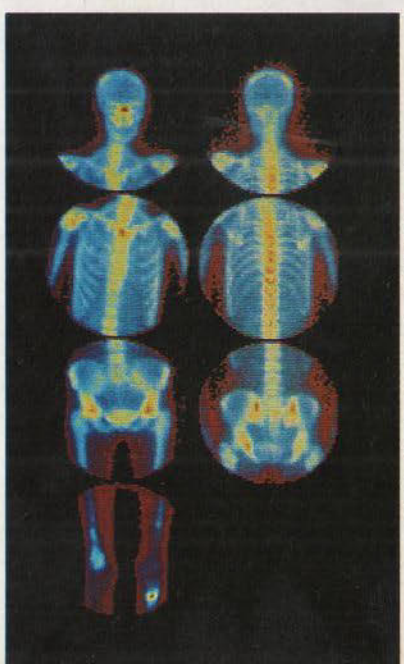
Bereits im späten 19. Jahrhundert wähnten viele Ärzte sich auf der Höhe eines neuen, durch Wissenschaft und Technik eröffneten Goldenen Zeitalters der Heilkunst: Der Medizinhistoriker Charles Lichtenthaeler spricht vom „Wonnerausch", der die Zunft erfaßte. Heute wäre zum Wonnerausch wahrlich weit mehr Anlaß – doch trotz oder wegen aller Fortschritte ist mehr und mehr von der „Krise der Medizin" die Rede. □

Der Biologe, Schriftsteller und Journalist **Franz Mechsner**, 38, ist Mitglied der Hamburger Autorengruppe „Signum". Er lebt in der Nähe von Göttingen.

Durch die Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine sind Eingriffe am offenen Herzen möglich geworden (Modell aus den fünfziger Jahren)

Ein 61jähriger Amerikaner erhielt 1982 »Jarvik-7«, das erste künstliche Herz

Der alltägliche Blick eines Radiologen: Röntgendiagnostik



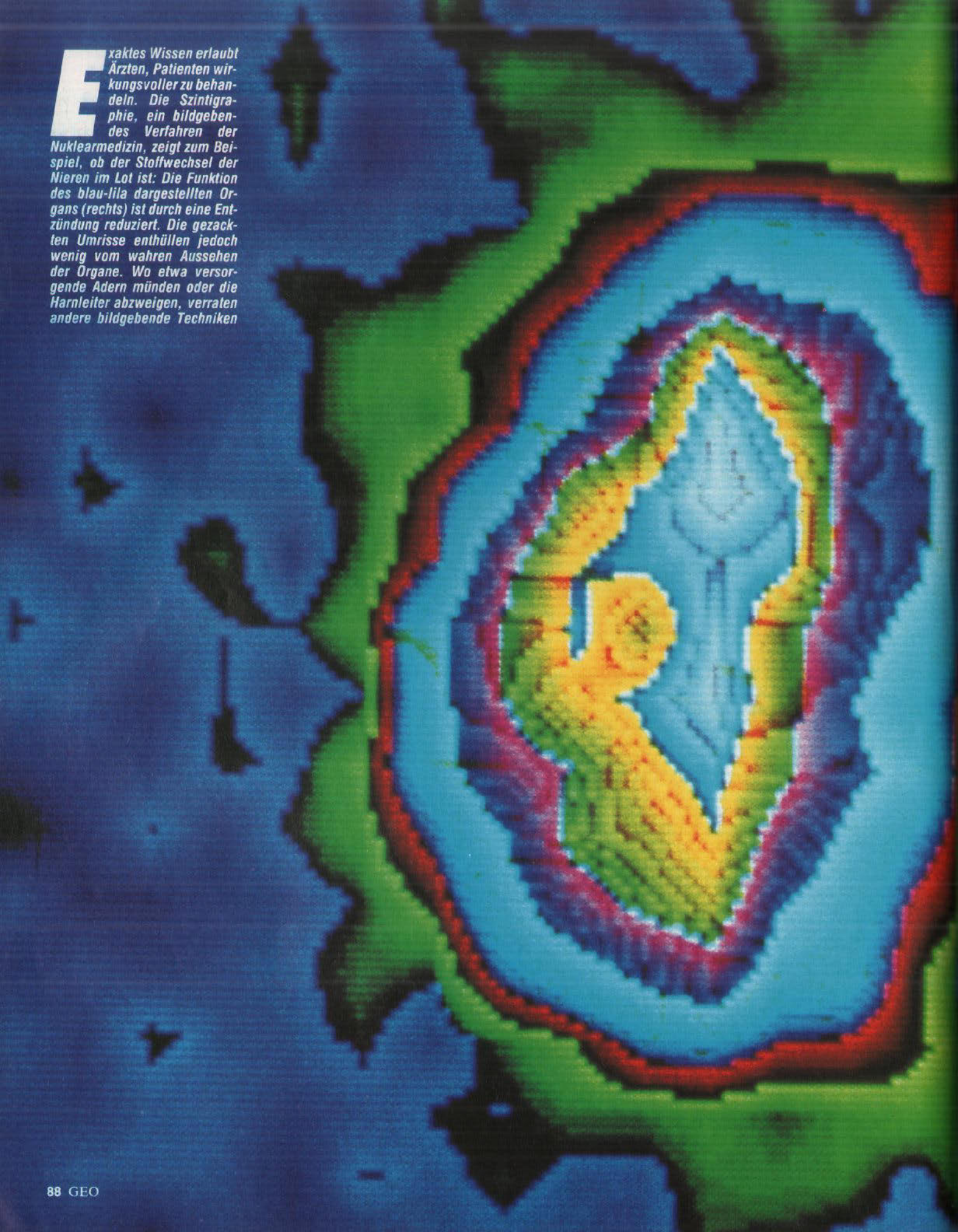
Tiefe Einblicke gewährt die Szintigraphie: Mit dem nuklearmedizinischen Verfahren kann zum Beispiel Knochenkrebs erkannt werden. Dem diagnostischen Durckblick folgt freilich gerade bei Tumoren oft therapeutische Ohnmacht

Laserstrahlen, die aufgeweitet wurden, zeichnen eine Zielscheibe auf den Kopf eines jungen Krebs-Patienten. In ihrem Zentrum sollen energiereiche Neutronen in den Schädel dringen und den Tumor zerstören

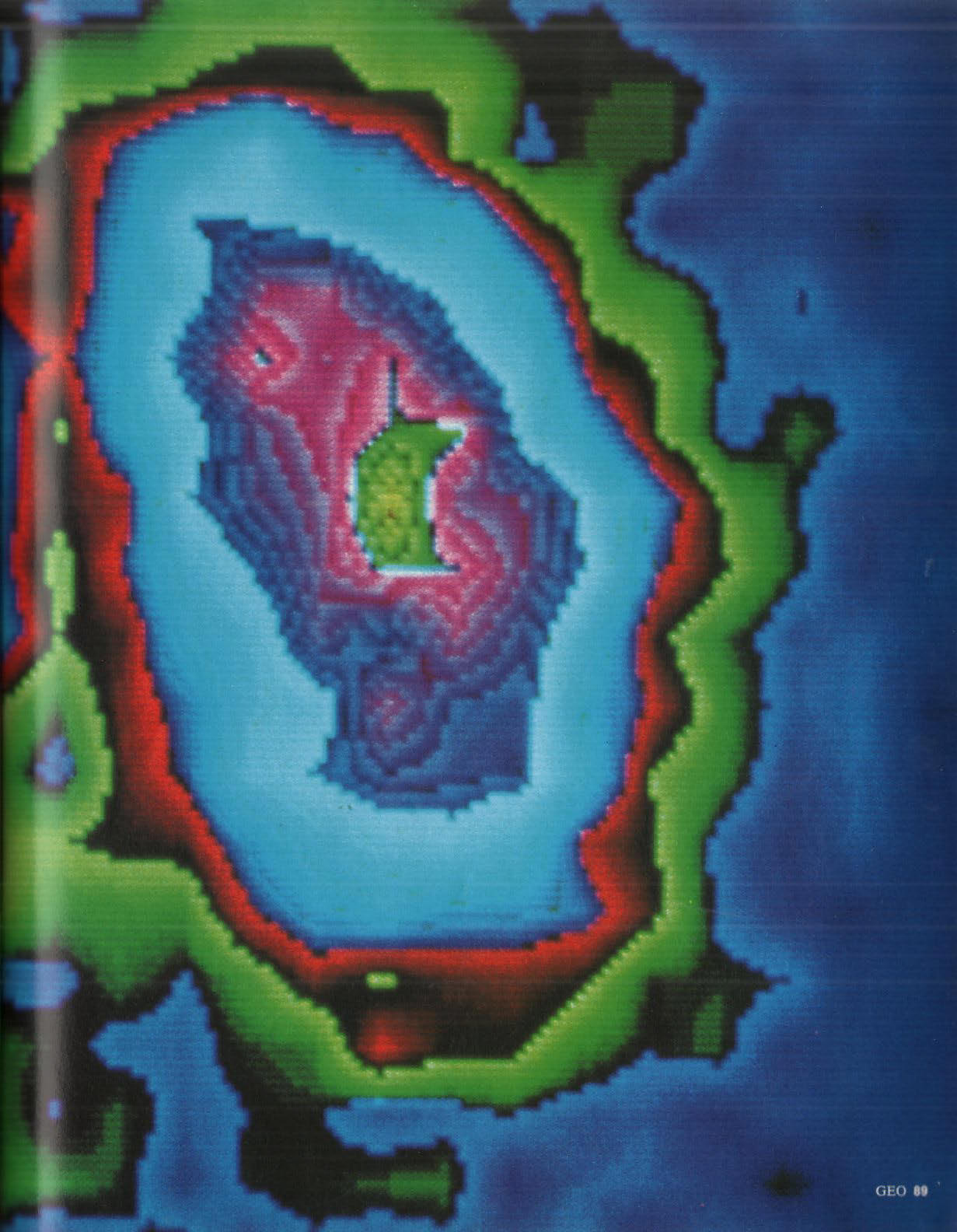
Im

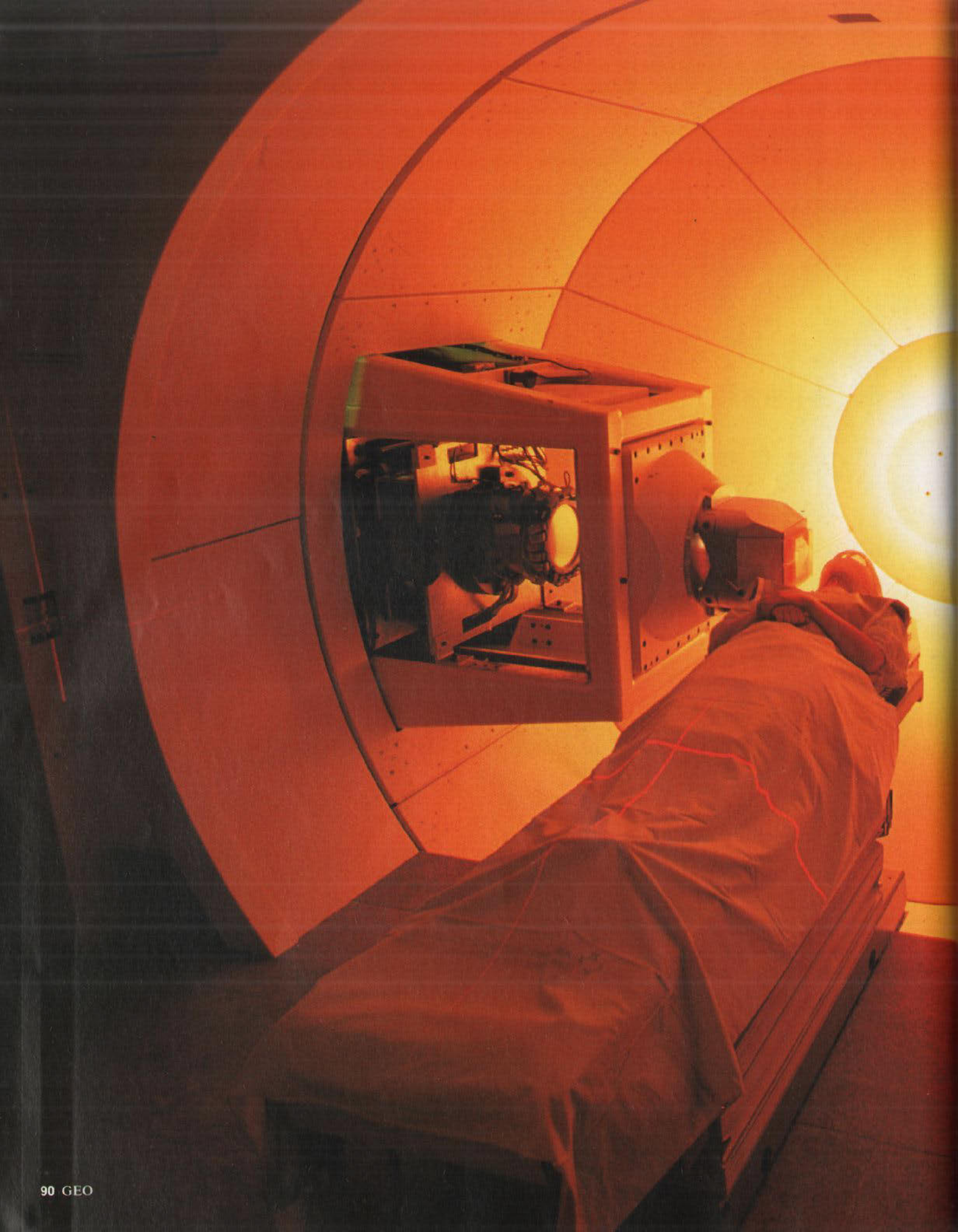
Die Medizintechnik dient dem Menschen. Aber so mancher fühlt sich unwohl, wenn er ihre Dienste in Anspruch nehmen muß. Dabei erlauben moderne diagnostische und therapeutische Geräte, viele Leiden so schnell zu erkennen und so schonend zu behandeln wie nie zuvor. Die Apparate, deren Funktion Laien kaum noch verstehen können, drängen sich aber auch zwischen Ärzte und Patienten. Und nicht wenige Mediziner erliegen dem technischen Zauber ihrer neuen High-Tech-Werkzeuge

Fadenkreuz der Apparate

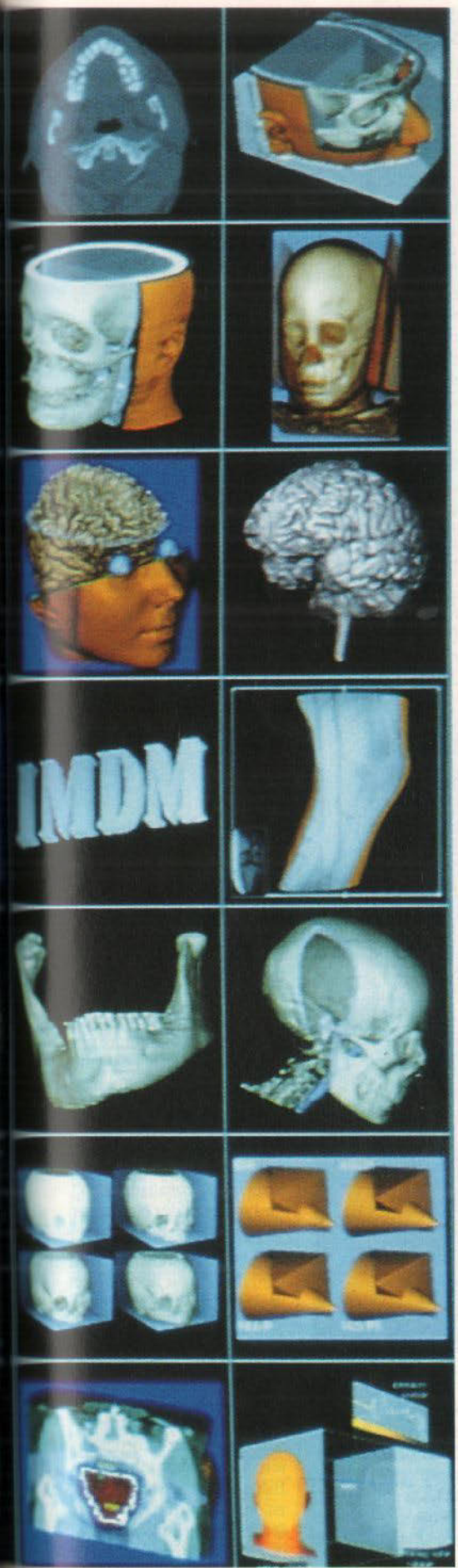


Exaktes Wissen erlaubt Ärzten, Patienten wirkungsvoller zu behandeln. Die Szintigraphie, ein bildgebendes Verfahren der Nuklearmedizin, zeigt zum Beispiel, ob der Stoffwechsel der Nieren im Lot ist: Die Funktion des blau-lila dargestellten Organs (rechts) ist durch eine Entzündung reduziert. Die gezackten Umrisse enthüllen jedoch wenig vom wahren Aussehen der Organe. Wo etwa versorgende Adern münden oder die Harnleiter abzweigen, verraten andere bildgebende Techniken





Große Geschütze fahren Mediziner heutzutage auf, um lebensbedrohende Krankheiten zu bekämpfen. Im Zentrum des teuersten Medizingeräts der Welt, des Protonen-Beschleunigers der kalifornischen Loma Linda University, liegt ein Patient festgeschnallt. Die ganze Behandlungskammer steckt in der Nabe eines riesigen Rades. Wenn dieses Rad mit hoher Präzision rotiert, kreist auch das Strahlrohr um den Kopf des Patienten, so daß die Strahlen den Tumor ins Kreuzfeuer nehmen, während sie gesundes Gewebe weniger belasten



Mit dreidimensionaler Computergrafik können Ärzte den Menschen - genauer: den Datensatz seines per bildgebendem Verfahren erfaßten Körpers - am Bildschirm »zerlegen« und die einzelnen Organe drehen und wenden. Die Vielfalt der Variationen zeigt ein »Bilder-Katalog« aus dem Institut des Hamburger Medizin-Informatikers Karl Heinz Höhne

DATENFLUT

Das digitale Krankenhaus

Die moderne Medizin hat ihre eigenen Regeln. Offenbar lautet ihr Rezept gegen die Überflutung mit Information: Beschaff dir noch mehr Information.

Da mag ein Arzt noch so viele Daten über seine herzkranke Patientin zur Verfügung haben: Röntgenbilder, Computertomogramme, Ultraschallaufnahmen, EKG-Kurven, lange Listen mit Laborwerten und frühere Befunde samt gekritzelten Kommentaren. Vielleicht wäre er noch um eine ausführliche Krankengeschichte verlegen, um die Ergebnisse eines Allergietests oder alte Röntgenbilder, die im Archiv mal wieder nicht zu finden waren. Doch selbst wenn er das alles beisammen hätte, so fehlte ihm womöglich das Entscheidende: die Struktur der Datenflut, die Ordnung im Informationschaos. Denn nicht die Zahlen oder Meßwerte selbst, erst das Wissen um die Zusammenhänge ermöglicht es dem Arzt, sinnvoll zu handeln, also von der Diagnose zur Therapie überzugehen.

Jahrhundertelang wußten die Ärzte oft zuwenig, um ihren Patienten helfen zu können, weil sie nicht genügend Informationen hatten. Heute wissen sie manchmal zuwenig, weil es eine solche Fülle von Daten gibt, daß die Flut mit Zettelwirtschaft und Kellerarchiven weder zusammenzuhalten noch zu ordnen ist. „Für die traditionellen Kommunikationsmethoden der Medizin", sagt William Hendee, Vizepräsident der American Medical Association, „gibt es einfach zu viel Information."

Technik soll nun das Dilemma wieder beseitigen, das erst durch Technik entstanden ist: Computer sollen die Daten zentral archivieren, bündeln, ordnen, verwalten und transportieren – aber auch aufbereiten und interpretieren. William Hendee erkennt in solcher Bändigung der Datenflut ein „neues Niveau hierarchischer Kontrolle über medizinische Information", er nennt sie gar einen „Paradigmenwechsel in unserem Verständnis von Medizin".

Die Abkehr von hergebrachten Denk- und Arbeitsweisen bekommen in erster Linie die Röntgenärzte zu spüren, die traditionell für Herstellung und Deutung von Bildern aus dem Körperinnern zuständig sind. „In der Radiologie", sagt Gerd Witte von der Hamburger Universitätsklinik, „ist durch den Computer eine qualitativ neue Diagnostik entstanden."

Diese Revolution löste 1972 der Engländer Godfrey Hounsfield aus, als er der Welt den Computer-Tomographen (CT) vorstellte. Diese Maschine verwendet zwar auch Röntgenstrahlen, die um die Jahrhundertwende die ersten Blicke in den Körper zugelassen haben, doch der CT ist in buchstäblich neue Dimensionen vorgestoßen: Während beim klassischen Röntgenbild der Körper mit allen sich überlagernden Ebenen auf eine Filmebene projiziert wird und so etwa Wirbelsäule und Speiseröhre auf der Aufnahme übereinanderliegen, bildet der Tomograph einen Querschnitt ab. Der Arzt sieht zwar jeweils nur eine dünne Schicht, etwa des Brustkorbs auf Höhe der Herzspitze, kann aber auf jedem einzelnen „Schnitt" eine Struktur, zum Beispiel einen Tumor an der Speiseröhre, genauer lokalisieren.

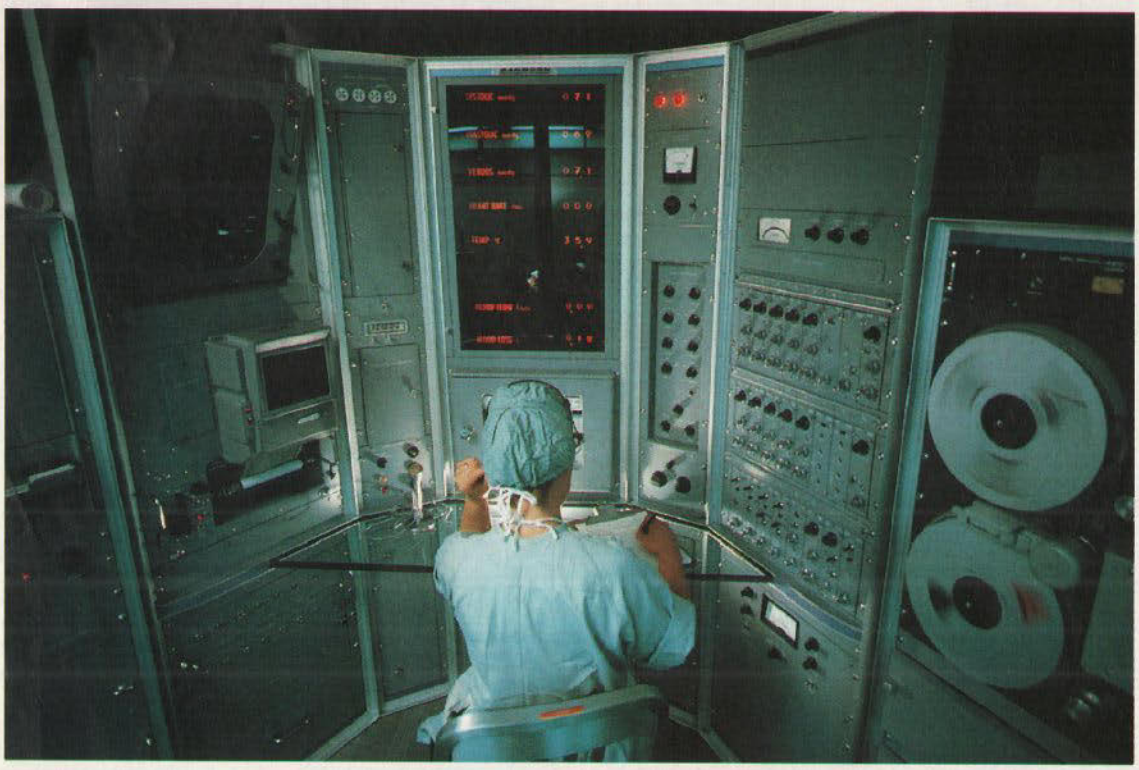
Ein solches Tomogramm (griech. tomé = Schnitt) entsteht nur mit Hilfe des Computers, aber es kann deswegen auch per Rechner weiterverarbeitet werden – wie inzwischen die Daten fast aller bildgebender und anderer diagnostischer Verfahren (siehe Seiten 97–112):

- Bei der Magnetresonanz(MR)-Tomographie werden Atome des Körpers in starken Magnetfeldern zu Schwingungen angeregt; „intelligente" Elektronik steuert Messung und Auswertung.
- Nuklearmedizinische Verfahren wie die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) registrieren die Zerfälle radioaktiv-markierter Moleküle; der Rechner fügt die Signale zum Bild.
- Ultraschall-Geräte rekonstruieren mit Computerhilfe aus Echos eine Aufnahme der untersuchten Körperpartien.
- EKG- oder EEG-Schreiber und empfindliche Biomagnetismus-Sensoren liefern Kurven von den Strömen in Herz oder Hirn.
- Halbautomatische Laborgeräte analysieren zum Beispiel Blut und drucken die Ergebnisse auf Computerlisten aus.
- Selbst bei klassischen Röntgenaufnahmen hilft neuerdings der Rechner,

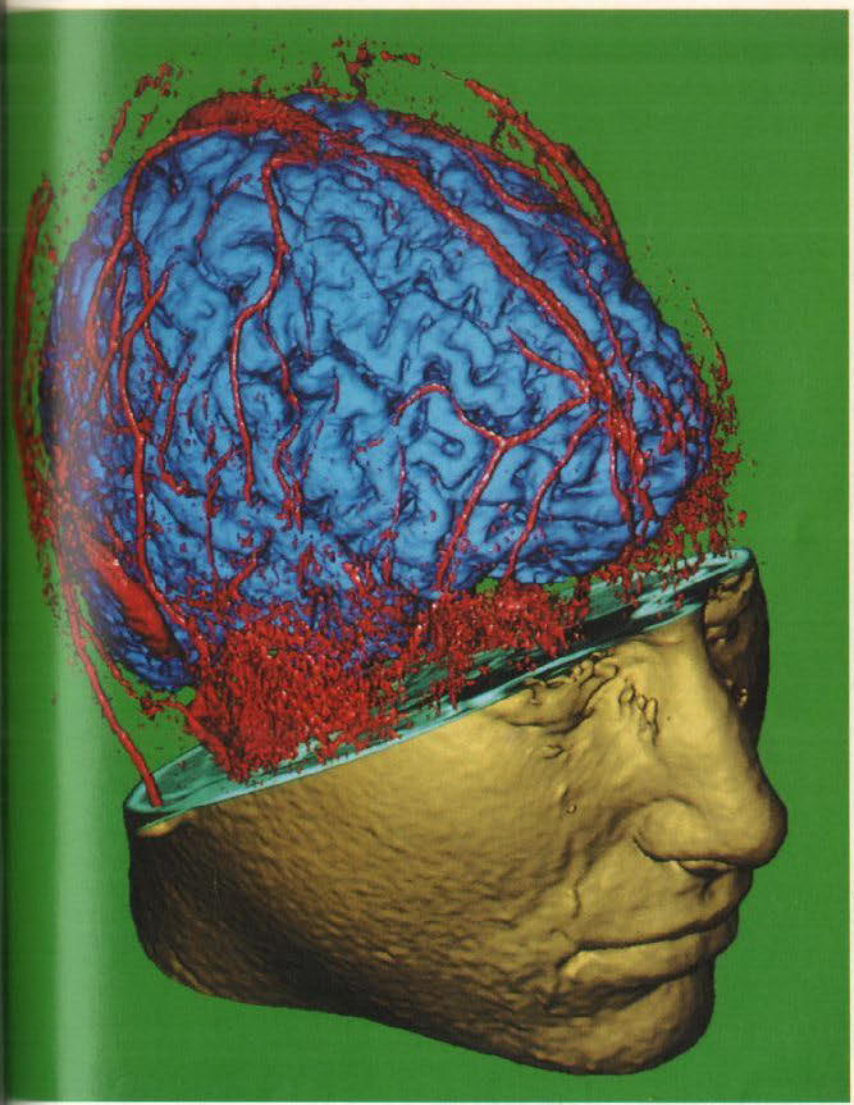
wenn statt des Films ein Bildverstärker oder eine wiederverwendbare Speicherfolie belichtet wird.
Solche Bilder und Daten aus dem Körperinneren haben „explorative Chirurgie" – sprich: Aufschneiden und Nachschauen, was dem Patienten fehlt – weithin überflüssig gemacht.
Mit der Bändigung der von den neuen Verfahren erzeugten Datenflut steht der Medizin jetzt eine weitere, diesmal für den Patienten weitgehend unsichtbare Revolution bevor, und das Konzept hat auch schon einen Namen: PACS „Picture Archiving and Communication System". Im elektronischen Krankenhaus von morgen hat der Arzt auf Knopfdruck überall, auch am Krankenbett, über ein Sichtgerät Zugriff auf sämtliche Informationen, von der Fieberkurve bis zum Röntgenbild. PACS bündelt die medizinische Technik der Klinik zu einem einzigen System. Das Computernetz soll

- alle diagnostischen Bilder und medizinischen Daten des Patienten, aber auch Termine und Liegezeiten, in einer elektronischen Krankenakte sammeln;
- den schnellen und zuverlässigen Zugriff auf alte Bilder, Laborwerte und Befunde sichern;
- vom Bildschirm aus eine Rückfrage in der Bibliothek oder beim Kollegen ermöglichen, egal ob der ein Stockwerk höher oder in Los Angeles arbeitet;
- bei der Therapieplanung helfen – ein Chirurg kann etwa komplizierte Operationen mit Hilfe dreidimensionaler Bilder „proben";
- dem Arzt eine Bearbeitung der Bilder gestatten.

Um mehr Information aus dem Material zu gewinnen, kann er Kontrast, Helligkeit, Größe und Orientierung verändern, Knochendichte und Gelenkwinkel messen, aus einer Aufnahmenserie einen laufenden Film oder ein dreidimensionales Bild rekonstruieren.
Von der Computerausstattung der Klinik können die Patienten auch über die Behandlung ihrer Krankheit hinaus profitieren. Auf Intensivstationen wie etwa der im Hospital of the University of Pennsylvania in Philadelphia haben die Ärzte als direkte Folge einer Art „Mini-PACS" eine Verkürzung der Zeit zwischen Untersuchung und Beginn der Therapie registriert. Intelligente Terminplanung könnte den Aufenthalt für die Patienten verkürzen. Wenn der Computer alle Röntgenbilder verläßlich wiederfindet, lassen sich Wiederholungsaufnahmen und damit unnötige Strahlenbelastungen vermeiden. Und eine intensive Therapieplanung würde Operationen verkürzen und Nebenwirkungen begrenzen.
Doch ein schlüssiges Konzept ist eine, dessen Verwirklichung eine andere Sache. Die meisten Krankenhäuser erzeugen zwar mittlerweile einen Großteil ihrer Diagnosebilder mit Rechnerhilfe, kopieren sie aber dann auf herkömmliche Filme. Eine befriedigende Totalvernetzung der Computer ist bisher technisch kaum zu verwirklichen. Da lauert – vor allem beim Röntgen – das „Megabyte-Problem": Ein einziges Röntgenbild vom Brustkorb erfordert einen Speicherplatz von sechs Megabyte – soviel wie 6000 Seiten Schreibmaschinentext.
Eine typische Klinik produziert im Jahr mehrere Millionen Megabyte an Daten. Der zentrale Speicher braucht sogar mindestens zehnmal soviel Kapazität, weil alle Bilder nach der Röntgenverordnung mindestens zehn Jahre aufgehoben werden müssen.
Aber nicht das Speichern ist die eigentliche technische Herausforderung, sondern der schnelle Zugriff auf diese Informationsmengen. Nur wenn die Daten in Sekunden zuverlässig auf dem Bildschirm sind, würden die Ärzte das Computersystem akzeptieren. „Jedesmal, wenn etwas Wichtiges schiefgeht", hat Seong Mun beobachtet, der das PACS-Experiment an der Washingtoner Georgetown University betreut, „lassen die Ärzte die Bildschirme links liegen und kehren zu ihren Filmen zurück."
Nur bei völlig neu gebauten Krankenhäusern können die Planer den Medizinern diesen Rückzug zum konventionellen System abschneiden. So setzen sie beim ersten „total digitalen Hospital", das im Frühjahr 1992 mit 580 Betten in Wien eröffnet wird, von vornherein konsequent auf ein Computernetz. Das „Donauspital" ist auf eine maximale tägliche Datenmenge von 15 000 Megabyte ausgelegt – entsprechend 15 Millionen Seiten Text, die Tag für Tag „hin- und hergeschaufelt" werden können. Um den schnellen Datenzugriff zu sichern, muß das elektronische Archiv „vorausdenken" und schon in der Nacht vor einem Untersuchungstermin oder einer Operation die entsprechenden Daten in einen kleinen, sehr schnellen Speicher kopieren.
Wo der Sprung ins kalte PACS-Wasser nicht machbar ist, scheint die dreidimensionale Rekonstruktion von Körperteilen aus vielen einzelnen Bildern ein erster Schritt zu sein, mit der Datenflut fertig zu werden. 3-D-Bilder sind intuitiv viel besser



Dem Cockpit von Raumfahrzeugen gleicht manches Kontrollpult, dessen Instrumente bei Operationen Meßwerte wie Temperatur, Blutdruck und -verlust erfassen und bei Bedarf auch auf Band speichern



Ein Portrait mit beliebiger Tiefenwirkung kann der Computer eines Hamburger Forschungsinstitutes aus mehr als 100 Schnittbildern rekonstruieren. Haut, Gefäße oder Gehirn lassen sich mit wenigen Befehlen herausmodellieren und nach Wunsch färben. Auch die Aufnahme von Organen eines Fetus kann zu Lehrzwecken variiert werden

zu verstehen, sogar für den Laien.

Wie hilfreich eine räumliche Darstellung sein kann, erforscht zum Beispiel Karl Heinz Höhne von der Hamburger Universitätsklinik. Problemlos „zaubert" er den Kopf eines Patienten auf den Bildschirm – bronzefarben, mit geschlossenen Augen, Haare und Augenbrauen fehlen. „Die Hautfarbe bekommen wir nie richtig hin", erklärt Höhne, „deswegen nehmen wir lieber gleich etwas eindeutig Künstliches." Oberhalb der Augen ist der Bronze-Kopf aufgeschnitten, dort ist blau das Gehirn zu erkennen, die Blutgefäße sind rot. Auf Befehl kann der Computer den Kopf drehen, Knochen einblenden oder einen Teil des Gehirns wegschneiden.

Für 3-D-Bilder ist ein Satz von Aufnahmen nötig, die in kleinen Schritten ein ganzes Volumen erfassen, zum Beispiel 128 dünne Scheiben des Kopfes, aufgenommen mit einem Magnetresonanz-Tomographen. Vor der Darstellung muß der Benutzer angeben, aus welcher Richtung er den Kopf sehen will und was das Bild zeigen soll: Haut, Knochen, Gehirn, Gefäße – in beliebiger Kombination.

Die rekonstruierten Wirklichkeiten sollen den Ärzten bei Diagnose und Therapie etlicher Krankheiten helfen. Beispiel Gehbeschwerden: Auf dem Bildschirm wird die Bewegung von Oberschenkelknochen und Hüfte mit 3-D-Bildern simuliert. Genau dort, wo Gelenkkopf und -pfanne des Patienten sich schmerzhaft aneinander reiben, läßt der Rechner die Knochen rot aufleuchten.

Beispiel Tumorbestrahlung: Der Strahlentherapeut kann die Bilder drehen, um die optimale Einfallsrichtung der Strahlen zu finden. Danach berechnet der Computer die Verteilung der Strahlen-Dosis im Gewebe und zeigt sie dem Arzt in der gleichen räumlichen Darstellung. Ziel: Der Tumor soll möglichst viel, seine Nachbarschaft jedoch möglichst wenig Strahlung abbekommen.

Beispiel verwachsener Kiefer: Der Chirurg entscheidet am rekonstruierten Bild, welchen Teil eines Kiefers er entfernen muß und wie der Ersatzknochen geformt sein sollte. Er kann sogar das Ergebnis der Operation vorhersehen, indem er den reparierten Kiefer auf dem Bildschirm wieder an den Schädel setzt und von allen Seiten betrachtet.

Karl Heinz Höhne und seine Mitarbeiter entwikkeln zur Zeit auch ein elektronisches Skalpell, mit dem sowohl Chirurgen als auch Medizin-Studenten beliebige Schnittführungen am Bildschirm ausprobieren können. Im Gegensatz zur realen Operation können sie am Computer alles rückgängig machen und wieder von vorn anfangen.

Im Prinzip läßt der Computer sogar Schnitte zu, die auch dem geschicktesten Chirurgen mit dem Skalpell nicht gelingen würden – etwa die äußere graue Gehirnmasse von der tieferen weißen abzuschälen oder nur die Blutgefäße des Gehirns freizupräparieren. Dabei kontrolliert stets der Mensch, ob der Rechner nicht zuviel „abschneidet". Karl Heinz Höhne: „Dem Computer überlassen wir die dummen Rechnungen, die sich millionenfach wiederholen und eigentlich ziemlich einfach sind – wenn man erst mal weiß, wie's geht. Wir sagen ihm nur, wann er recht hat."

Bei aller Bewunderung für die computererzeugten farbigen Welten: Technik, meinen viele Mediziner, darf nicht zum Selbstzweck werden. Conrade Jaffe von der amerikanischen Yale University fordert, Bilder in der Medizin ausschließlich nach medizinischen und nicht etwa nach ästhetischen Kriterien zu bewerten: „Wir benutzen die Aufnahmen schließlich, um herauszufinden, was dem Patienten fehlt. Das Bild kann ruhig grobkörnig sein, wenn es nur das Leiden spezifisch zeigt."

Viele Radiologen warnen deshalb auch davor, farbige Bilder zu erzeugen. Die unterschiedlichen Graustufen der Röntgenaufnahmen könne der Mensch intuitiv richtig interpretieren, meint Gerd Witte von der Hamburger Uniklinik. Bei farbigen Bildern bestünde die Gefahr, daß einzelne Befunde überbetont würden, nur weil die Farbe von einem zum anderen „Grauwert" umspringt.

Ein weiteres Problem aller bildgebenden Vefahren: Was die Bilder genau zeigen, müssen selbst Mediziner mühsam lernen. Vor

allem neue Techniken, wie die Magnetresonanz-Tomographie in den achtziger Jahren, verursachen zu Anfang erhebliche Interpretationsprobleme.
So leuchten auf den Bildern plötzlich nie zuvor gesehene Strukturen auf, sogenannte UBOs („Unidentified Bright Objects"). Außerdem erzeugen computergestützte Bildgeber Artefakte – Bildanteile, die keinem Körperteil entsprechen. Als Ursachen haben die Mediziner schon Fehleinstellung von Geräten, Bewegungen des Patienten, Zahnfüllungen, aber auch Lidschatten oder Tätowierungen identifiziert.
Überdies hat der wachsende Maschinenpark in den Krankenhäusern zu handfesten Zielkonflikten geführt: Dem Nutzen der High-Tech-Medizin stehen Gefahren gegenüber – ob durch Strahlenbelastung, Datenmißbrauch oder gar ein Verkümmern ärztlicher Fähigkeiten.
Jede Röntgenaufnahme und jedes CT-Bild, ob vermeidbar oder notwendig, bedeutet eine – wenn auch kleine – Krebsgefahr. Trotzdem werden oft unnötige Untersuchungen angeordnet, mitunter auch nur, um den Umsatz zu steigern.
In den USA, wo Schadensersatzprozesse häufiger sind als hierzulande, praktizieren manche Ärzte inzwischen eine „defensive Medizin". Ohne viel Rücksicht auf den diagnostischen Wert machen sie alles technisch Mögliche, damit niemand sie im Zweifel eines Kunstfehlers bezichtigen kann. Dabei sind sich auf Fachkongressen alle Mediziner einig: In jedem Einzelfall sollte Schaden und Nutzen abgewogen werden. Nur in Notfällen ist die Entscheidung eindeutig: Kämpft ein Arzt um das Leben eines Schwerverletzten, wird er eventuelle Strahlenschäden in Kauf nehmen.
Die Zweischneidigkeit der modernen Technik wird auch beim Datenschutz deutlich. Heute sind die Daten in der Regel noch da und dort in der Klinik verteilt, sie liegen in Abteilungs- oder Kellerarchiven, im Verwaltungstrakt oder im Labor. Sobald aber PACS funktioniert und das elektronische Krankenhaus Wirklichkeit wird, genügt der Zugang zu nur einem Computerterminal, und sämtliche Patientenakten liegen offen. Die gängige Lösung der Informatiker für solche Datenschutzprobleme ist ein hierarchisches System von „Zugangsberechtigungen": Jeder Benutzer kann nur an bestimmte Daten heran, wenn er sich vorher mit seinem eigenen, geheimen Paßwort legitimiert hat – mit der Folge, daß eine Krankenschwester auf der Intensivstation, die ein Paßwort nicht parat hat, von lebenswichtigen Informationen abgeschnitten wäre.
Eine mögliche Lösung kommt aus Japan. Dort bekommen Patienten eine Computer-Diskette, auf der ihre medizinischen Daten gespeichert sind. Die bewahren sie zu Hause auf und bringen sie zu jeder Untersuchung mit. Damit wären nicht nur die Gefahren von Datenmißbrauch und Datenverlust drastisch reduziert, sondern auch Speicherung und Zugriff erleichtert. Nagaaki Ohyama vom Tokyo Institute of Technology, der das „Bild sichern und davontragen"-Konzept entwickelt hat, glaubt: „In etwa sechs Jahren wird ‚Image Save and Carry' hier Routine sein."
Bei aller Sorge um Datenschutz und Strahlenbelastung – die gravierendsten Folgen hätten Maschinenpark und Computervernetzung womöglich für die Fähigkeiten der Ärzte: Sie könnten wachsen, zugleich aber auch geringer werden. In schwierigen Fällen wird der Rechner medizinische Kenntnisse bündeln und Rückfragen bei Kollegen erleichtern. Beide sehen dann auf ihren Monitoren das gleiche Bild, etwa eine Röntgenaufnahme. Über ein eingebautes Video-Telefon und elektronische Zeiger verständigen sie sich über die Diagnose. Diese „Telemedizin" funktioniert im Prinzip zwischen zwei Kontinenten ebensogut wie zwischen zwei Klinikabteilungen.
Das elektronische „Verschicken" von Bildern innerhalb eines Krankenhauses hält Roland Felix, Direktor der Strahlenklinik an der Freien Universität Berlin, für ein Routineverfahren der Zukunft: „Eines Tages sitzt ein erfahrener Radiologe an seinem Terminal und ruft die Aufnahmen eines Patienten aus verschiedenen bildgebenden Systemen auf seine Monitore. Aus den repräsentativen Bildern stellt er ein ‚composite image' zusammen: ein Bild, das nur noch krankhafte Veränderungen enthält, die mit verschiedenen Methoden abgebildet werden."
Viele Ärzte allerdings fürchten den Tag, an dem sie nicht mehr ins Gesicht ihrer Patienten, sondern nur noch auf den Bildschirm schauen. „Wenn es so weit kommt", sagt der Neu-Ulmer Radiologe Alexander Müller, „bilden sich unsere Sinne zurück, unsere Fähigkeiten verkümmern, und wir selbst werden Teil der Maschinen."

Christopher Schrader

Vom Puls des Patienten bis zum Röntgenbild - die Datenflut in Kliniken können oft nur noch Computer bewältigen: Von Elektronik umzingelt ist deswegen der Wachhabende im Kontrollraum einer kalifornischen Klinik, wo die Daten von der Anlage für digitale Gefäßabbildung drinnen im OP-ähnlichen Saal zusammenlaufen. Deswegen ähnelt auch der Arbeitsplatz der Schwester auf der Intensivstation des University of Pennsylvania Medical Center der Leitwarte eines Kraftwerks

RÖNTGENVERFAHREN

Knochen werfen helle Schatten

Es war eine Frau, die als erste ihre Hand herhalten mußte. Eine neue Strahlung, die dicke Bücher und Holzbretter durchdringen konnte, hatte der Würzburger Physikprofessor Wilhelm Conrad Röntgen am 8. November 1895 endeckt. Sechs Wochen später schoß er mit seinen »X-Strahlen« die erste medizinische Aufnahme: Sie zeigt die Knochen der Hand seiner Frau Bertha.

Schon wenige Wochen danach begannen Ärzte, Knochenbrüche und gichtige Hände zu untersuchen. Jeden Monat fanden sie neue Diagnose-Möglichkeiten, und mit jeder Untersuchung lernten sie, die verwirrenden Aufnahmen, auf denen sich alle getroffenen Organe überlagerten, besser zu deuten. Dabei hantierten die Mediziner jedoch arglos mit den Strahlen, weil sie nicht wußten, daß diese bösartige Geschwüre an Händen oder im Gesicht auslösen können. Schon bald wurden Narben und amputierte Finger zum Kennzeichen der Röntgenpioniere; viele starben an Krebs. Heute wissen sich Ärzte und Assistenten durch Bleischichten und Distanz besser vor Streustrahlung zu schützen.

Nutzen und Gefahr liegen beim Röntgen dicht zusammen. Die Strahlung entsteht, wenn Elektronen aus einer Glühkathode durch eine Hochspannung von meist 25 bis 150 Kilovolt beschleunigt werden, auf ein Hindernis treffen und dabei Photonen aussenden. Diese verhalten sich wie Licht, haben aber viel mehr Energie. Haut schwächt die Strahlen kaum, Muskeln sind halbdurchlässig, Knochen werfen regelrechte Röntgen-Schatten. Deswegen bleibt das Filmnegativ, das die Ärzte betrachten, hinter Knochen weiß, hinter Muskeln wird es grau, bei Haut schwarz.

Beim Durchdringen des Gewebes können die Photonen allerdings auch Zellen schädigen; in ungünstigen Fällen – wenn sie bestimmte Abschnitte des Erbmoleküls DNA treffen – kann so das hemmungslose Wachstum eines Tumors ausgelöst werden.

An der Erzeugung der Strahlen hat sich seit Röntgens Tagen im Prinzip nichts verändert. Heute bündeln leistungsstärkere und zuverlässigere Röhren die Strahlen besser. Bei der Aufnahme jedoch ermöglichten Computer zwei wesentliche Verbesserungen: die wiederverwendbare Speicherfolie und die Manipulation von Bildern einer Serie.

Die Folien aus beschichtetem Kunststoff werden wie normale Filme belichtet. Dabei speichern die Moleküle der Barium-Fluor-Beschichtung einen Teil der Röntgen-Energie. Im Auslesegerät tastet ein Laserstrahl jeden der vier Millionen Bildpunkte ab. Die dabei angestoßenen Moleküle der Beschichtung senden die absorbierte Energie als Licht aus, dessen Stärke für jeden Punkt einzeln im Computer gespeichert wird.

Der Vorteil dieser »Digitalen Lumineszenz-Radiographie« (DLR) liegt zum einen in der besseren Auflösung der Helligkeitsstufen: Die Speicherfolie unterscheidet 40 000 Grauwerte, der Film dagegen lediglich ungefähr

»Hände hoch«: Beim Röntgen des Brustkorbs stören die Arme nicht nur die geplante Aufnahme – sie würden auch ohne medizinischen Sinn mit Strahlung belastet

Ärztlicher Erfahrung und eines geübten Auges bedarf es, um im Röntgenbild des Brustkorbs einer Patientin eine Lungenentzündung zu diagnostizieren: Der auf dem Bild linke Flügel ist im Bereich der wolkigen, blaßblauen »Verschattung« infiziert. Die Durchleuchtung einer Hand mit Metallimplantat oder eines Schienbeinbruchs können auch Laien erkennen: Knochen oder Metall stoppen die Strahlen und werfen dabei helle Schatten auf den meist schwarzweißen Film

100. Zum anderen läßt sich bei Bedarf aus dem im Computer gespeicherten Bild nachträglich mehr Information herauskitzeln: So können Ärzte die Konturen der Knochen betonen, Kontraste verstärken oder kleine Bereiche im Grauwertspektrum spreizen, um unklare Strukturen deutlicher hervorzuheben. Im Routinebetrieb benutzen die Mediziner allerdings für die jeweiligen Organe feste Auswerteprogramme, die der Computer auf Knopfdruck abspult.

Noch raffiniertere Manipulationen erlaubt die digitale Bildverstärker-Radiographie: Der Patient liegt zwischen der Röntgenquelle und einer Hoch-Vakuum-Röhre, die die ankommende Strahlung elektronisch verstärkt und dann zunächst wieder in Licht wandelt. Dieses Verfahren nutzen Ärzte schon seit Jahren für schnelle Bilderserien, zum Beispiel bei der Angiographie: Dabei fließt ein Kontrastmittel durch die Blutgefäße; es absorbiert Röntgenstrahlen, so daß sich die Adern abzeichnen.

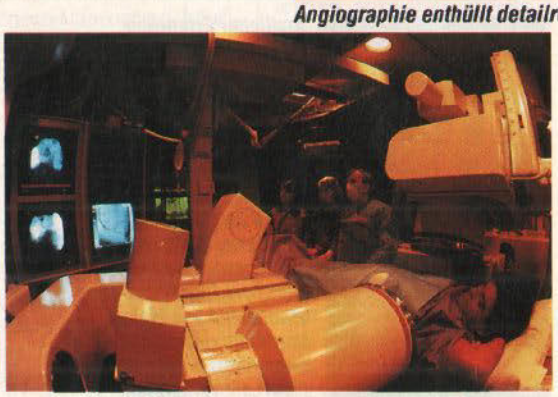
Jedes einzelne Bild kann auch digital gespeichert, im Computer verarbeitet und sofort auf dem Bildschirm gezeigt werden. Mehr noch: Die schnellen Rechner können augenblicklich ein zuvor ohne Kontrastmittel gemachtes Vergleichsbild von der aktuellen Aufnahme subtrahieren. Bei dieser Digitalen Subtraktions-Angiographie (DSA) verschwindet der gesamte unveränderte Hintergrund vom Monitor, so daß nur die Gefäße übrigbleiben und eventuelle Verengungen deutlicher hervortreten. Da die DSA weniger Kontrastmittel benötigt, werden zudem die Nieren des Patienten geschont.

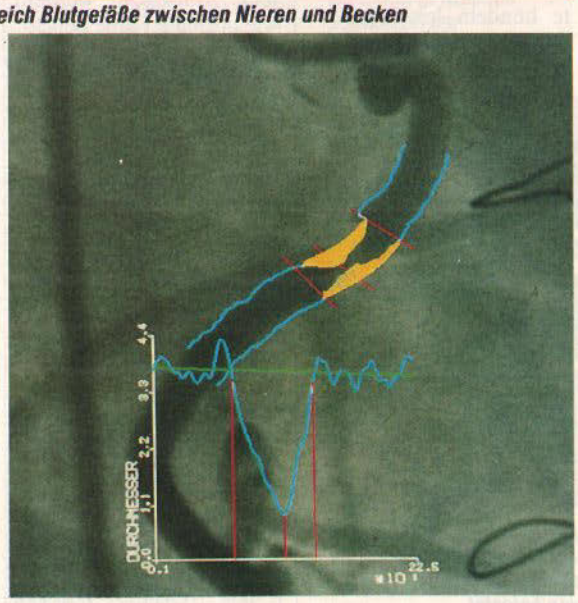
Trotz ihrer Schnelligkeit können digitale Bildverstärker Röntgenfilm oder Speicherfolie nicht ersetzen: Ihre Aufnahmen sind am Rand stärker räumlich verzerrt und zeigen zu wenig Details, um etwa einen Knochenbruch hinlänglich zu erkennen. Außerdem sind Bildverstärker-Anlagen groß dimensioniert und teuer: Sie kosten zwischen einer und drei Millionen Mark. Einfache Speicherfolien-Systeme sind dagegen – mit ungefähr 300 000 Mark – relativ preiswert und haben sich bisher bei fast allen Untersuchungen bewährt.

Beide digitalen Röntgenverfahren brauchen deutlich weniger Strahlung als konventionelle Methoden – bei Speicherfolien-Aufnahmen läßt sich die Belastung für den Patienten bis zur Hälfte reduzieren.

Da der Computer Über- und Unterbelichtungen verhindern oder nachträglich korrigieren kann, fallen weniger Wiederholungsaufnahmen an. Dies ist nicht nur unter ungünstigen Bedingungen, zum Beispiel in der Intensivstation, von Vorteil: Bei jedem vermiedenen Röntgenbild ersparen sich Personal und Patienten 100 Prozent Strahlung. *CS*

Angiographie enthüllt detailreich Blutgefäße zwischen Nieren und Becken





Bei der Angiographie des Herzens durchleuchten manche Anlagen das Organ mit zwei Röntgenstrahlen aus verschiedenen Winkeln. Die Aufnahmen erscheinen dabei ohne Zeitverlust auf den Monitoren – auch für den Patienten sichtbar. Ein vom Deutschen Herzzentrum in Berlin erstelltes Programm erlaubt, Verengungen bei Herzkranzgefäßen auszumessen

Angebot mit 3 Vorteilen

- Gratis zur Begrüßung eine aktuelle GEO-Ausgabe
- Gratis 4 außergewöhnliche GEO-Farbdrucke
- Ca. 15% Preis-Vorteil = DM 1,50 pro Heft gespart gegenüber Einzelpreis

Detail-Garantie auf der Rückseite

Bitte mit 60 Pfennig freimachen, falls Marke zur Hand

Antwort-Postkarte

GEO
Leser-Service
Postfach 10 25 25

W-2000 Hamburg 1

GEO-VISION: Faszination aus Wissenschaft und Forschung auf Video

Exklusiv für unsere Leser gibt es GEO-Videos zu den Themen von GEO-WISSEN. Erleben Sie Höhepunkte aus den Bereichen Forschung, Wissenschaft und Technik »live« – Experimente, Recherchen und neueste Erkenntnisse. GEO-VISION berichtet über »Die Geburt der Materie« – eine beeindruckende Dokumentation über das Schicksal unseres Universums. Mit den großartigen Leistungen unseres Immunsystems beschäftigen sich der »Angriff aus dem Mikrokosmos« und die »Rückkehr der Seuchen« – Themen, wie sie aktueller nicht sein könnten! GEO-VISION – eine faszinierende Kombination aus wissenschaftlichen Berichten und Unterhaltung.

Bitte mit 60 Pfennig freimachen, falls Marke zur Hand

Antwort-Postkarte

GEO-VISION
Versand-Service
Postfach 600

W-7107 Neckarsulm

Bücher von GEO – so farbig und fesselnd wie unsere Welt

In den Büchern von GEO wird unsere vielgesichtige Welt auf neue Weise erlebbar; sie widmen sich faszinierenden Themen, vermitteln Information und Wissen aus erster Hand. Inhalt, Ausstattung und Umfang entsprechen der hohen GEO-Qualität: Bücher von GEO haben 350 Seiten und mehr, im Format 20,5 x 28 cm, Leineneinband und farbigen Schutzumschlag sowie 250 bis 500 fast immer farbige Abbildungen.

Bitte mit 60 Pf freimachen, falls Marke zur Hand

Antwort-Postkarte

GEO
Presse-Versand-Service
Postfach 600

W-7107 Neckarsulm

HM1-937

Abruf-Karte für ein GEO-Abonnement

JA, ich nehme Ihre Einladung an.
Schicken Sie mir bitte kostenlos die GEO-Begrüßungs-Edition, dazu 4 GEO-Farbdrucke und die GEO-Dokumentation. Ich darf diese Geschenke auch dann behalten, wenn ich mich nicht für GEO entscheide. Nach Erhalt habe ich 14 Tage Zeit, GEO kennenzulernen. Nur wenn mich GEO überzeugt und ich nicht widerrufe, möchte ich GEO jeden Monat per Post frei Haus beziehen: Für nur DM 9,– statt DM 10,50, also z. Zt. mit ca. 15% Preis-Vorteil. Ich kann keine Kündigungsfrist versäumen, denn ich darf jederzeit kündigen, mit Geld-zurück-Garantie für bezahlte, aber noch nicht gelieferte Ausgaben.

Name/Vorname

Straße/Nr.
☐W-
☐O-
Postleitzahl Wohnort

Telefon-Nummer für evtl. Rückfragen

Datum / Unterschrift

Widerrufsgarantie: Diese Vereinbarung kann ich binnen einer Frist von 14 Tagen nach Erhalt des Probeheftes schriftlich widerrufen. Zur Wahrung der Frist genügt die rechtzeitige Absendung des Widerrufs an GEO-Leser-Service, Postfach 10 25 25, W-2000 Hamburg 1.

Datum / Unterschrift

Wenn ich bei GEO bleibe, bezahle ich bequem und bargeldlos durch ¼jährliche Bankabbuchung DM 27,–

Bankleitzahl (bitte vom Scheck abschreiben):

Meine Kontonummer:

Geldinstitut:

Ich möchte statt ¼jährlicher Bankabbuchung lieber eine Jahresrechnung (12 Hefte DM 108,–).

Bitte ankreuzen, falls gewünscht: ○

Auslandspreise: Schweiz: Fr. 8.50 statt Fr. 10.50 Einzelpreis.
Österreich: S 65,– statt S 80,– Einzelpreis.
Sonstiges Ausland: DM 9,– zuzüglich Porto. 89192 A/O+1

Detail-Garantie

- Gratis zur Begrüßung eine aktuelle GEO-Ausgabe und dazu 4 außergewöhnliche GEO-Farbdrucke, 21x15 cm groß: die 900jährige Bavaria-Buche. (Abbildung auf der Vorderseite.) Beide Geschenke gehören in jedem Fall Ihnen.
- Dazu: eine umfangreiche Dokumentation über GEO, die Ihnen zeigt, welche Themenbreite GEO bietet.
- Ca. 15% Preis-Vorteil, wenn Sie sich für GEO entscheiden. Sie sparen DM 1,50 pro Ausgabe gegenüber Einzelpreis.
- Sie können keine Kündigungsfrist versäumen, denn Sie dürfen jederzeit absagen, mit Geld-zurück-Garantie für bezahlte, aber noch nicht gelieferte Ausgaben.

Abruf-Karte für GEO-VISION

JA, bitte liefern Sie mir gegen Rechnung folgende Videos von GEO (Anzahl bitte eintragen):

☐ »Die Geburt der Materie«
(G 0609) DM 49,80

☐ »Angriff aus dem Mikrokosmos«
(G 0615) DM 49,80

☐ »Rückkehr der Seuchen«
(G 0616) DM 49,80

Alle Preise zuzüglich DM 2,– Versandkosten-Anteil pro Lieferung.

Ausland: Lieferung nur gegen Vorkasse per Scheck zuzüglich DM 3,–.

Name

Vorname

Straße/Nr.

☐W-
☐O-
Postleitzahl Wohnort

Datum/Unterschrift

Bitte beachten Sie, daß GEO-Videos nur für das System VHS lieferbar sind. 89193

»Die Geburt der Materie«
In unterirdischen Großexperimenten suchen Physiker den Urknall und das Schicksal des Universums zu ergründen. Ein Dokumentarfilm über eines der großen Abenteuer der Physik. Ca. 40 Min.

»Angriff aus dem Mikrokosmos«
Volker Arzt stellt das raffinierte Verteidigungssystem des Körpers vor: unersättliche Freßzellen, die Eindringlinge einfach auffressen. Oder das phantastische Gedächtnis des Immunsystems, das ein Leben lang Erreger wiedererkennen und bekämpfen kann. Ca. 45 Min.

»Rückkehr der Seuchen«
Hier setzt Volker Arzt das zentrale Thema »Immunsystem« fort. Durch die zunehmende Resistenz der Erreger wird die Suche nach neuen, wirksamen Medikamenten immer dringlicher. Diese und andere (lebens-)wichtige Themen behandelt dieses GEO-Video. Ca. 45 Min.

Bestell-Karte für die Bücher von GEO

JA, bitte liefern Sie mir gegen Rechnung und mit 10 Tagen Rückgaberecht folgende Bücher von GEO (Anzahl der gewünschten Exemplare bitte eintragen):

☐ »Die amerikanische Reise«
(X 7029) DM 98,–

☐ »Amerika«
(X 7996) DM 98,–

☐ »Die Wüste«
(X 1665) DM 98,–

☐ »Tibet«
(X 1721) DM 98,–

☐ »Der Planet der Meere«
(X 2058) DM 98,–

☐ »Regenwald«
(X 4572) DM 98,–

☐ »Verlorene Menschen«
(X 4742) DM 98,–

☐ »Die Alpen«
(X 2380) DM 98,–

☐ »Der Mensch«
(X 1639) DM 98,–

☐ »Inseln in der Zeit«
(X 6212) DM 98,–

☐ »Islam«
(X 6210) DM 98,–

Alle Preise inkl. MwSt., zuzüglich DM 2,– Versandkosten-Anteil pro Lieferung. **Ausland:** Lieferung nur gegen Vorkasse per Scheck zuzüglich DM 3,–.

☐ »Die Affen«
(X 3985) DM 98,–

☐ »Mensch + Kosmos«
(X 3470) DM 98,–

☐ »Der vermessene Planet«
(X 3471) DM 98,–

☐ »Die Schwalbennest-Sammler«
(G 0650) DM 98,–

☐ »GEO Guide USA-Nationalparks«
(G 0651) DM 39,80

☐ »Die Schatzgräber«
(X 1000) DM 118,–

☐ »GEO-Satellitenbildatlas Deutschland«
(G 0680) DM 78,–

Name/Vorname

Straße/Nummer

☐W-
☐O-
Postleitzahl Wohnort

Datum Unterschrift 89194

Ihre Garantie, wenn Sie Bücher von GEO jetzt bestellen:

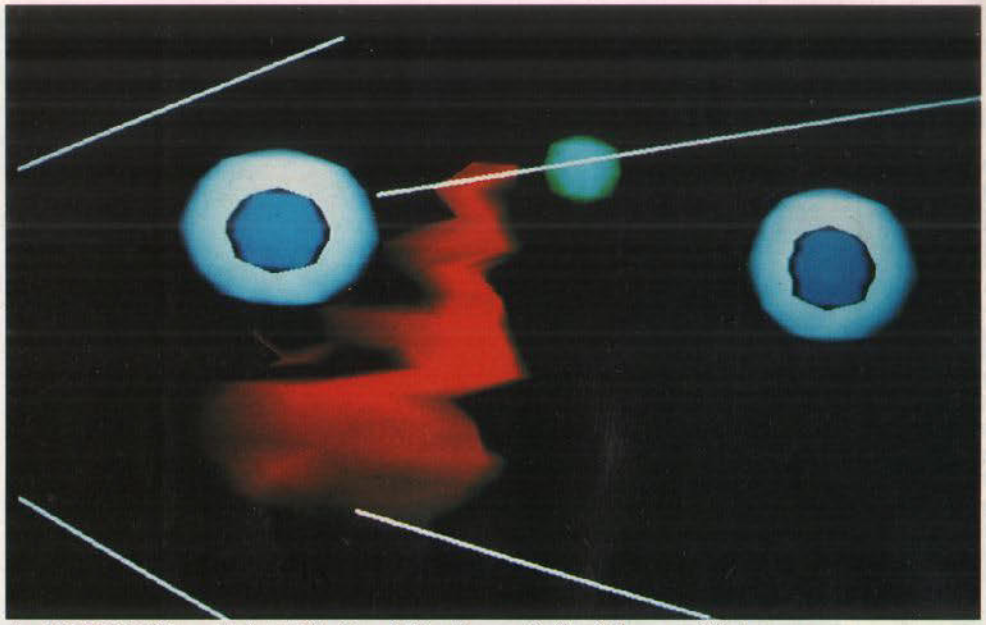
- Sie können jedes Buch 10 Tage lang kostenlos zu Hause prüfen und sich so Ihr eigenes Urteil bilden.
- Sie gehen mit dem Abruf des Buches keinerlei Verpflichtungen ein.
- Sie haben das Recht, jedes Buch innerhalb von 10 Tagen nach Erhalt ohne Begründung an den GEO-Presse-Versand-Service, Postfach 600, W-1707 Neckarsulm, zurückzuschicken. Damit ist alles für Sie erledigt.

Der schmerzlose Schnitt

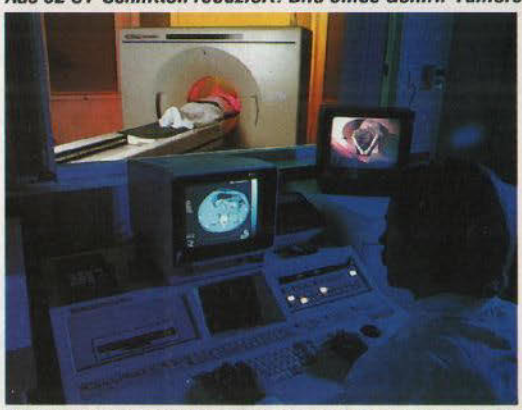
Der Patient muß sich konzentrieren. Als seine Liege um Millimeter weiterruckt, erwartet er schon das nächste Kommando: „Einatmen, ausatmen, stopp." Jetzt hält er für Sekunden die Luft an – seine inneren Organe sollen sich nicht bewegen – und lauscht auf das leise Surren des Computer-Tomographen. Und dann ruckt auch schon wieder die Liege.

Draußen im Kontrollraum steuert der Rechner das Rucken und Surren, der Arzt gibt nur Kommandos. Obwohl der Computer-Tomograph (CT) mit den gleichen Strahlen arbeitet wie das Röntgengerät, ermöglicht die Maschine einen anderen Blick: auf eine Schicht des Körpers quer zur Wirbelsäule, als sei eine komplette Scheibe aus dem Körper geschnitten, deren Dicke zwischen ein und zehn Millimeter betragen kann. Doch der Informationsgewinn hat einen Preis: Für ein einzelnes Tomogramm – ein Kunstwort für „Schnittbild" – braucht der CT zwar weniger Strahlung, als für eine Röntgenaufnahme nötig wäre. Da jedoch oft 20 Bilder oder mehr erforderlich sind, kommt schnell die zehnfache Dosis zusammen.

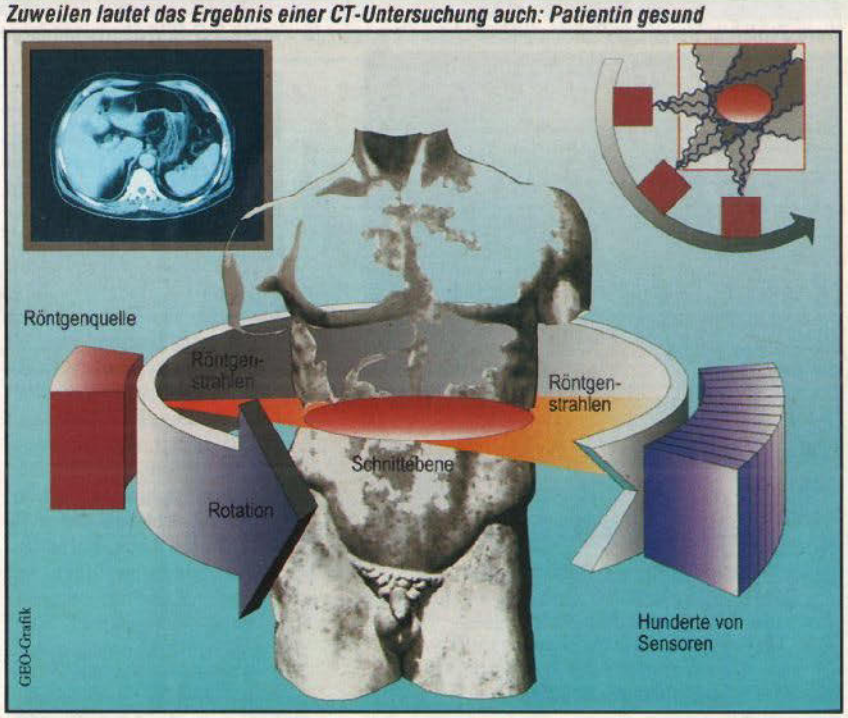
Bei der Aufnahme kreist die Röntgenröhre um den Patienten, der in der Öffnung des Gerätes liegt, und schickt einen Strahlenfächer durch den Körper. Etliche hundert Sensoren registrieren, wieviel Strahlung den Patienten wo durchdrungen hat, und melden die Meßwerte während jeder Umdrehung bis zu tausendmal an den Computer. Moderne CT-Geräte sammeln in einer einzigen Sekunde etwa eine Million Werte und haben das Bild durch Be-



Aus 52 CT-Schnitten reduziert: Bild eines Gehirn-Tumors (rot) mit Augen und Sehnerven



Zuweilen lautet das Ergebnis einer CT-Untersuchung auch: Patientin gesund



Der Computer-Tomograph (CT) nutzt einen flachen Fächer aus Röntgenstrahlen, um Schnittbilder des Körpers zu erzeugen. Das Gewebe schwächt die Strahlen je nach seiner Dichte ab: in den Rippenknochen stark, im weichen Gewebe der Leber und der Milz weniger. Da Röntgenquelle und -sensoren den Patienten pro Bild einmal umrunden, werden alle Organe in der Schicht aus bis zu tausend Richtungen aufgenommen (kleine Grafik). Aus den empfangenen Signalen konstruiert ein Computer dann das Bild. Der Monitor zeigt unterschiedlich dichtes Gewebe als unterschiedlich starke Grauwerte

rechnung von 512 Zeilen à 512 Bildpunkte schon Sekunden später rekonstruiert.

Bei der Spiral-CT-Technik umrundet die Röntgenröhre den Patienten in 30 Sekunden 30mal, während die Liege um 30 Zentimeter vorwärts geschoben wird. Der Computer kann aus den empfangenen Signalen hinterher nicht nur Schichten eines ganzen Brustkorbes rekonstruieren, sondern auch eine Kamerafahrt durch den Körper simulieren oder ein dreidimensionales Bild darstellen. Bei der Aufnahme muß der Patient allerdings die ganze Zeit die Luft anhalten, sonst „verwackelt" das Bild.

Das Herz jedoch schlägt weiter und läßt sich daher nur mit einem Trick aufnehmen: Die Ärzte koppeln das CT-Gerät mit einem Elektrokardiographen, der während der Messung den Herzschlag registriert. Anschließend montiert der Rechner Daten aus verschiedenen Umdrehungen, aber gleichen Herzphasen, zu einer Aufnahme. Ohne diesen Trick kommt die aufwendige amerikanische Imatron-Technik aus: Hier bewegt sich nicht mehr die Röntgen-Röhre mechanisch, sondern viel schneller der Elektronenstrom, der die Strahlen erzeugt; er wird wie beim Fernsehbildschirm elektrisch abgelenkt.

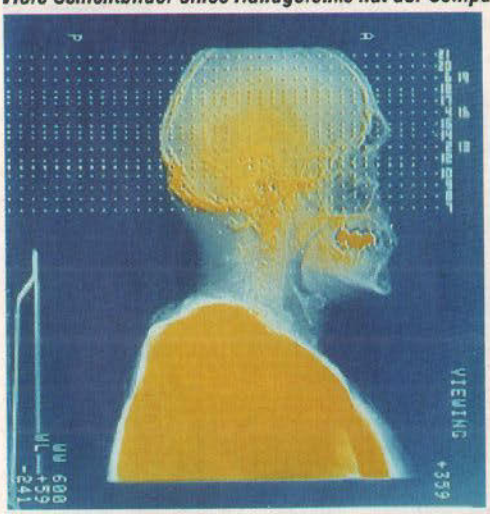
Das CT-Gerät liefert jedoch nicht nur Bilder, sondern auch quantitative Meßwerte. Knochen absorbieren die Strahlung stark und werden vom CT, genau wie im Röntgenbild, weiß abgebildet. Gleichzeitig ordnet ihnen das Gerät aber auch einen Wert von bis zu +3000 Einheiten auf der Hounsfield-Skala zu, so genannt nach dem englischen Ingenieur Godfrey Hounsfield, der 1972 den ersten Computer-Tomographen vorgestellt hatte. Lungengewebe liegt zwischen –500 und –900 Einheiten, Muskelfasern weisen Werte zwischen 0 und +100 auf. Geeicht wird die Skala mit Wasser (null Einheiten) und Luft (–1000).

Solche CT-Daten lassen sich zum Beispiel bei der Überwachung der Osteoporose nutzen: Diese verringert den Kalziumgehalt und damit die Röntgen-Absorption in Knochen vor allem älterer Frauen. Deshalb weisen die Wirbelsäulen dieser Patientinnen niedrigere Werte auf als die Knochen gesunder Altersgenossinnen.

Computer-Tomographen gehören inzwischen zu den wichtigsten Diagnosegeräten der Medizin. 1990 waren in Deutschland fast 700 Geräte in Krankenhäusern und bei niedergelassenen Ärzten installiert, obwohl ein Apparat zwischen knapp einer und fast drei Millionen Mark kostet.

Hounsfields Erfindung, für die er 1979 den Nobelpreis bekommen hat, macht sich jedoch nicht nur für Patienten bezahlt, deren Leiden im CT diagnostiziert wird: Mit seiner Erfindung hat der Ingenieur den Grundstein für andere Schnittbild-Verfahren wie Magnetresonanz(MR)- und Positronen-Emissions-Tomographie (PET) gelegt. *CS*

Viele Schichtbilder eines Handgelenks hat der Computer für dieses 3-D-Bild übereinandergelegt



Bevor er mit der Aufnahme von Schnittbildern beginnt, kann ein Computer-Tomograph »zum Zielen« eine Seitenansicht des Patienten erstellen: Darauf markiert der Arzt die gewünschten Schnittebenen

Der Tanz der torkelnden Atome

Die Frau mit dem verletzten rechten Knie steht sichtlich unter Stress. Ihr Leib steckt bis zur Brust in einem engen Tunnel, der sich in der Mitte eines riesigen Metallwürfels auftut. Und während sie in dieser unangenehmen Lage ruhig liegen bleiben muß, bis die Untersuchung beendet ist, zerrt lautes Knattern an ihren Nerven: Es hört sich an, als ob hinter der Fassade des monströsen Apparates – eines Magnetresonanz(MR)-Tomographen – Maschinengewehre abgefeuert würden.

Auch die knappe Erklärung, was in dem Kasten vorgeht, ist nicht unbedingt geeignet, ängstliche Patienten zu beruhigen: Das Gerät läßt Atomkerne im Körpergewebe mit Hilfe eines starken Magnetfeldes strammstehen, schubst sie dann mit Radiowellen an, bringt sie dadurch zum Torkeln und beobachtet schließlich, wie sie sich wieder aufrichten.

Dennoch muß sich niemand vor der MR-Technik fürchten. Im Gegenteil: Sie erspart zum Beispiel der verletzten Frau eine unangenehme diagnostische Arthroskopie, bei der ihr ein dünnes Sehrohr – ein Endoskop – ins Knie geschoben würde.

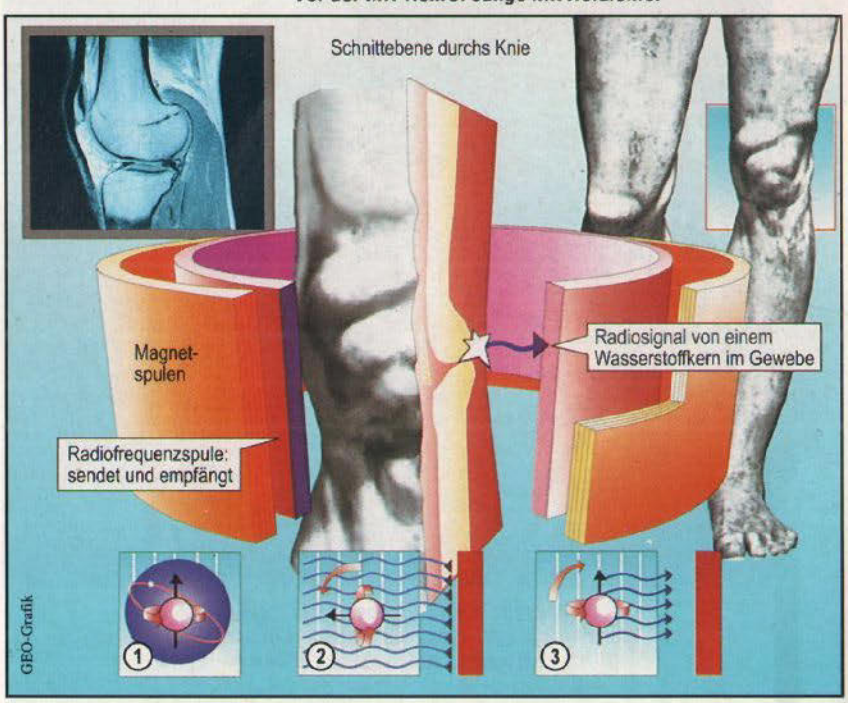
Die Untersuchung im Magnetfeld eröffnet den Ärzten neue Einsichten in den Körper. Denn anders als bei Röntgen- oder Ultraschall-Untersuchungen wird der Blick nicht durch Knochen beeinträchtigt. Vor allem bei Weichteilen liefern MR-Geräte außerdem kontrastreichere Bilder als die nur auf den ersten Blick ähnlichen Computer-Tomographen – und das ohne Belastung durch Röntgenstrahlen. So lassen sich nicht nur die Bänder und Knorpel im Knie erkennen, sondern auch

- Entzündungsherde im Gehirn und Rückenmark aufspüren, und damit die Nervenerkrankung Multiple Sklerose frühzeitig erkennen;
- Blutgefäße abbilden, ohne den Körper der Patienten – wie bei den herkömmlichen Röntgenverfahren – mit einem Kontrastmittel zu belasten;
- Knochenmarkserkrankungen sichtbar machen, weil das Mark ein deutliches Signal gibt;
- Tumore im Hinterkopf auch dort finden, wo störende Knochenschatten etwa den Computer-Tomographen behindern würden.

Die Magnetresonanz- oder Kernspin-Tomographie ist die komplizierteste Technik unter den bildgebenden Verfahren. In jedem MR-Gerät wirken insgesamt fünf stromdurchflossene Spulen an der Abbildung mit. Die größte erzeugt ein starkes Magnetfeld, das meist eine Stärke zwischen 0,2 und 2,0 Tesla erreicht und damit mehrere zehntausendmal stärker ist als das Erdmagnetfeld. Um bei

Der Tumor im Rückenmark einer Vierjährigen – leuchtend rot auf der eingefärbten Aufnahme – verursachte eine Lähmung. Mit dem Magnetresonanz-Tomographen konnten Ärzte die Geschwulst finden und später entfernen. Der Schnitt durch Augen und Gehirn zeigt den Kopf eines gesunden Patienten

Vor der MR-Röhre: Junge mit Herzfehler



Der Magnetresonanz-Tomograph erzeugt mit der äußersten seiner vier Magnetspulen ein starkes Feld und richtet Wasserstoff-Atomkerne im Körper aus (Grafik 1). Diese werden dann von einem Signal der Radiofrequenzspule umgekippt (2) und antworten, wenn sie kurz darauf zurückklappen, mit Wellen derselben Frequenz (3). Die restlichen Magnetspulen erzeugen Raumkoordinaten im Feld, so daß ein Computer berechnen kann, woher die Wellen gekommen sind. Er übersetzt die Daten in Grauwerte: Knochen sind dunkel, Knorpel dagegen kann hell und kontrastreich sein

hohen Feldstärken Strom zu sparen, verwenden die Hersteller supraleitende Spulen, die dem Stromfluß keinen elektrischen Widerstand mehr entgegensetzen. Dafür müssen sie allerdings durch flüssiges Helium auf minus 269 Grad Celsius gekühlt werden.

Weil sich die Atomkerne vieler Elemente selbst wie kleine Magnete verhalten, stehen sie in dem starken Feld gleichsam stramm. Dem liegt ein physikalischer Effekt zugrunde, der schon in den zwanziger Jahren entdeckt worden ist: Bei Atomkernen, die sich wie Kreisel unablässig um ihre eigene Achse drehen, wird die positive elektrische Ladung herumgewirbelt, wodurch sich ein winziges Magnetfeld bildet. Die Verbindungslinie zwischen dessen Nord- und Südpol ist die Drehachse.

Das Ausrichten der Atomkerne ist der erste Schritt zum MR-Bild. Ihm folgt ein spezielles Radiosignal, ausgesandt von einer zweiten kleineren Spule. Die elektromagnetischen Wellen stoßen die Atomkerne an und bringen sie zum Torkeln. Bei jeder Sorte von Kernen ist dazu eine bestimmte Frequenz nötig: Bei den Kernen von Wasserstoff – dem häufigsten Element im Körper – beträgt sie 42 Megahertz pro Tesla Magnetfeldstärke. Nur wenn die Radiowellen exakt die zum Feld passende Frequenz haben, verstärkt ein Resonanz-Effekt die Torkelbewegung. Schon bei einer leichten Frequenzabweichung kommt diese „Präzession" jedoch gar nicht erst in Gang.

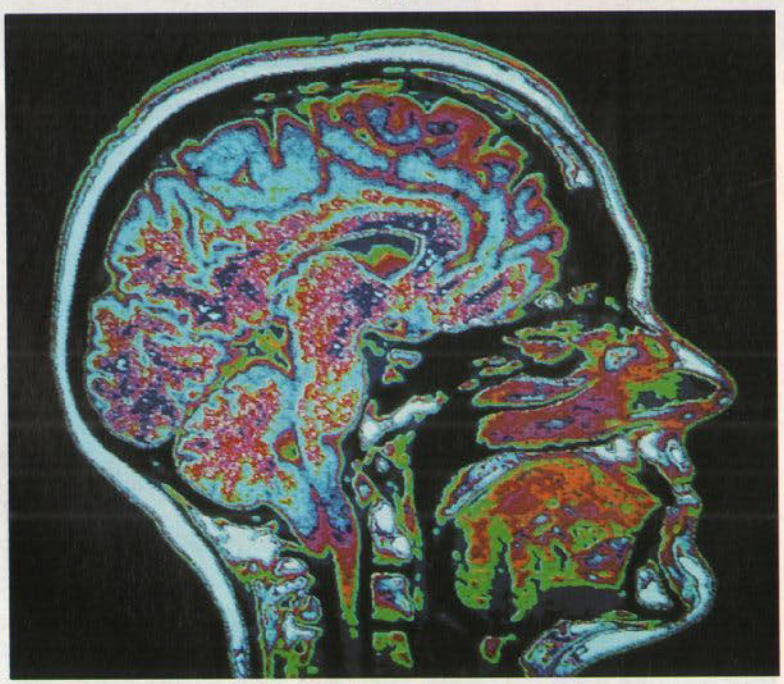
Wenn die Radiowellen verstummen, richten sich die Wasserstoffkerne allmählich wieder auf und stehen im Magnetfeld erneut stramm; dabei senden sie Radiowellen eben jener Frequenz aus, die sie angeregt hatte. Je nach Gewebeart ist die Antwort der Kerne unterschiedlich stark und lang. Aus diesen Signalen puzzelt dann der Computer im MR-Gerät jeweils jene Daten heraus, die für die Konstruktion des gewünschten Schichtbilds wichtig sind. Der Rechner setzt Stärke und zeitlichen Verlauf der empfangenen Wellen in verschiedene Helligkeitsstufen des Bildes um. Sie verraten dem Arzt, ob es sich um Leber, Niere oder Fettgewebe handelt, um einen Tumor oder eine harmlose Zyste, um Knochenmark oder Knorpel.

Damit dem MR-Tomographen etwa bei der Abbildung des Knies nicht die Bänder im Fußgelenk „dazwischenfunken", kann das Gerät dünne Scheiben des Körpers selektiv anregen. Da die Resonanz-Frequenz stark vom Magnetfeld abhängt und dies durch eine dritte Spule des Tomographen gezielt geändert werden kann, läßt sich zum Beispiel die Feldstärke an den Füßen etwas erhöhen und am Kopf senken – und schon torkeln nur noch Wasserstoffkerne im Knie. Mit zwei weiteren Spulen können dem Magnetfeld zudem Steigungen – „Gradienten" – in den Hoch- und Querachsen des Patientenkörpers aufgeprägt werden, so daß das Gerät entscheiden kann, aus welchem Gewebewürfel das empfangene Signal gekommen ist. Durch geschickte Kombination entstehen schließlich Bilder in jeder beliebigen Schnittebene.

Jedesmal wenn der Stromfluß in den drei Gradientenspulen umgeschaltet wird, gibt es allerdings einen Knall. Viele Patienten bekommen Platzangst, wenn sie – etwa bei einer Untersuchung des Gehirns – mit Kopf und Oberkörper im engen Tunnel des Gerätes liegen, sich bis zu eine Stunde lang nicht bewegen dürfen und auch noch das laute Knattern ertragen müssen.

Die körperlichen Auswirkungen des Magnetfeldes gelten dagegen als gering. Zwar haben Forscher eine vorübergehende Erwärmung des Gewebes, veränderte Enzymwirkungen und irreguläre Hirnströme festgestellt. Manche Patienten berichten auch von Lichtblitzen, die ihnen ihr Gehirn offenbar vorgaukelt. Trotzdem sind dauerhafte Schäden nach heutigem Wissensstand unwahrscheinlich – es sei denn, der Patient trüge etwa einen Herzschrittma-

MR-Aufnahme eines normalen Gesichts: Stirn, Augen, Nase und Wangen erstrahlen geisterhaft hell, weil ihr Gewebe viel Wasserstoff enthält. Knochen und Zähne bleiben dagegen dunkel



Magnetresonanz-Tomographen enthüllen Weichteilgewebe - etwa das Gehirn - mit mehr Details als andere bildgebende Verfahren

cher, chirurgische Nägel in den Knochen oder Operations-Clips im Gehirn: Das extrem starke Magnetfeld würde an den Metallteilen zerren und ihre Träger dadurch verletzen.

MR ist eine junge Technik. Chemiker nutzen die magnetische Resonanz der Kerne seit den fünfziger Jahren zur Bestimmung von Molekül-Strukturen. Nachdem Experimente 1971 gezeigt hatten, daß gesundes Gewebe und Krebsgeschwülste unterschiedliche Resonanz-Eigenschaften aufweisen, begann der amerikanische Physiker und Arzt Paul Lauterbur zwei Jahre später, eine Schichtbild-Technik zu entwikkeln. Ein knappes Jahrzehnt später kamen die ersten kommerziellen Geräte auf den Markt. Und 1985 entwickelten Göttinger Forscher eine Methode, die es ermöglicht, die Bildaufnahme wesentlich zu beschleunigen: von zuvor bis zu zehn Minuten auf nur noch ein bis zwei Sekunden pro Aufnahme. 1990 gab es in Deutschland 120 MR-Geräte zum Stückpreis von zwei bis fünf Millionen Mark.

Mit den teuersten dieser Apparate können die Ärzte mehr als nur Schichtbilder machen: Bei Feldstärken bis zu vier Tesla und geeigneten Radiofrequenzen senden auch die Kerne anderer, im Körper seltenerer Elemente meßbare Signale aus. Weil sich dieses Resonanz-Verhalten verändert, wenn etwa Muskeln bei Anstrengung die Phosphor-Verbindung ATP abbauen, können Forscher Stoffwechselaktivitäten messen.

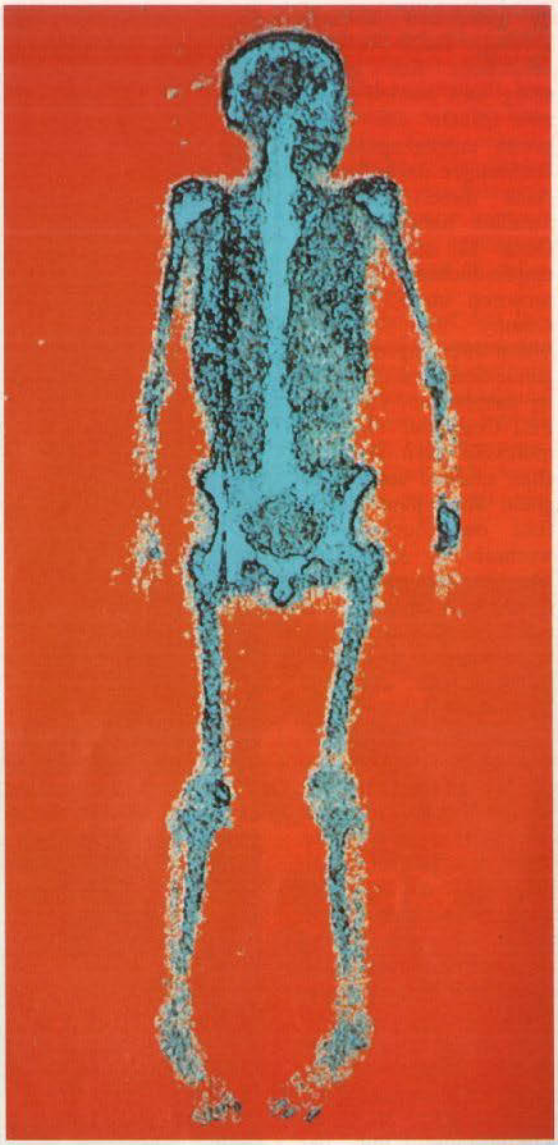
Die Umwandlung von ATP ist essentiell für die Energieversorgung aller Zellen. Ihr gleichsam zuschauen zu können, ohne vorher die Moleküle durch eine radioaktive Markierung verändern zu müssen, wie es bei einem Experiment im Positronen-Emissions-Tomographen nötig wäre, ist ein alter Traum der Physiologen. *CS*

NUKLEARMEDIZIN

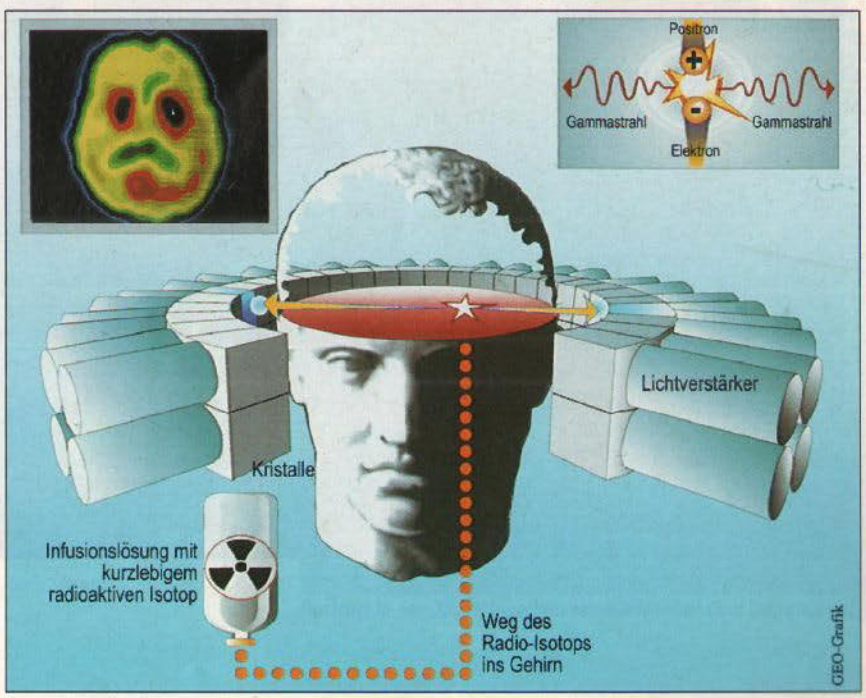
Das Licht der strahlenden Moleküle

Die Frau in dem weißen Kittel blättert langsam die Seiten einer Mappe mit einfachen Symbolen um: ein Vulkan, eine Biene, das Wort „TISCH". War das nicht eben schon einmal da? Oder war es „FISCH"? Der grauhaarige Mann versucht, sich zu erinnern. In den vergangenen Monaten hat der Demenz-Patient ein Gedächtnistraining absolviert, und jetzt überprüfen die Forscher im Kölner Max-Planck-Institut für Gehirnforschung, ob sich sein Erinnerungsvermögen und die Funktion seines Hirns gebessert haben. Bei dem Test machen die Forscher Stoffwechselvorgänge im Denkorgan des Patienten mit einem Positronen-Emissions-Tomographen (PET) sichtbar. Ein Arzt hat dem Mann zuvor eine Zuckerlösung injiziert: Glucosemoleküle, die den Nervenzellen als Energiequelle dienen. Die speziellen Zuckerverbindungen werden bei dem Probanden jedoch nicht – wie sonst üblich – in zahlreichen Stoffwechsel-Schritten vollständig abgebaut: Schon nach dem ersten können die Zellen die Moleküle nicht weiter verdauen. Ihre Verteilung spiegelt die Hirnaktivität wider. Und deswegen soll der Mann sein Gedächtnis anstrengen, soll bei jedem Symbol entscheiden, ob er es zum zweitenmal sieht.

Um das Glucose-Muster messen zu können, markieren die Hirnforscher die Moleküle mit radioaktiven Fluor-18-Atomen, die gleichsam den Standort verraten: Beim Fluor-18-Zerfall verwandelt sich ein überzähliges Proton des Kerns in ein Neutron, wobei die positive Ladung mit einem Positron davonfliegt. Dieses Antimaterie-Teilchen trifft nach wenigen Millimetern auf ein Elektron, seinen nega-



Die Szintigraphie kann Knochenkrebs aufspüren: Radioaktive Stoffe lagern sich im Skelett und dort besonders in Tumoren an, die sich - falls vorhanden - durch einen kräftigen Fleck verraten würden



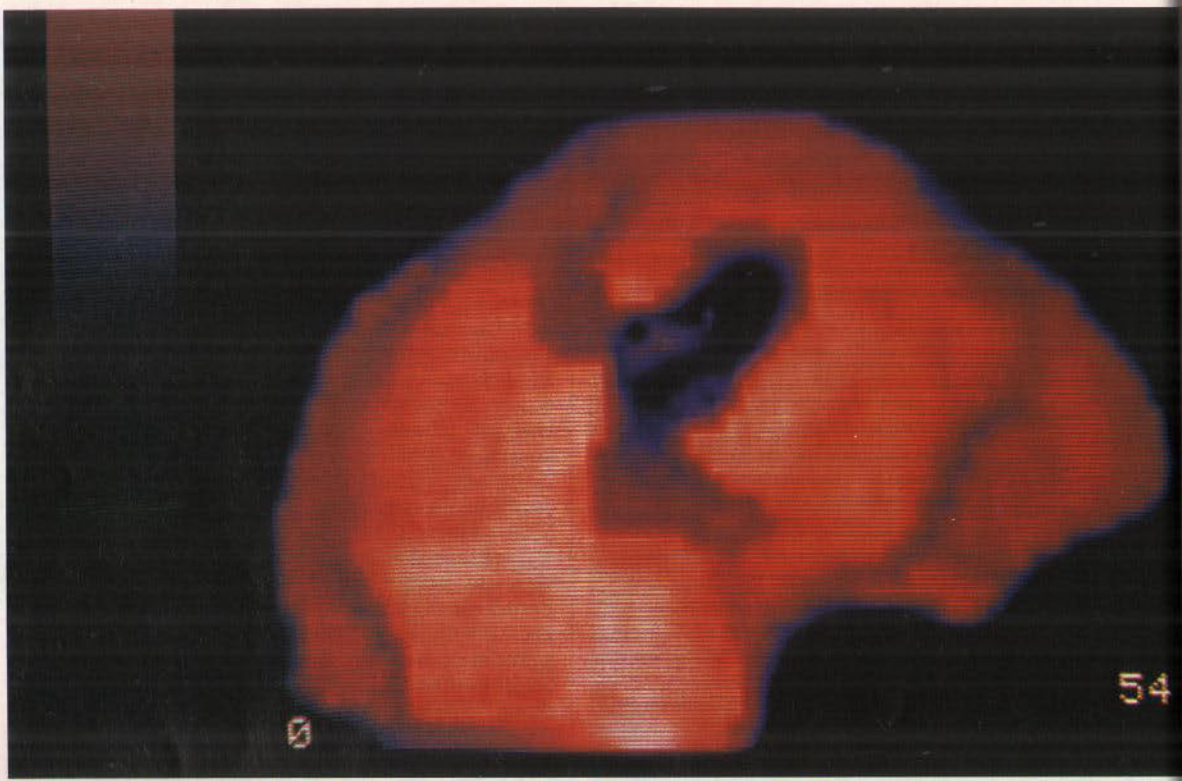
Der Positronen-Emissions-Tomograph (PET) macht Stoffwechselvorgänge sichtbar, etwa im Gehirn: Der Patient bekommt mit radioaktiven Isotopen markierte Moleküle. Diese reichern sich in den Nervenzellen an, die etwa beim Erinnern aktiv sind. Wenn die kurzlebigen Radio-Isotope zerfallen, wird jeweils ein Positron (+) frei, das sofort mit einem Elektron (–) kollidiert. Dabei fliegen zwei Gammastrahlen entgegengesetzt davon. Sie werden von Kristallsensoren registriert und in Lichtverstärkern verarbeitet. Ein Computer verrechnet die Signale zu Schnittbildern; aktive Hirnregionen sind rot oder gelb

tiv geladenen Materie-Zwilling. Beide Teilchen vernichten sich gegenseitig und senden dabei zwei „Blitze" aus, die in genau entgegengesetzten Richtungen davonfliegen. Nach diesen typischen Strahlen halten je nach Gerät bis zu 16 Ringe empfindlicher Strahlungssensoren im PET Ausschau.

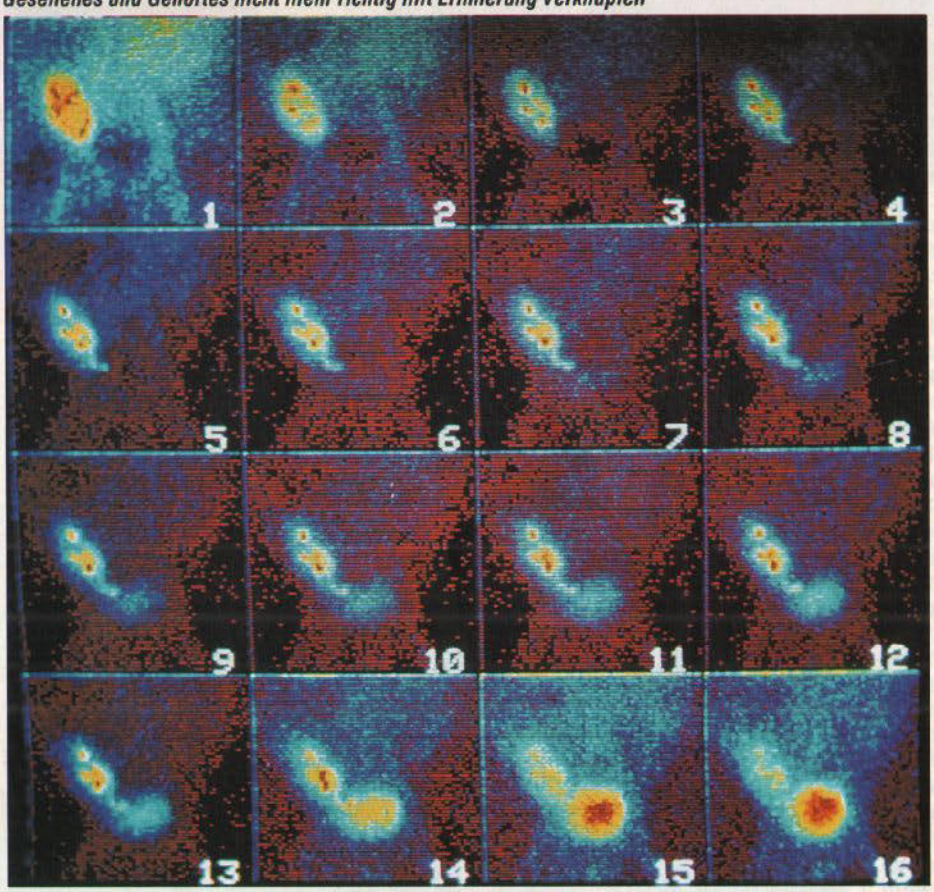
Wenn zwei gegenüberliegende Sensoren gleichzeitig ansprechen, kann der PET-Computer Glucosemoleküle orten. Aus etlichen tausend solcher Signale konstruiert er ein Bild des Zucker-Stoffwechsels der Hirnzellen. Um überhöhten oder zu niedrigen Verbrauch vom normalen Umsatz zu unterscheiden, muß der Rechner die ermittelte Verteilung noch mit zusätzlichen Meßgrößen korrigieren: vor allem mit der Menge des Präparats, dessen Konzentration im Blut bei jeder Aufnahme sowie dem Verlust einzelner Signale auf dem Weg durch den Körper. Nur bei einem knappen Viertel der Zerfälle im Kopf erreichen beide Blitze die Sensoren.

PET ist das jüngste und teuerste Diagnose-Instrument der Nuklearmedizin. Dazu gehört auch die Szintigraphie, mit der Ärzte zum Beispiel die Funktion der Schilddrüse überprüfen, im Skelett nach Knochen-Tumoren suchen oder auch äußerlich unsichtbare Folterspuren nachweisen. Eine Weiterentwicklung dieser Technik ist „Spect": Bei diesem Verfahren kreist das Aufnahmegerät um den Patienten und liefert Schnittbilder, auch wenn jedes Meßsignal nur aus einem einzelnen Teilchen – einem Photon – besteht, nicht aus zweien wie beim PET. Daher kommt der englische Name „Single Photon Emission Computed Tomography".

Bei allen nuklearmedizinischen Diagnosetechniken verabreichen Mediziner



»Spect«-Bild eines dunklen Flecks im Gehirn: Wegen mangelnder Blutversorgung der Scheitellappen kann der Patient Gesehenes und Gehörtes nicht mehr richtig mit Erinnerung verknüpfen



Eine Serie von Szintigrammen zeigt Ärzten nach einer Nierentransplantation, ob das neue Organ seine Aufgaben übernimmt. Der Patient hat ein Präparat mit speziellen Molekülen bekommen, die das radioaktive Isotop Technetium-99 enthalten und über den Harn ausgeschieden werden. Die Momentaufnahmen der Zerfallshäufigkeit belegen, daß Urin aus der Niere (oben links) abfließt und sich in der Blase (unten rechts) sammelt

ihren Patienten kurzlebige radioaktive Präparate, um dann die Verteilung der atomaren Zerfälle im Körper aufzuzeichnen. Dabei entspricht die Strahlenbelastung etwa der einer konventionellen Röntgenaufnahme der Lunge. Die Methoden machen nicht primär die Organe sichtbar, sondern liefern Momentaufnahmen des Stoffwechsels: So analysieren Ärzte, welche Wege die strahlenden Stoffe durch den Körper nehmen, wo diese sich anreichern, wann sie abgebaut werden oder welche Regionen Aktivitätslücken aufweisen.

Bei Szintigraphie und Spect werden sogenannte Gammastrahler benutzt – instabile Isotope schwerer Elemente wie Jod-123, Gold-195 oder Technetium-99. Ihr Vorteil: Sie sind als Fertigpräparate auf dem Markt erhältlich. Ihr Nachteil: Die stabilen Verwandten dieser Atome kommen nur selten in den Biomolekülen des Körpers vor; deswegen kann die radioaktive Markierung das Verhalten der Verbindung ändern.

PET arbeitet dagegen mit Positronen-Strahlern, deren stabile Formen in Biomolekülen vertreten sind, wie Kohlenstoff-11, Stickstoff-13, Sauerstoff-15 oder Fluor-18. Alle diese Isotope zerfallen in sehr kurzen Zeiträumen, die Halbwertszeiten liegen zwischen zwei Minuten bei Sauerstoff-15 und knapp zwei Stunden bei Fluor-18. Deswegen müssen sie meist vor Ort erzeugt, in Moleküle eingebaut und kontrolliert werden, bevor ein Patient oder Proband das Präparat erhält. Dieser Aufwand macht PET-Anlagen teuer: Sie kosten um die zehn Millionen Mark, während ein Spect-Gerät schon für 600 000 Mark zu haben ist.

Mit PET lassen sich jedoch viele Fragen beantworten, die sonst kaum oder gar nicht zu klären wären.

● Beispiel Darmtumor: Nachdem die Krebsgeschwulst herausgeschnitten worden ist, zeigen Bilder des Computer-Tomographen (CT) eine beunruhigende Wucherung. Harmloses Narbengewebe? Oder eine neue Krebswucherung, ein „Rezidiv"? Was ein CT nicht unterscheidet, erkennt PET: Die Wucherung zeigt keinen Stoffwechsel, weshalb die Ärzte ein Rezidiv ausschließen können.

● Beispiel Lebermetastasen: Um die Tochtergeschwülste zu bekämpfen, spritzen Mediziner zunächst eine kleine Menge des Zellgiftes Fluor-Uracil, markiert mit Fluor-18, in die Leberarterie und in die Pfortader. Welches der beiden Gefäße die Geschwülste versorgt und ob diese das Gift überhaupt aufnehmen, verraten die PET-Bilder.

● Beispiel Herzinfarkt: Eine PET-Untersuchung mit Stickstoff-13-markiertem Ammoniak zeigt, daß zwei Drittel des Herzmuskels kaum durchblutet sind. Ein zweiter Test mit Fluor-18-markierter Glucose enthüllt jedoch, daß ein Teil des schlecht versorgten Gewebes noch lebt und das Handicap durch einen erhöhten Zuckerverbrauch kompensiert – ein wertvoller Hinweis für die Ärzte, die nun die Aussichten einer geplanten Bypass-Operation besser abschätzen können.

PET-Geräte helfen aber auch bei der Forschung, vor allem im Gehirn. Sie haben zum Beispiel erstmals am lebenden Menschen gezeigt, in welchem Hirnareal die Parkinsonsche Schüttellähmung beginnt, wo das Zentrum der visuellen Aufmerksamkeit liegt und wie das Gehirn eines Musik-Experten und das eines Laien auf Klänge reagiert – nämlich sehr unterschiedlich. PET kann sogar zeigen, wann ein Mensch denkt und wann nicht. Aber nicht was. *CS*

SONOGRAPHIE

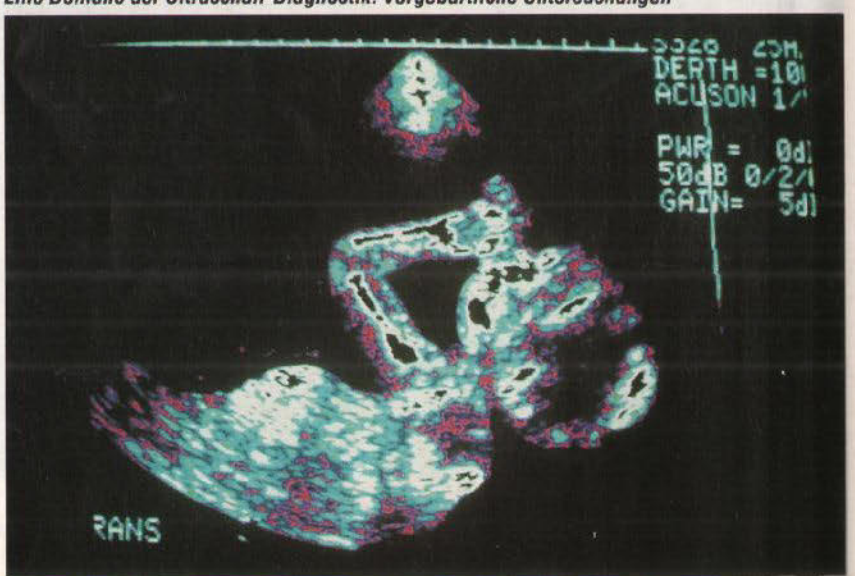
Ein Fall für Schall und Widerhall

Kalt und glitschig fühlt sich der Schallkopf auf dem Bauch der schwangeren Frau an. Doch der leichte Druck und die unangenehme Kühle des Kontaktgels sind vergessen, sobald die Nabelschnur des ungeborenen Kindes auf dem Bildschirm aufleuchtet wie ein rot-blau gewundenes Tau: In einer der Adern fließt sauerstoffreiches Blut; das Ultraschallgerät zeigt die Strömung rot an, und zwar um so heller, je schneller das Blut fließt. Im anderen Gefäß strömt verbrauchtes Blut zurück; verschiedene Blau-Nuancen kennzeichnen die umgekehrte Flußrichtung.

Die bewegten Farbbilder von Nabelschnüren sind eine neue Ergänzung der vorgeburtlichen Diagnostik, einer der Domänen der Sonographie. Weil die „Abbildung mit Tönen" als ungefährlich für Mutter und Kind gilt, prüfen die Mediziner während der Schwangerschaft immer wieder, wie sich Embryo und Fetus entwikkeln. Anhand der Bilder rechnen sie das Geburtsdatum hoch und kontrollieren, ob das Ungeborene richtig liegt und ob „alles dran" ist.

Laien sehen auf den Bildern allerdings meist nur grau in grau. Die Aufnahmen wirken grobkörnig, räumlich verzerrt und bieten kaum Orientierungspunkte. Und auch Ärzte erkennen erst mit viel

Eine Domäne der Ultraschall-Diagnostik: vorgeburtliche Untersuchungen

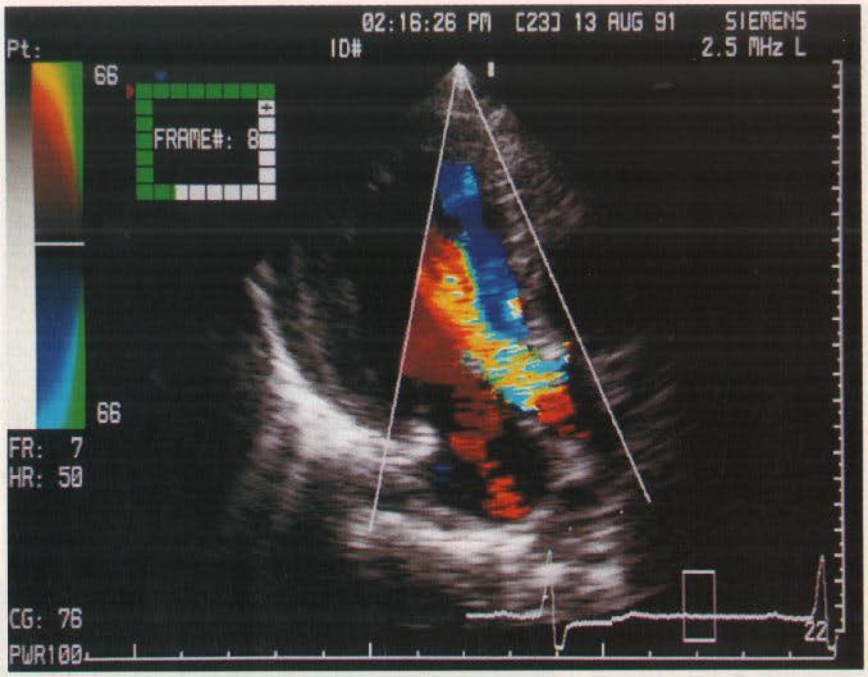


Portrait in der 22. Schwangerschaftswoche: Das Ungeborene lutscht am Daumen

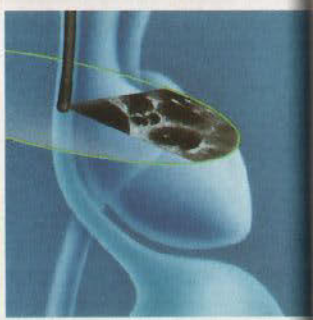
Übung etwa Lippen-Kiefer-Spalten beim Fetus, Gallensteine oder Lebertumoren bei Erwachsenen und Fehler an Herz oder Achillessehne.

Die farblich sichtbar gemachten Messungen des Blutflusses erweitern die Möglichkeiten der Sonographie: So verrät sich eine Verengung der Halsschlagader nicht nur durch hellere Rot-Nuancen des dort beschleunigten Blutflusses, sondern oft auch durch eine blaue Gegenströmung hinter dem Hindernis, dem Strudel hinter einem Wehr gleich.

Die vielfältigen Bilder entstehen durch die Analyse von Echos. Wenn der Ultraschall im Körper auf eine Grenzfläche – etwa zwischen unterschiedlich dichten Geweben – stößt, wird ein Teil der Wellen reflektiert. Aus deren Laufzeit und der Stärke des Echos rekonstruiert ein Computer das Bild, und zwar ohne Zeitverzögerung. Knochen werfen den Schall komplett zurück, auf dem Bildschirm erscheinen sie weiß und blockieren den Blick auf das dahinterliegende Gewebe. Untersuchungen im Kopf sind also bisher ausgeschlossen. Luft hingegen absorbiert die Wellen; Lungengewebe bleibt deswegen dunkel. Ohne das glitschige Kontaktgel würden die Pulse also schon in der Luftschicht zwischen Schallquelle und Haut verschluckt.

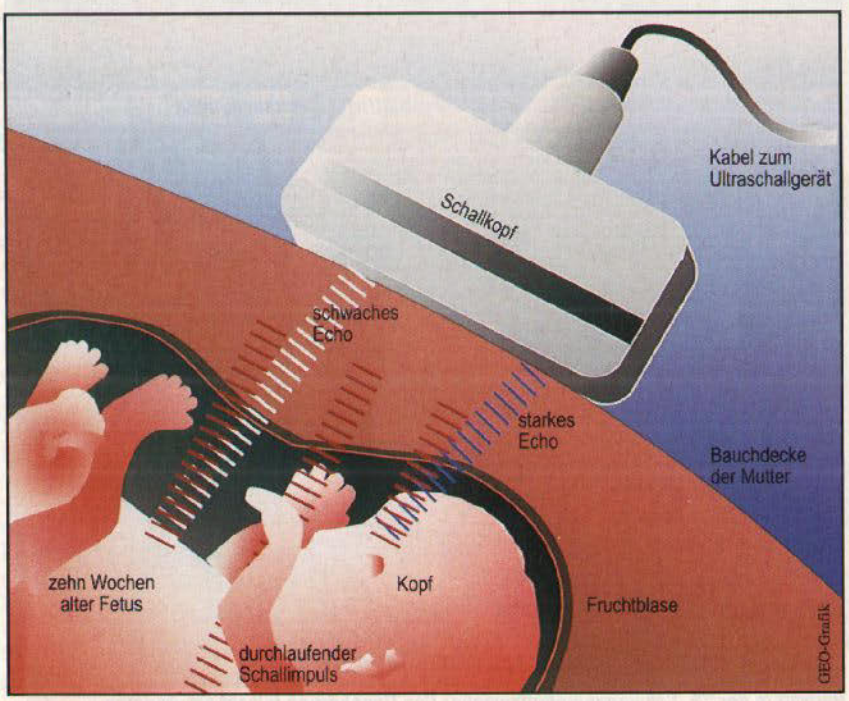


Ultraschall-Sonden, die von der Speiseröhre aus das Herz abtasten, machen Richtung und Geschwindigkeit des Blutstroms farbig sichtbar: Der gelb-blaue Anteil markiert, wo Blut durch eine defekte Herzklappe aus der Aorta in die linke Kammer zurückfließt



Kernstück des Schallkopfes, den der Arzt gegen die Haut drückt, ist ein Streifen Piezo-Keramik. Dieses Material schwingt nach elektrischen Pulsen mechanisch und sendet somit Schallwellen aus; umgekehrt verwandelt es Echos in elektrische Signale, empfängt also. Die Sendefrequenzen liegen zwischen zwei und 20 Megahertz (Millionen Schwingungen pro Sekunde). Bei den einfachsten Schallköpfen – den Parallel-Scannern – sind meist 128 Piezo-Module eng aneinandergereiht; diese senden und empfangen nacheinander die Signale für jeden Streifen des Bildes. Der Rechner muß das Gerät allerdings „scharfstellen", da nur die Echos aus dem Fokusbereich des Ultraschallbündels befriedigende Bilder liefern. Durch elektronische Ansteuerung der Piezo-Stückchen kann der Computer den Fokus nicht nur höher und tiefer legen, sondern – bei Sektor-Scannern – den Abtaststrahl auch seitlich schwenken.

Die Farbe kommt meist durch den Doppler-Effekt ins Spiel. Bei Schallquellen, die sich bewegen, verändert sich bekanntlich die Frequenz: Die Sirene eines herannahenden Polizeiwagens klingt höher, die eines davonfahrenden dagegen tiefer. Auch der Fluß des Blutes verändert die Frequenz des reflektierten Ultraschalls. Geräte für die Doppler-Sonographie analysieren diese Frequenzverschiebungen und können somit Strömungsgeschwindigkeiten indirekt messen. Neueste Apparate dagegen beobachten direkt, wie weit sich eine Gruppe von Blutkörperchen zwischen zwei Ultraschallpulsen bewegt hat. Das Ergebnis präsentiert der Rechner dann farbig auf dem Bildschirm; die Skala



Bei der Sonographie erzeugen Keramik-Module im Schallkopf Ultraschall-Pulse. Diese dringen durch eine spezielle Gel-Schicht zwischen Gerät und Haut in den Körper ein. Dort werden die Wellen an Grenzflächen zwischen unterschiedlich dichtem Gewebe - etwa an Knochen oder Haut des Fetus - zum Teil zurückgeworfen. Stärke und Laufzeit der Echos verrechnet ein Computer zu Grauwerten und kombiniert diese zum Ultraschallbild

reicht gewöhnlich von Hellblau über Rot bis Gelb oder Weiß.
Die farbige Doppler-Sonographie mit sehr kleinen Ultraschallsonden ermöglicht beispielsweise auch, die Herzkammern ohne Eingriff zu studieren. Dem Patienten wird dazu ein elf Millimeter dünner Schallkopf an der Spitze eines Schlauches in die Speiseröhre geschoben. Von dort aus, dicht am Herzen, kann der Arzt den Blutfluß in allen vier Kammern untersuchen. Die fortschreitende Miniaturisierung der Sender erlaubt inzwischen sogar den Blick ins Innere der Gallengänge – mit einem Schallkopf von weniger als zwei Millimeter Durchmesser, in dem die Piezo-Keramik rotiert.
Ultraschallpulse verbessern gelegentlich auch die Therapie: Ärzte in den USA etwa haben registriert, daß gebrochene Schienbeine um 30 Prozent schneller zusammenwachsen, wenn täglich für 20 Minuten Schallpakete durch ein Loch im Gipsbein gesendet werden. Als Ursache dieser beschleunigten Heilung vermuten die Mediziner, daß der Ultraschall die Membranen der Knochenzellen dehnt und so deren Wachstum anregt.
Die hochfrequenten Pulse wirken therapeutisch, weil sie Energie in den Körper tragen; sie könnten daher auch zu unerwünschten Nebenwirkungen bei der Diagnose führen. Gleichwohl sind unter anderem Wissenschaftler des Berliner Hahn-Meitner-Instituts 1988 zu dem Ergebnis gekommen, daß eine Sonographie den Patienten kaum schadet. Doch mitunter treten trotzdem unerwünschte Folgen auf: Wenn sich der Arzt verplappert und den Eltern schon Monate vor der Geburt die Spannung raubt, ob es ein Junge oder Mädchen wird.

Volker Bormann

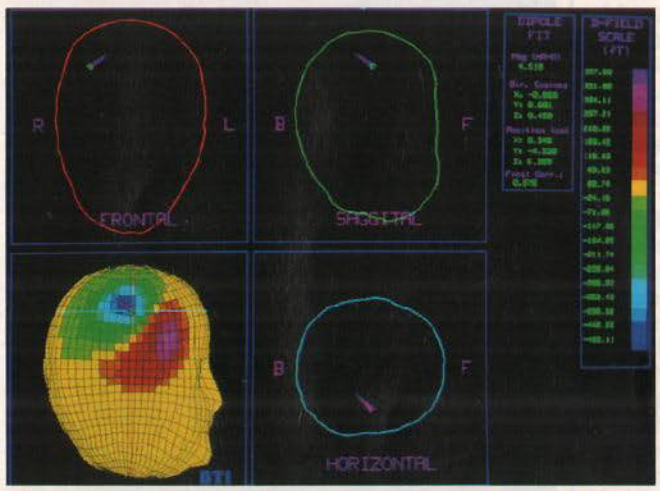
BIOMAGNETISMUS

Die Spur der störenden Ströme

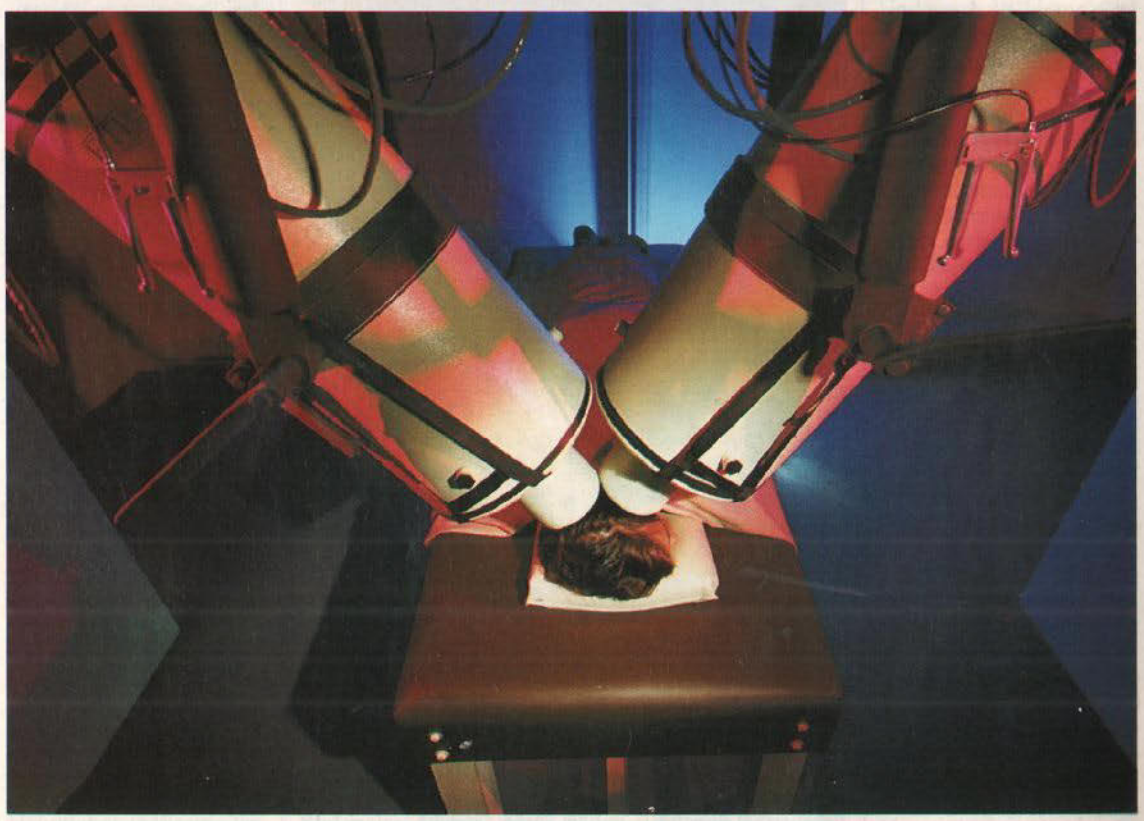
Eine klobige Thermosflasche verbirgt das wohl eleganteste Meßgerät der Medizintechnik. Im Inneren schwappt flüssiges Helium und kühlt 19 Meßsonden für Magnetfelder auf minus 269 Grad Celsius. Die dank dieser Kälte höchstempfindlichen Sensoren horchen, wenn sie gebraucht werden, nur kurz in den Körper hinein – völlig passiv, völlig unbelastend.
Mit dieser kurz „Squid" genannten Technik

- weisen Erlanger Mediziner stille Schlaganfälle nach, bei denen die Versorgung nicht-vitaler Gehirnteile kurz unterbrochen worden ist – und zwar noch Tage nach der Störung;
- glauben Berliner Forscher die drohende Abstoßung eines transplantierten Organs vorhersagen zu können und
- haben Wissenschaftler in Münster nachgewiesen, daß beim Ohrensausen eine Komponente in der Gehirnerregung fehlt – bisher halfen bei der Diagnose nur die Angaben des Patienten.

Mit den Magnetfeld-Sensoren beschreiten die Mediziner einen Umweg, der direkter zum Ziel führt. Nervenzellen leiten ihre Erregungen mit schwachen elektrischen Strömen weiter. Über Elektroden auf der Haut werden die Signale schon seit langem gemessen – die des Herzens mit dem Elektrokardiographen (EKG), die des Gehirns mit dem Elektroenzephalographen (EEG). Da die Botschaf-



Stärke und Ort von Gehirnströmen kann ein Computer aus den per »Squid« gemessenen Magnetfeldern rekonstruieren. Der Bildschirm zeigt einen frontalen und seitlichen (»sagittalen«) Längsschnitt sowie einen Querschnitt und ein räumliches Modell des Kopfes samt der Quelle der Erregung



Damit die Messung der extrem schwachen Magnetfelder im Kopf des Patienten nicht verfälscht wird, müssen die tiefgekühlten, in überdimensionalen »Thermoskannen« verpackten Squid-Sensoren ganz nah an die Quelle herangeschoben werden

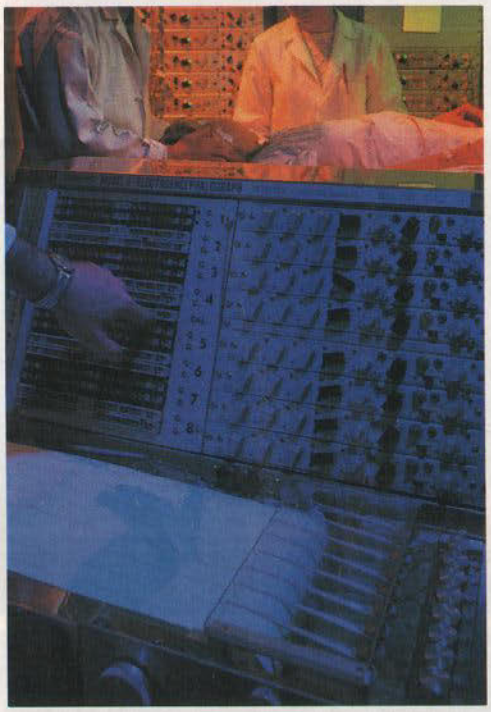
ten allerdings durch Haut oder Knochen verzerrt werden, können die Ärzte den Ausgangspunkt der Erregung per EKG oder EEG nur sehr ungenau lokalisieren.

Jeder elektrische Strom erzeugt aber zugleich ein Magnetfeld, das nicht verformt wird. Es ist im Fall der Nervenbahnen äußerst schwach, bis zu hundertmillionenmal schwächer als das Erdfeld.

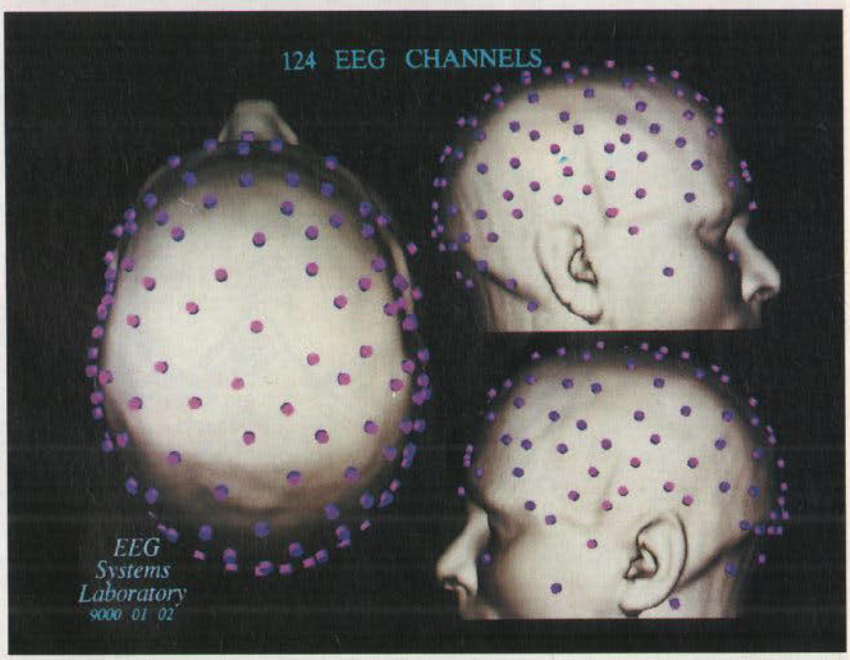
Trotzdem können Squids – ausgeschrieben und übersetzt bedeutet die Abkürzung „Supraleitendes Quanten-Interferenz-Gerät" – solche Felder messen: Supraleitung nennen die Physiker das Phänomen, daß bei extrem tiefen Temperaturen der elektrische Widerstand vieler Stoffe völlig verschwindet. Quanten-Interferenz erlaubt, auch kleinste Veränderungen des Magnetfeldes zu messen. Damit die Sensoren auch wirklich Vorgänge im Körper wahrnehmen und nicht den Elektromotor des Fahrstuhls im Nachbargebäude, schirmen tonnenschwere Meßkabinen aus Metall alle äußeren Magnetfelder ab.

Bei der Nervenimpuls-Ortung per Squid in Hirn oder Herz nehmen die Mediziner zunächst den einfachsten Fall an: Der Strom ist nur an einem Ort geflossen. Dann muß das Ergebnis einer Rückrechnung vom angenommenen Strom zum Magnetfeld offensichtlich den Meßdaten gleichen. Außerdem muß die Erregung neurologischen Gesetzen folgen, also einige Millisekunden am Ort bleiben und sich nicht zu schnell bewegen. Trifft eine der Bedingungen nicht zu, verfeinern die Ärzte ihre Annahme und ziehen eine zweite Quelle in Betracht. So kann die Nervenerregung oft auf wenige Millimeter genau geortet werden.

Damit Ärzte mit dieser Ortsinformation überhaupt etwas anfangen können, werden die rekonstruierten Stromverteilungen über ein Schnittbild aus dem Körper des Patienten gelegt, das mit einem Magnetresonanz-Tomographen gemacht wurde. Mechanische Halterungen fixieren dabei Kopf und Körper in einer vergleichbaren Lage.



Die hohe Empfindlichkeit hat ihren Preis: Etwa vier Millionen Mark kosten Meßsonden, Computer und Programme; für eine abgeschirmte Meßkabine sind noch mal etwa 600 000 Mark fällig. Preismindernd könnten sich künftig neuartige keramische Supraleiter auswirken, die schon bei der relativ hohen Temperatur von minus 196 Grad Celsius arbeiten. Schon träumen Bio-Ingenieure von Messungen mit tragbaren Squid-Geräten direkt im Operationssaal. Viele Labors im In- und Ausland versuchen derzeit, die Sensoren durch Fräsen mit einem Strahl energiereicher Ionen oder Ätzen maschinell und zuverlässig herzustellen. Erste Hochtemperatur-Squids haben russische Forscher aber schon vor zwei Jahren benutzt: Sie hatten ihre Bauteile einfach mit dem Skalpell aus einem Plättchen des keramischen Materials geschnitzt. *CS*



Ein modernes Elektroenzephalographie(EEG)-Gerät erfaßt Hirnströme mit 124 über die Kopfhaut verteilten Elektroden, die ihre Ergebnisse direkt an einen Computer weiterleiten. Bei älteren Modellen zeichnen Meßschreiber die Erregungskurven auf lange Papierbahnen. EEG-Technik kostet zwar viel weniger als Squid-Systeme, ist aber auch unpräziser: Elektrische Felder werden in Knochen und Haut verzerrt, Magnetsignale nicht

ANALYSE-TECHNIK

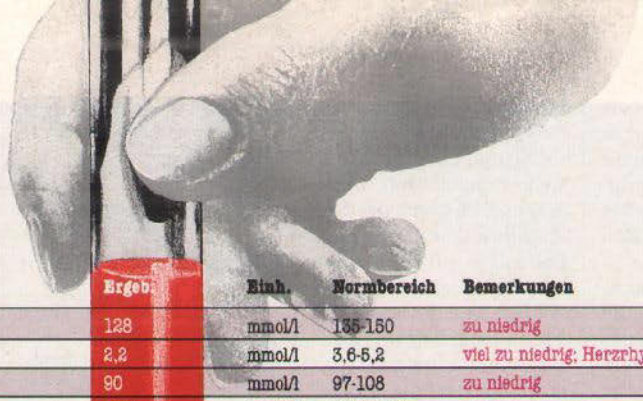
Was im Blut geschrieben steht

Alles ist Routine, und alles muß ganz schnell gehen: Ein Mann ist bei leichter Gartenarbeit zusammengebrochen und war kurzzeitig bewußtlos. Der Notarztwagen hat ihn in die Kieler Universitätsklinik gebracht, und hier wollen die Ärzte mit einer Blutanalyse möglichst schnell die Ursache für den Kollaps finden.

Blut enthält Hunderte von Substanzen, von Eiweißen über Elektrolyte bis zu Medikamenten. Beim gesunden Menschen schwankt die Konzentration der körpereigenen Stoffe in einem Normbereich; oft weisen Abweichungen auf krankhafte Veränderungen hin. Bei jeder Messung läuft im Prinzip der gleiche Prozeß ab: Nachdem die Blutzellen entfernt sind, wird das durchsichtige Serum mit einer oder zwei spezifischen Chemikalien vermischt. Dadurch löst sich die gesuchte Substanz aus ihren Verbindungen. Ihre Konzentration kann optisch gemessen werden: Je mehr von dem Reaktionsprodukt in der Flüssigkeit schwimmt, desto stärker absorbiert es das Licht einer spezifischen Farbe.

Bei dem Hobbygärtner hat der Arzt schon nach 20 Minuten das Ergebnis des Notfalltests. Gleich die ersten beiden Werte, die Elektrolyte Natrium (Na) und Kalium (K), liegen unterhalb des Normbereiches. „Der Kaliummangel hat zum Zusammenbruch geführt", stellt Ulrich Fölsch fest, Direktor der Abteilung Allgemeine Innere Medizin, „weil er Herzrhythmusstörungen auslöst. Ursache dafür sind die Entwässerungstabletten, mit denen der Mann seinen überhöhten Blutdruck senken sollte."

Auch die übrigen Werte des Notfalltests liefern dem Mediziner oft erste



Test	Substanz	Ergeb.	Einh.	Normbereich	Bemerkungen
Na	Natrium	128	mmol/l	135-150	zu niedrig
K	Kalium	2,2	mmol/l	3,6-5,2	viel zu niedrig; Herzrhythmusstör.
Cl	Chlorid	90	mmol/l	97-108	zu niedrig
Ca	Calcium	2,32	mmol/l	2,20-2,60	o.k.
PHOS	Phosphat	1,43	mmol/l*	0,85-1,76	o.k.
UREA	Harnstoff	33,6	mg/dl	20,0-50,0	Niere o.k.
CREA	Creatinin	1,03	mg/dl	0,90-1,40	
CHOL	Cholesterin	217	mg/dl	100-250	kein Problem mit Blutfett
TRIG	Triglyceride	97	mg/dl	70-200	
GOT	Glutamat-Oxalacetat-Transaminase	7,6	U/l**	5,0-17,0	Leber o.k.
GPT	Glutamat-Pyruvat-Transaminase	9,4	U/l	5,0-23,0	
LDH	Lactatdehydrogenase	124	U/l	120-240	Blut o.k.
CK	Creatinphosphokinase	95	U/l	0-80	leicht erhöht: wahrscheinlich vermehrte Muskelarbeit
ALP	Alkalische Phosphatase	89	U/l	50-190	Leberwerte o.k.
GGT	Gamma-Glutamyl-Transpeptidase	21,0	U/l	6,0-28,0	
CHE	Cholinesterase	4,99	kU/l	2,30-7,40	Leber o.k.
AML	Amylase	62	U/l	20-120	Bauchspeicheldrüse o.k.
LIP	Lipase	49	U/l	20-190	
TBIL	Gesamt-Bilirubin	0,80	mg/dl	0,20-1,10	Leber, Blut, Galle o.k.
HSRE	Harnsäure	4,34	mg/dl	3,40-7,00	o.k., kein Hinweis auf eine Gicht
TP	Gesamt-Protein	7,60	g/dl	6,00-8,50	Leber, Niere o.k.
Fe	Eisen	82	µg/dl	80-180	o.k.
GLUC	Glucose	90	mg/dl	70-110	o.k., kein Diabetes mellitus
	Barbiturate	negativ			
	Benzodiazepine	negativ			
	Antidepressiva	negativ			
	Alkohol	nicht nachweisbar			

*mmol = Millimol, chem. Mengeneinheit; 1 mmol ≈ 6 x 10^{20} Teilchen

** U = International Unit (Maß für Enzym-Aktivität)

Nach der Analyse des Blutserums wirft der Meßcomputer eine Ergebnis-Liste aus. Abweichungen vom Normbereich bei einer oder mehreren Substanzen verraten erfahrenen Ärzten oft, woran der Patient leidet

Anhaltspunkte, was bewußtlosen Patienten fehlt.

- Jede größere Abweichung vom Normalgehalt des Blutzuckers (Glucose) kann zum Kollaps führen.
- Eine deutliche Erhöhung der Creatinphosphokinase (CK) deutet auf einen Herzinfarkt, weil dieses Enzym dann in großen Mengen aus dem geschädigten Muskel ins Blut gelangt.
- Zu hohe Werte von Harnstoff (UREA) und Creatinin (CREA) weisen auf einen Nierenschaden hin, der das Organ hindert, die giftigen Stoffe ausreichend aus dem Blut zu entfernen.
- Ein Überfluß stärkespaltender Amylase (AML) läßt eventuell auf eine entzündete Bauchspeicheldrüse schließen.

Doch in vielen Fällen reichen den Ärzten die Daten aus dem Notfallprogramm nicht. Erst der Computerausdruck mit der kompletten Liste der Befunde – im Kieler Hauptlabor 23 Werte – liefert ihnen Gewißheit über den Zustand der wichtigsten Organe. Eine Entzündung der Bauchspeicheldrüse etwa können sie erst sicher diagnostizieren, wenn außer AML auch der Wert für die Lipase (LIP) erhöht ist. Auf einen Leber- oder Gallenschaden hingegen läßt zuviel Gesamt-Bilirubin (TBIL) schließen. Dieses Abbauprodukt der roten Blutkörperchen fließt im Normalfall über die Leber in die Galle. Kann die Leber es nicht verarbeiten oder versperrt ein Stein oder Tumor den Gallengang, dann gelangt es im Überfluß ins Blut.

Schließlich erlaubt die Blutanalyse sogar Rückschlüsse auf das Verhalten des Patienten. Auch wenn der Alkohol schon abgebaut ist, können die Ärzte einen tiefen Blick ins Glas manchmal noch nach zwei Tagen erkennen: Dann ist sehr viel Gamma-Glutamyl-Transpeptidase (GGT) im Blut. Nach Gelagen mit eiweißreicher Nahrung schießt der Spiegel der Harnsäure (HSRE) in die Höhe. Auch Drogenkonsum und Medikamentenmißbrauch schlägt sich im Blut nieder.

Bei dem Hobbygärtner finden die Mediziner allerdings auch mit der umfangreichen Blutanalyse keine weiteren beunruhigenden Abweichungen; die Elektrolyte bleiben das einzige Problem. Ulrich Fölsch kann seinen Patienten noch am folgenden Tag mit einem Kaliumpräparat nach Hause entlassen. *Lutz Reidt*

ELEKTROKARDIOGRAMM

Die Handschrift des Herzens

Das Herz kann schlagen, flattern, rasen, hämmern, stocken und stillstehen, brechen oder schier zerspringen. Doch die kühle Sprache der Herzspezialisten reduziert die poetischen Metaphern zu P-, Q-, R-, S- und T-Zacken, zur QT-Zeit, ST-Strecke, U-Welle oder zum QRS-Komplex. Herzschlag für Herzschlag analysieren die Mediziner nach dem Kurvenbild des Elektrokardiogramms (EKG): Höhere Schlagfrequenzen beim Herzrasen erkennen sie an dichtgedrängten R-Zacken, überzählige Kontraktionen beim Vorhofflattern an „Sägezahn"-Wellen. Und wenn das Herz steht, zeigt das EKG nur noch die platte Null-Linie.

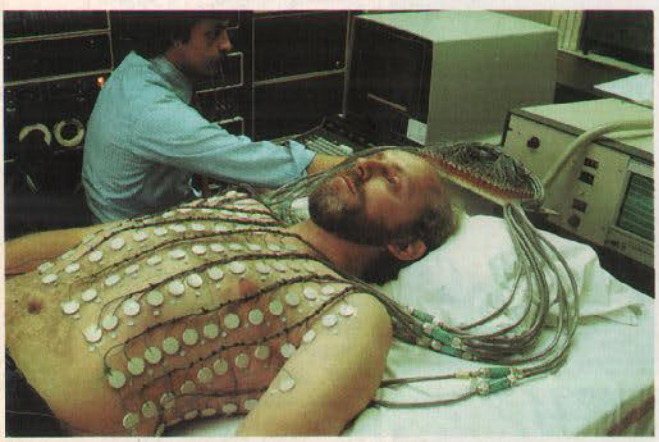
Der faustgroße Muskel Herz schlägt, gesteuert durch elektrische Spannungspulse, im ruhigen Zustand 60- bis 80mal in der Minute. Die linke Hälfte preßt sauerstoffreiches Blut durch den Körper, die rechte pumpt zurückfließendes Blut in die Lungen, wo es wieder mit Sauerstoff beladen wird. Die Spannungsschwankungen im Rhythmus der Schläge lassen sich mit elektrischen Kontakten auf der Haut ableiten: Beim Standard-EKG trägt der Patient sechs Elektroden am Brustkorb und vier weitere an den Händen und Füßen.

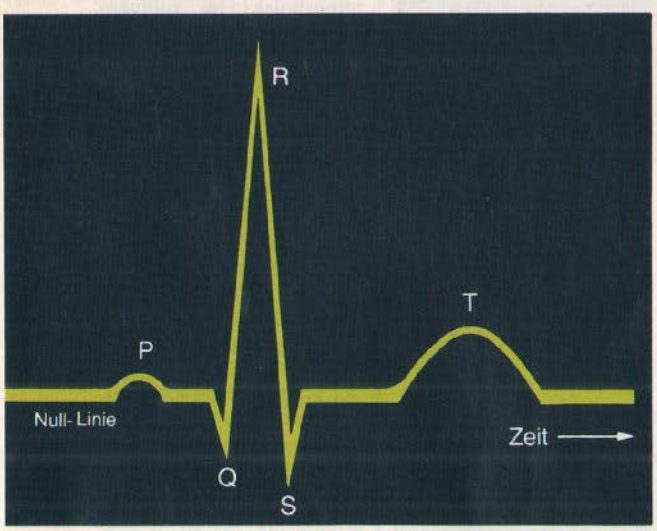
Ein Ruhe-EKG gehört zu jedem Check-up; dabei muß der Patient flach auf dem Rücken liegen. Bei Bedarf folgt noch ein Belastungs-EKG: Durchblutungsstörungen des Herzens zeigen sich oftmals erst, wenn der vermeintlich Gesunde auf dem Trimmrad strampelt oder auf dem Laufband

trabt. Am Ende jeder Untersuchung vergleicht der Arzt die Kurven auf dem Papierstreifen mit der Herzschrift eines gesunden Menschen. Dabei muß er beachten, daß sich die Zackenlinie vom Idealbild unterscheiden kann, obwohl keine Herzerkrankung vorliegt: Ein magerer Sportler etwa zeigt besonders hohe Ausschläge, da seine Herzaktivität deutlich bis zur Körperoberfläche durchdringt. Fettschichten schwächen die Signale dagegen. Auch Lebensalter und Atmung beeinflußen das EKG-Bild.
Unregelmäßige Zackenformen oder -abstände sind Krankheitssignale. Beim gesunden Menschen zum Beispiel verläuft die ST-Strecke flach über der Null-Linie, nach einem Herzinfarkt biegt sie sich steil nach oben. Doch dieses Signal, das ein Arzt im EKG schnell und sicher erkennt, ist erst nach dem Anfall zu sehen, wenn der Patient – oft bewußtlos oder schmerzverzerrt – mit Blaulicht ins Krankenhaus eingeliefert wird. Rhythmusstörungen zeigen sich dagegen schon, bevor es zum lebensbedrohlichen Kammerflimmern kommt. Um sie zu diagnostizieren, ordnet der Arzt ein Langzeit-EKG an. Dabei kleben die Elektroden 24 Stunden lang am Leib des Patienten, während ein Minirecorder von der Größe eines Walkmans die Herzströme registriert.
Bis die Geräte so handlich wurden, vergingen fast 100 Jahre. Der Prototyp, der um 1900 im holländischen Leiden von Willem Einthoven getestet wurde, wog noch 270 Kilogramm, paßte kaum in zwei Räume und mußte von fünf Personen bedient werden. Modernste EKG-Geräte arbeiten dagegen fast vollautomatisch: In ihrem Datenspeicher steckt das Wissen erfahrener Kardiologen. Auf dieser Basis bieten sie eine Diagnose an, die der behandelnde Arzt aber noch bestätigen muß, verbessern oder verwerfen kann. Ungefähr 17 000 Mark kostet so ein elektrischer Herzspezialist; ein Standard-Gerät ist schon für 7500 Mark zu haben.
Jedes Jahr werden in Deutschland 15 bis 20 Millionen EKGs geschrieben. Ein großes Krankenhaus zeichnet fast 30 000 auf – ein riesiger Papierberg im Archiv. Industriefirmen bieten inzwischen kardiologische Managementsysteme an, die Hunderttausende von Herzkurven elektronisch speichern. Sie zeigen in Sekunden das alte und das neue EKG eines Patienten auf dem Bildschirm.

Kirsten Brodde

Um mit einem EKG bestimmte Herzfehler zu diagnostizieren, wird Patienten in seltenen Fällen die ganze Brust mit Elektroden beklebt





Das EKG-Idealbild eines Herzschlages: Kurz nachdem sich die P-Zacke von der Null-Linie nach oben wölbt, pumpen beide Vorhöfe Blut in die Herzkammern. Diese beginnen sich nach der Q-Zacke zusammenzuziehen. R- und S-Zacken zeigen, wie die Erregung den ganzen Muskel erfaßt. Mit dem Beginn der T-Zakke erschlafft das Herz, um nach kurzer Pause mit der P-Zacke von vorn zu beginnen

LASER

Grelle Blitze gegen Schleier

Gelbliche Beläge haften an den Wänden des Tunnels und behindern das Fortkommen. Weiter vorne wachsen sie zusammen und füllen den Hohlraum fast völlig aus. Plötzlich reißen Salven greller Laserpulse eine Bresche in das Hindernis. Dann schwemmt der befreite Blutstrom in der Ader die gelösten Bruchstücke fort.
Diese Szene spielt irgendwo im Oberschenkel eines Patienten. Sie wiederholt sich täglich mehrmals, wenn Giancarlo Biamino im Berliner Rudolf-Virchow-Krankenhaus verschlossene Blutbahnen mit Lichtblitzen wieder passierbar macht. Dazu schiebt er zunächst eine dünne, biegsame Optik in das blockierte Gefäß; wenn ein Belag den Weg versperrt, zieht er das Sehrohr kurz heraus und schiebt statt dessen einen „Multifaserkatheter" in das Gefäß: Durch das flexible Glasfaserbündel schießen Laserpulse und verdampfen das Hindernis. Vor dieser Behandlung können Biaminos Patienten wegen verstopfter Arterien im Becken oder Oberschenkel kaum hundert Meter am Stück gehen. Nach dem Eingriff dürfen sie schon nach zwei oder drei Tagen nach Hause – auf eigenen Füßen. Früher mußten Chirurgen Adern verpflanzen, um den Engpaß zu überbrükken; die Operation war mit wochenlangem Klinikaufenthalt und größerem Risiko von Komplikationen verbunden.
Laser versprechen inzwischen auf fast jedem Gebiet der Medizin neue Therapien, die noch vor wenigen Jahren als Science-fiction erschienen. Die scharf gebündelten Strahlen schießen nicht nur blockierte Gefäße frei, sondern schneiden auch Körpergewebe auf, fräsen es weg oder schweißen es zusammen.
Mit dem Licht normaler Glühbirnen sind diese Wirkungen kaum zu erzielen, weil die Atome des erhitzten Glühdrahtes die aufgenommene Energie spontan wieder abgeben: Ihr Licht strahlt in beliebige Richtungen in allen

Mit Laserpulsen lassen sich Blutgefäße - hier am Herzen - von Ablagerungen säubern. Die gebündelten Lichtblitze schießen durch Glasfasern zum Einsatzort. Durch einen Hilfskanal strömt Sauerstoff; der blau strahlende Lichtleiter beleuchtet die Szene

Farben des Regenbogens, die sich zu Weiß mischen. Beim Laser dagegen herrscht Ordnung. In einer lawinenartigen Reaktion geben alle Atome des Lasermediums ihre Energie zugleich in dieselbe Richtung und mit derselben Lichtfarbe – also Wellenlänge – ab: als räumlich gebündelte und bei Bedarf extrem kurze Blitze, deren Frequenz je nach Ausgangsmaterial im Bereich des infraroten, sichtbaren oder ultravioletten Lichts liegt.

Das Medium kann zum Beispiel ein Gas sein, etwa Argon, oder auch aus einem Spezialkristall bestehen, in dem Spuren eines Elements wie zum Beispiel Neodym enthalten sind. Wenn die Ärzte Infrarotlicht brauchen, das Muskelfasern durchtrennt, müssen sie einen anderen Laser benutzen als für grünes Licht, das auf Blutgefäße wirkt und unter anderem Geburtsmale verschwinden lassen kann, indem es überflüssige Äderchen direkt unter der Haut zerstört.

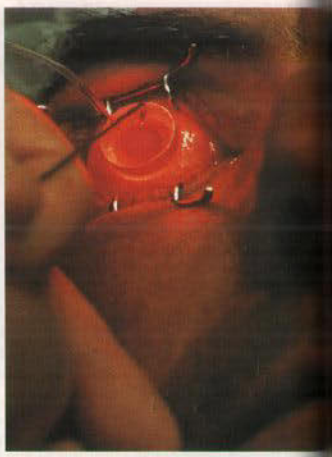
Auch die Dauer des Pulses entscheidet über dessen Wirkung. Kurze Lichtblitze bringen die Laserenergie in Bruchteilen einer Millionstelsekunde ins Gewebe, wo das getroffene Material verdampft, ohne die Umgebung auch nur zu erwärmen. Bei längeren Pulsen entsteht dagegen Hitze im Gewebe, weil sich die Energie ausbreiten kann.

Diese thermische Wirkung des gebündelten Lichts haben Augenärzte in den USA schon Mitte der sechziger Jahre erprobt. Inzwischen gehört es zur Routine, Ablösungen der Netzhaut mit Pulsen eines Argonlasers zu stoppen. Dazu fokussiert der Mediziner dessen grünen Strahl auf der Retina und erhitzt winzige Areale, bis das Gewebe mit der dahinterliegenden Aderhaut verschmilzt.

In der Augenheilkunde finden neuerdings auch sehr kurze Pulse eine Anwendung: Wenige Schüsse eines Riesen-Impuls-Lasers zerreißen eine milchige Membran im Auge, „Nach-Star" genannt. Sie verdunkelt das wiedergewonnene Augenlicht bei 30 Prozent der Patienten mit grauem Star, deren getrübte Linse meist ein bis zwei Jahre zuvor durch eine künstliche ersetzt wurde. Früher mußte das Auge erneut geöffnet werden, um die Membran aufzuschlitzen.

Auch stark kurzsichtige Menschen können auf Laserpulse hoffen: Am Berliner Klinikum Charlottenburg etwa hat Theo Seiler mit einem Excimer-Laser* seit 1987 mehr als 300 Patienten zu neuer Sehschärfe verholfen. Dabei müssen die Kurzsichtigen einen Lichtpunkt fixieren, der zum Zielen dient, während der Laser mit jedem Puls etwa 0,2 Tausendstelmillimeter ihrer Hornhaut wegfräst. Nach einigen hundert Schüssen ist die Hornhaut an das berechnete Profil angepaßt. 80 Prozent von Seilers Patienten brauchen danach keine Brille mehr, die anderen nur

* Excimer-Laser benutzen angeregte Moleküle aus zwei unterschiedlichen Atomen (engl.: excited dimers) als Medium.



Gleißend helle Lichtpulse aus einem Laser können getroffenes Gewebe zerstören, ohne dessen Umgebung nennenswert zu schädigen. So läßt sich eine Warze am Arm oder ein Melanom im Auge schonend entfernen

noch deutlich schwächere Gläser. Trotzdem gibt es keinen Grund zur Euphorie: Aus rein kosmetischen Gründen, etwa weil jemand weder Kontaktlinsen noch Brille mag, greift der Augenarzt auf keinen Fall zum Laser.

Ein weiteres Anwendungsgebiet für Laser sind Steine in der Speicheldrüse: Ärzte am Berliner Klinikum Steglitz – die wie Giancarlo Biamino von der Nachbarschaft zu Deutschlands ältestem Lasermedizin-Zentrum profitieren – schieben ein 1,5 Millimeter dünnes Bündel flexibler Quarzglasfasern durch den engen Speichelkanal bis zur Drüse. Dort kann ein bis zu fünf Zentimeter großer Stein liegen, der schmerzhafte Schwellungen und Entzündungen auslöst. Laserpulse, durch die Faseroptik gejagt, zertrümmern die Ablagerung. In der Klinik gibt es eine Warteliste, denn der herkömmliche Eingriff mit dem Skalpell ist nicht ungefährlich: In der Nähe der Drüsen verlaufen viele Nerven, deren Beschädigung zu Geschmacksverlust oder Gesichtslähmungen führen kann.

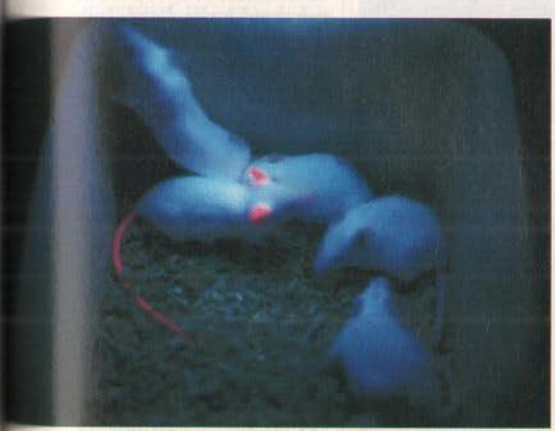
In den Labors erforschen Wissenschaftler derweil schon Methoden der Lasermedizin von morgen, etwa der photodynamischen Therapie. Sogenannte Photo-Sensibilatoren verwandeln sich bei Bestrahlung mit Licht passender Wellenlänge in Zellgifte. Falls sie aus ge-

sundem Gewebe schneller wieder ausgeschwemmt würden als aus einem Tumor, könnte die Geschwulst mit Licht selektiv zerstört werden. Bisher sind jedoch die Nebenwirkungen zu groß: Weil das Gift auch im gesunden Gewebe steckt, müssen die Patienten wochenlang helles Licht meiden.

Laser ersparen zwar in vielen Fällen den Patienten Schmerzen und machen den Einsatz des Skalpells unnötig. Aber ihre Anwendung hat auch Grenzen. Als „Lichtskalpell" etwa übertreffen sie das Messer nur in Sonderfällen: Wenn Tumoren von stark durchbluteten Organen wie der Leber getrennt werden, kann das Laserlicht angeschnittene Blutgefäße sofort koagulieren und somit verschließen. Die energiereichen Pulse können allerdings bei Mißbrauch und Unfällen auch gesundes Gewebe verletzen. Einige Laserlicht-Frequenzen im ultravioletten Bereich können außerdem krankhafte Veränderungen an Zellen auslösen. Wie bei Röntgengeräten müssen Patienten und Ärzte vor den Nebenwirkungen der energiereichen Lichtblitze geschützt werden.

Auf den Erfolgszug der Lasermedizin sind inzwischen auch die Anhänger der „Biostimulationstherapie" aufgesprungen. Sie wollen Zipperlein wie Tennisarm und Kreuzschmerzen durch Beleuchtung mit „Softlasern" niedriger Leistung lindern. Zwar lassen sich an derart bestrahlten Zellkulturen Veränderungen nachweisen. Aber wie diese mikroskopischen Einflüsse auf Krankheiten wirken sollen, wissen auch die Hersteller der angeblichen Therapielaser nicht zu sagen.

Da trifft es sich gut, daß die zu behandelnden Beschwerden ohnehin oft die Eigenschaft haben, von selbst zu verschwinden. Vielleicht geht die stärkste Biostimulation bereits von dem Schriftzug LASER aus. *Jürgen Scriba*



Eine leuchtende Maus weist den Weg zur »photodynamischen Therapie«: Zunächst harmlose Stoffe sollen sich in Tumoren anreichern und dann durch Laser-Blitze zu Zellgiften werden. Bei einem Experiment lassen ähnliche Stoffe die Ohren und den Schwanz eines der Versuchstiere fluoreszieren

LITHOTRIPTER

Stöße bröseln Steine klein

Im Sekundenrhythmus hallt ein leiser Knall durch den Keller der Klinik, als ob Knallfrösche im Briefkasten explodierten. Mediziner zertümmern einen Nierenstein, ohne ihren Patienten überhaupt zu berühren – mit Stoßwellen aus einem Lithotripter, wörtlich: „Steinspalter". High-Tech-Hammerschläge aus der Maschine zerbröseln den lästigen Klumpen von Mineralsalzen zu kleinen Krümeln.

Die unblutige Technik hat in den elf Jahren seit ihrem ersten Test am Menschen in einem Münchner Krankenhaus Karriere gemacht: Weltweit sind fast 1200 Steinspalter im Einsatz; sie haben mehr als drei Millionen Operationen überflüssig gemacht. Auch Gallensteine lassen sich heute oft ohne den Chirurgen beseitigen.

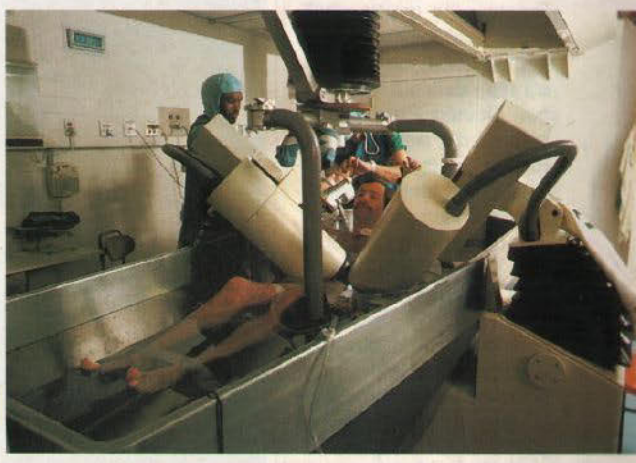
Lithotripsie mit extrakorporal – außerhalb des Körpers – erzeugten Stoßwellen ist ein seltenes Beispiel für den ungeplanten friedlichen Nutzen militärischer Forschung. Ende der sechziger Jahre ließ das Bundesverteidigungsministerium untersuchen, ob Panzerfahrern nach der Explosion von Granaten auf ihrem Stahlgefährt Gefahren durch Schockwellen drohen. Bei ihren Versuchen gingen den Forschern der Luftfahrt- und Rüstungsfirma Dornier regelmäßig die Druck-Sensoren in den Gewebeproben zu Bruch, während das Gewebe selbst keine Schäden aufwies.

Nach ihrem Zufallsfund suchten die Entdecker eine Methode, kontrollierbare Stöße zu erzeugen und die entstehenden Druckpakete auf Ziele zu richten. Ihre Lösung: Zwischen zwei Elektroden, die in einem der beiden Brennpunkte eines elliptischen Metallreflektors unter Wasser montiert sind, wird eine Hochspannung von 18 bis 24 Kilovolt angelegt. Bei der blitzschnellen Entladung peitscht ein Funke durchs Wasser, erzeugt eine Dampfblase und – während einer Millionstelsekunde – eine Welle extremen Überdrucks. Wie ein Scheinwerfer bündelt der metallische Wellenspiegel den Stoß im zweiten Brennpunkt auf die Größe einer Fingerspitze. Diese Elektrodentechnik ist heute am weitesten verbreitet; andere Steinzertrümmerer arbeiten ähnlich wie Lautsprecher.

Weil bei allen Verfahren eine Luftschicht den Übertritt der Schockwellen in den Körper stören würde, wurden die Patienten bei den ersten Anlagen auf Gestängen festgeschnallt und in eine wassergefüllte „Badewanne" gesenkt. Bei modernen Geräten sind Elektroden und Reflektor samt Flüssigkeit in einem sogenannten Stoßwellenkopf eingeschlossen; wenn er auf die Haut gedrückt wird, sorgt ein Spezialgel für den optimalen Kontakt. Per Ultraschallortung oder mit Röntgenstrahlen überprüft der Arzt die Lage des Steins. Fadenkreuze auf den Monitoren markieren den Fokus; der Arzt verschiebt und dreht Patientenliege und Stoßwellenkopf, bis der Stein exakt im Visier liegt.

Dann beginnt die Steinbrucharbeit mit Zermürbungstaktik: 1000 bis 3000 wohldosierte Schüsse zerbröckeln den Stein in einer halben bis dreiviertel Stunde in viele kleine Stücke. Der Patient verspürt dabei kaum Schmerzen und bekommt meist erst dann ein Schmerz- oder Beruhigungsmittel, wenn ihm das Trommelfeuer unangenehm wird. Nur bei hartnäckigen Steinen ist eine Narkose nötig.

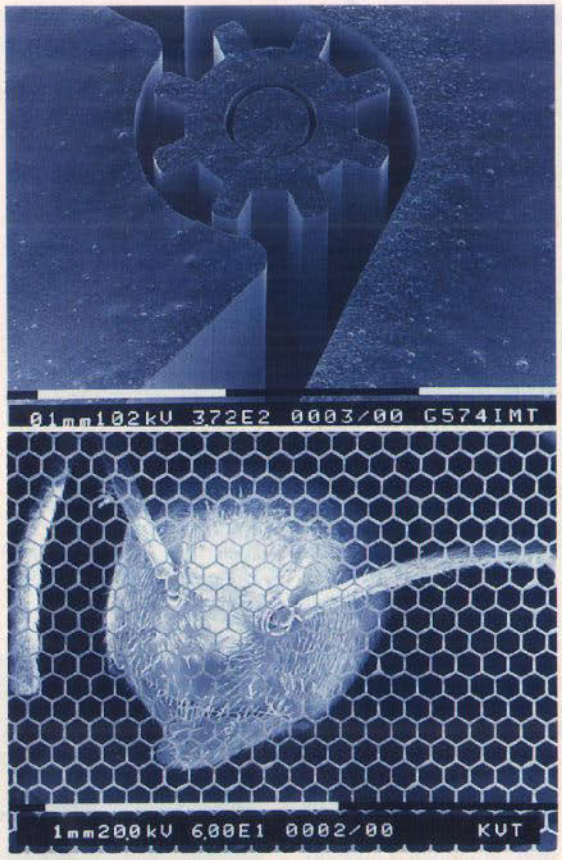
Oft sieht der Arzt den Stein schon während der Behandlung von seinen Ziel-Monitoren verschwinden. Wenn die Kontrollaufnahme anderntags zu große Überreste zeigt, lassen sich die Bruchstücke problemlos weiter zertrümmern. Danach ist dann aktive Mitarbeit der Patienten gefragt: Sie müssen ihre Steinbrösel mit spezieller Gymnastik oder strampelnd auf dem Schüttelfahrrad zum „natürlichen Abgang" bringen. *JS*



Bei älteren Lithotriptern werden die Patienten in Badewannen behandelt. Durch das Wasser gelangen die zielgerichteten Stoßwellen in den Körper

Das ferne Ziel heißt kluge Pille

Zuckerkranke können sich die Angst vor der Spritze eigentlich nicht leisten. Denn um den Zukkerspiegel in ihrem Blut zu steuern, müssen sie sich selbst täglich Insulin injizieren, das ihr Körper nicht oder nicht in genügender Menge herstellt. Für jeden Diabetiker bedeutete es das Ende von tausend Nadelstichen, wenn es gelänge, eine künstliche Bauchspeicheldrüse herzustellen. Das Ersatzorgan müßte unablässig den Zuckerwert kontrollieren und dafür sorgen, daß mit Hilfe einer kleinen Pumpe fortlaufend die richtige Dosis Insulin abgegeben wird – zuviel oder zuwenig könnte den Träger umbringen.
Bisher sind aber die meisten Versuche gescheitert, die Bauchspeicheldrüse nachzubauen. Zwar gibt es kleine Pumpen, doch für die Regelung des Insulinflusses müssen die Diabetiker schon selbst sorgen – zuverlässige automatische Meß-Sensoren gibt es noch nicht.
Jetzt versucht eine neue Generation von Ingenieuren dieses und ähnliche Probleme auf ihre Art zu lösen. Techniker in den USA, Japan und Europa haben nämlich gelernt, Teile von Motoren, Bohrmaschinen und Pumpen in Flohbeingröße herzustellen. Sie überlegen nun, wie sich das technische Geziefer im Krankenhaus nützlich machen könnte. In Mikrotechnik-Labors existieren bereits Prototypen, die einzelne rote Blutkörperchen packen oder Temperatur und Sauerstoffgehalt im Inneren der Zellen messen.



Zahnräder mit einem guten Zehntelmillimeter Durchmesser oder Gitter, durch die kaum ein Ameisenfühler paßt, regen Ingenieure auch zur Erforschung medizinischer Mikrosysteme an

Ihre Erfinder ersinnen derweil schon ganze Mikrosysteme, die, wie etwa eine künstliche Bauchspeicheldrüse, Messung, Entscheidung und Aktion verbinden sollen. So könnten klitzekleine Mikrophone und Gas-Sensoren im Hals Alarm schlagen, wenn die Atmung aussetzt – für manchen Schnarcher ein ernsthaftes Risiko. Und mit ferngesteuerten Mini-Skalpellen ließen sich verengte Adern freiraspeln.
Solche mobilen Mikrosysteme könnten die Reichweite der Mediziner erheblich erweitern. Mit feinen Instrumenten nehmen die Vertreter der „minimal invasiven Chirurgie" zwar schon Eingriffe im Dickdarm vor, ohne große Schnitte in die Haut zu machen. Doch im krausen Dünndarm kommen Endoskope nicht voran, weil sie dort um jede Ecke kriechen müßten. Die Idealvorstellung der Chirurgen wäre ein flexibles Gerät, das sich aus eigener Kraft fortbewegt. Der Arzt müßte es nicht mehr schieben, sondern könnte es fernsteuern.
Über den medizinischen Nutzen der High-Tech-Krümel war schon Abenteuerliches zu lesen. Selbst das seriöse „Wall Street Journal" fabulierte von Mikro-Robotern, die durch den Körper patrouillieren und Pannenhilfe leisten, und illustrierte den Artikel mit der Zeichnung von einem U-Boot in der Blutbahn. „Das ist reine Sciencefiction – zu viele Fragen sind noch offen", sagt Wolfgang Menz, Leiter des Karlsruher Instituts für Mikrosystemtechnik (IMT). Da wäre vor allem die grundsätzliche Frage zu beantworten: Können Mikromaschinen so konstruiert werden wie ihre großen Brüder?
Mikromonteure fummeln zwar haarfeine Zahnräder auf Achsen mit einem Durchmesser von einem Zwanzigstelmillimeter. Aber an der Funktionsfähigkeit winziger Schiffsschrauben und anderer Teile medizinischer Kleinstmaschinen bestehen Zweifel. Je kleiner nämlich ein Gegenstand, desto größer ist das Verhältnis seiner Oberfläche zum Volumen. Oberflächeneffekte wie etwa Reibung stören daher besonders. In der feuchten Umgebung im Körper können Partikel, die normalen Maschinen nur wenig Probleme bereiten, deren kleine Brüder völlig außer Gefecht setzen.
Deswegen denkt Wolfgang Menz über körpergerechtere Mechanismen nach. Ein Beispiel für den Antrieb des Endoskops der Zukunft ist der sogenannte Inchworm, der durch Gefäße kriechen kann: Er besteht aus zwei „Körpern" sowie einer beweglichen „Hüfte" und bewegt sich fort, indem er zunächst kleine Ballons in seinem hinteren Teil aufbläst und sich so an der Wand festklemmt. Dann streckt er den vorderen Körperteil vor, klemmt sich auch dort mit Ballons fest und zieht den hinteren Körperteil nach. Am Einsatzort angelangt, könnte sich das Endoskop der Zukunft dann mit den Ballons ausrichten und festhalten. „Als makroskopisches Modell funktioniert das bereits", sagt Menz. „Später würde der Wurm mit Kochsalzlösung betrieben, die durch Mikroventile in die Ballons strömt."
Bewegliche Mikromaschinen müßten aber wohl nach einem einzigen Einsatz weggeworfen werden. Besonders die Miniatur-Sensoren halten nicht allzu lange durch: Ihre Empfindlichkeit verändert sich, sie wachsen zu oder verschmutzen. Solange die Sensoren nicht haltbarer gemacht werden können, müßten Diabetiker regelmäßig „intelligente" Pillen schlucken, die alle Funktionen einer künstlichen Bauchspeicheldrüse haben, den Körper aber nach einer Weile wieder verlassen.
Die scheinbare Verschwendung würde durch die Fertigungstechnik aufgewogen: Mikromaschinen werden ähnlich wie Computer-Schaltkreise aus beschichteten Silizium-Scheiben herausgeätzt. Daher könnten die Konstrukteure elektronische und bewegliche Teile auf dem gleichen Chip kombinieren. Kabel wären überflüssig – eine Technik, bei der sich eine billige Massenproduktion geradezu aufdrängt.
Trotzdem wird der intelligente Maschinenfloh, der Blutgefäße putzt, noch lange Zeit Zukunftsmusik bleiben. „Wir müssen noch viel forschen", meint Wolfgang Menz. „Aber wir können wohl schon bald einzelne Teile für medizinische Instrumente beisteuern."

Gero von Randow

Mit einer experimentellen Mikromaschine - dreißig Millimeter lang, acht dick - wollen Forscher im Darm die Wirkung von Medikamenten beobachten: Das Röntgenbild zeigt das Gerät »im Einsatz«

STRAHLENTHERAPIE

Tumoren im tödlichen Kreuzfeuer

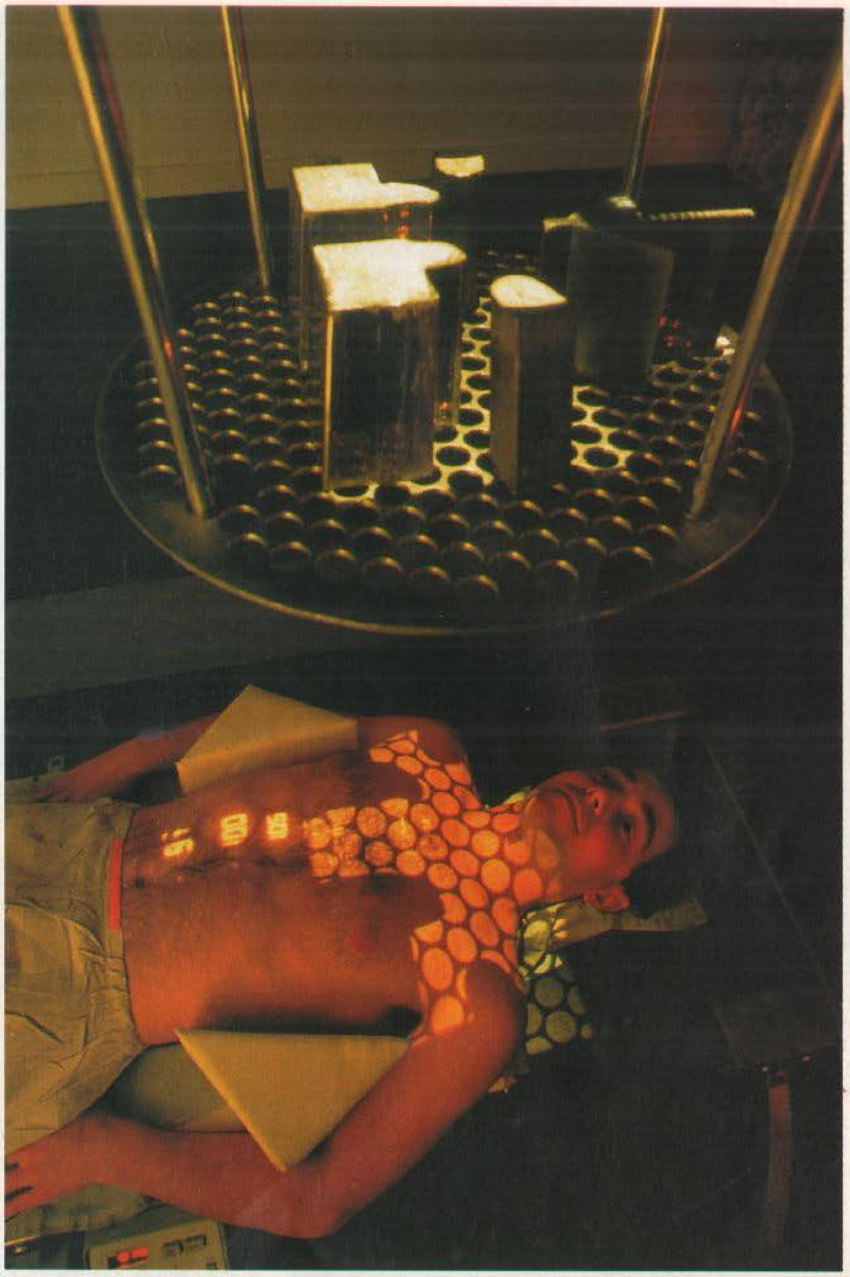
Der „Strahl der Hoffnung", dem im Oktober 1990 erstmals eine Amerikanerin entgegenblickte, ist eigentlich ein gezähmtes Tötungsinstrument. Eine Plastikmaske umschloß den Kopf der 35jährigen Frau und hielt ihr rechtes Auge weit offen. Dann schossen 67 Sekunden lang energiereiche Protonen in das Sehorgan. Sie sollten kalkulierten Schaden anrichten – im Tumorgewebe, das im Auge der Krankenschwester wucherte.

Der „Beam of Hope", den Ärzte der kalifornischen Loma Linda University mit dieser Behandlung in Betrieb genommen haben, vereinigt zwei Superlative: Es ist das teuerste Medizingerät der Welt – Preis: 30 Millionen Dollar – und der erste Protonen-Beschleuniger, der ausschließlich der Strahlentherapie dient.

Mit Schauern subatomarer Teilchen behandeln die Mediziner vor allem Krebsleiden, bei denen die primäre Geschwulst – und nicht die Metastasen – die Krankheit bestimmt. Auf ihrem Weg durch den Körper zerschlagen die Partikel wahllos Moleküle im Körper. Als Volltreffer werten es Strahlenärzte, wenn in einer Tumorzelle beide Stränge des Erbmoleküls DNA durchtrennt werden. Dann lebt sie zwar meist weiter, stirbt aber beim nächsten Versuch, sich zu teilen. Deshalb sind die in der Regel schnell wachsenden Tumoren empfindlicher gegen Strahlung als gesundes Gewebe.

Krebszellen verfügen außerdem oft über keine oder schlecht funktionierende Reparatur-Mechanismen. Gesunde Zellen können dagegen einige Molekülschäden beheben und sich in Behandlungspausen erholen. Deshalb verteilen – „fraktionieren" – die Mediziner die Strahlungsdosis meist auf mehrere Behandlungen, zum Beispiel sechs Wochen lang jeden Werktag.

Trotzdem treten Nebenwirkungen am gesunden Gewebe auf, vor allem in Organen, die sich natürlicherweise häufig teilen, wie etwa im blutbildenden Knochenmark oder in den äußersten Darmschichten. Deshalb können sich Strahlentherapeuten nur selten danach richten, welche Dosis den Tumor zuverlässig beseitigen würde: Sie müssen berücksichtigen, wieviel das gesunde Gewebe gerade noch verträgt. Bei etwa einem Drittel der Patienten erweist sich dieses Dilemma als unlösbar – sie sterben an ihrem Krebs. Ein weiteres Drittel wird geheilt, und beim Rest bestimmen anfangs unerkannte und per Strahlung nicht bekämpfbare Metastasen das Schicksal.



Damit die Pfeile aus ihrem Köcher möglichst ohne Nebenwirkungen ins Ziel treffen, versuchen Mediziner, gesundes Gewebe mit technischen Tricks zu schützen – zum Beispiel mit dem besonders präzisen Strahl des „Beam of Hope". Dessen Protonen schießen geradewegs in den Tumor und laden dort den Löwenanteil ihrer Energie ab. Eine ähnlich eng begrenzte Krebsgewebevernichtung erreichen Ärzte auch, wenn sie eine kleine, genau kalkulierte Menge radioaktiven Materials mit einer Sonde direkt in der Geschwulst plazieren.

Deutsche Strahlenmediziner arbeiten meist mit Gammastrahlen oder Elektronen, die entlang ihres ganzen Weges durch den Körper Moleküle zerstören – nicht nur im Tumor selbst. In den Kellern der Kliniken stehen „Kobaltkanonen", bei denen das radioaktive Isotop Kobalt-60 harte Gammastrahlung aussendet, oder Linearbeschleuniger. Diese bringen zunächst Elektronen fast auf Lichtgeschwindigkeit, um sie entweder direkt oder, nach dem Prinzip der Röntgenröhre, umgewandelt in „Gammas", indirekt auf den Tumor zu schießen.

Empfindliche Organe schützen die Ärzte dabei mit Bleiklötzen, die einen

Beim Beschuß von Tumoren mit Gamma- oder Teilchenstrahlen müssen empfindliche Organe geschont werden. Deshalb simulieren Mediziner, wie sie die Lungen des jungen Patienten mit Bleiblöcken abschirmen können. Strahlenblenden lassen sich auch mit einem Gipspanzer fixieren, der über mehrere Wochen immer wieder über den Patienten gestülpt wird

Strahlenschatten werfen. Außerdem lassen sie die tonnenschwere Strahlenquelle um den Patienten rotieren, wodurch sie den Tumor ins Kreuzfeuer nehmen, während die unerwünschte, aber unvermeidliche Nebenwirkung der zerstörerischen Teilchen günstiger verteilt wird.

Diese vielen Variationen von Strahlenart und -schutz, aber auch die häufig komplizierte Lage des Tumors und der gesunden Organe erforden detaillierte Behandlungspläne. Bei komplizierten Fällen greifen die Ärzte – zum Beispiel das Team um Volker Sturm und Rolf-Peter Müller in der Kölner Uniklinik – tief ins Arsenal der modernen Medizintechnik.

Sturm hat gemeinsam mit dem Physiker Wolfgang Schlegel und dem Ingenieur Otto Pastyr am Deutschen Krebsforschungszentrum in Heidelberg die Methode der zielgerichteten – „stereotaktischen" – Bestrahlung verfeinert. Sie erlaubt, bestimmte Gefäßmißbildungen und Tumoren im Gehirn mit einer einzigen Behandlung zu zerstören oder ihr Wachstum zu stoppen. Dabei laufen die Strahlen aus sehr vielen verschiedenen Richtungen in den Kopf und konzentrieren sich extrem stark in der Mißbildung. Ein spezielles Lokalisationsgerät, das an den Kopf der Patienten geschraubt wird, ermöglicht es, den Tumor mit einer maximalen Abweichung von 0,6 Millimeter zu treffen.

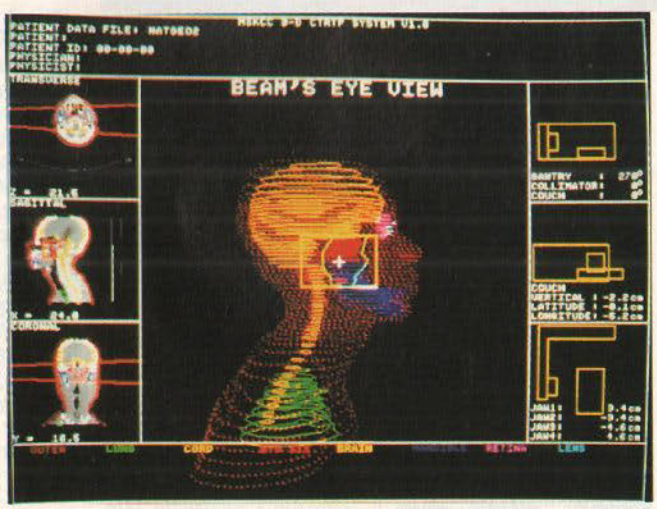
Vor einem so präzisen Beschuß müssen die Strahlenmediziner allerdings erst mal genau wissen, wo sich die Wucherung überhaupt befindet. Wenn deren räumliche Lage mit bildgebenden Verfahren wie Angiographie oder Computer-Tomographie geklärt ist, zeichnet Sturm auf jeder Aufnahme die Konturen des Zielgebietes ein. Der Computer kalkuliert dann in aufwendiger Rechenarbeit, wie der Tumor eine möglichst hohe und das gesunde Gewebe eine möglichst niedrige Dosis erhält.

Aber auch diese Kalkulation läuft nicht automatisch: Manchmal erst nach stundenlanger Variation der Größen gelingt es Sturm, die Belastung an den Rändern der Mißbildung steil abfallen zu lassen. Nun erst, nach dieser Simulation, kommt der Kopf des Patienten ins Kreuzfeuer.

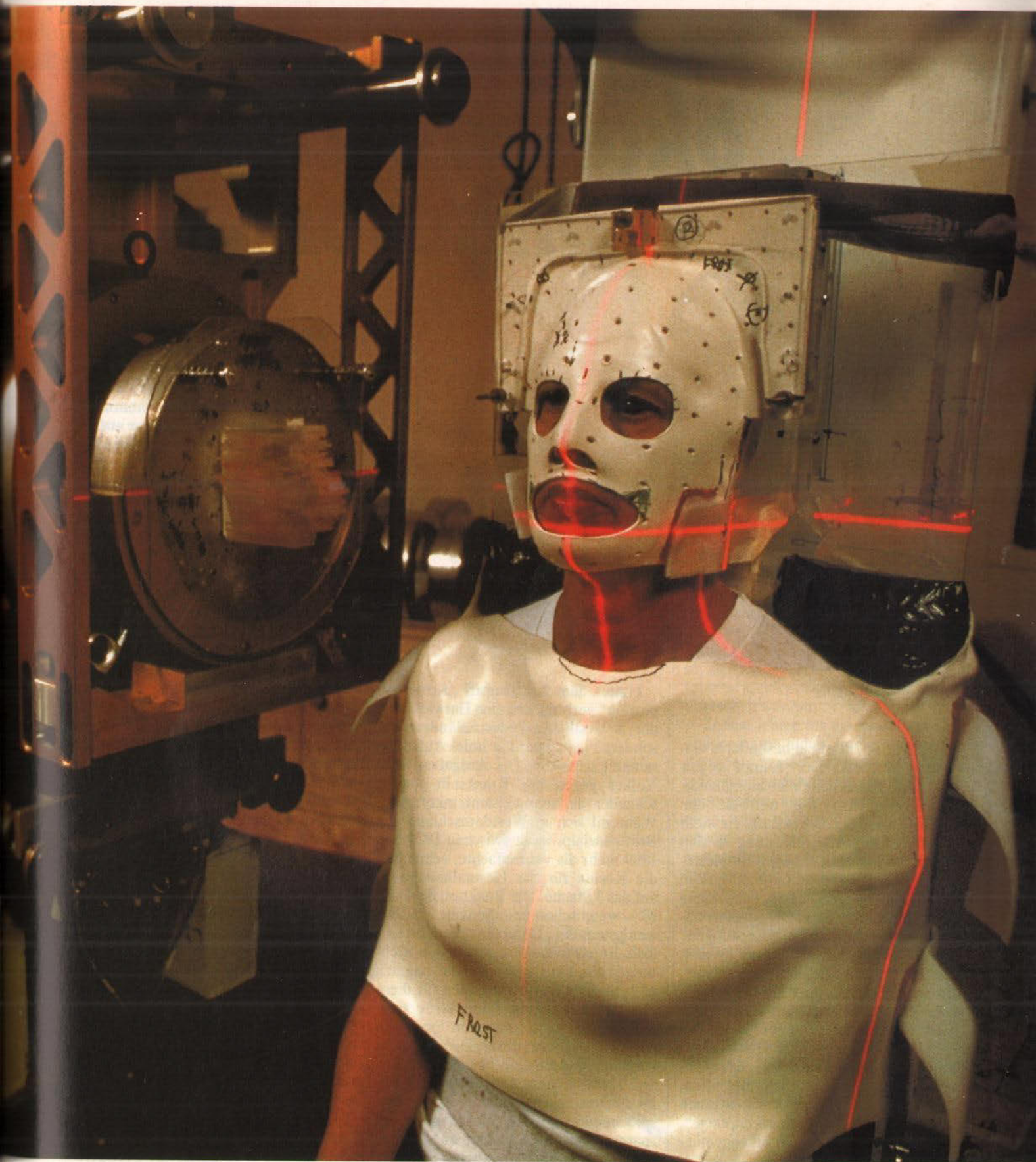
Manchmal ist aller technischer Diagnoseaufwand auch vergeblich – zum Glück für den Patienten: Die heute neunjährige Vera war vor anderthalb Jahren von ihrer Mutter eines Morgens ohnmächtig aufgefunden worden. Die Ärzte diagnostizierten ein Angiom, eine Wucherung feiner Blutgefäße im Hirn – Ursache einer Lähmung der linken Körperseite. Beim Versuch, die Mißbildung mit einer Operation zu beseitigen, konnten die Neurochirurgen das Angiom nicht vollständig entfernen. Der Rest sollte per Bestrahlung beseitigt werden.

Nun lag Vera da, in Vollnarkose, das Gesicht ganz gelb vom Desinfektionsmittel, das Entzündungen der Kopfhaut verhindern sollte. Vier sterilisierte Schrauben verankerten das Lokalisationsgerät unverrückbar an ihrem Schädelknochen. Das Gestell wiederum war mit der Liege des Angiographie-Gerätes verschraubt, mit dem Sturm und seine Assistenten die Mißbildung orten wollten. Doch sie konnten den Rest des Angioms nicht finden. Hektik setzte ein, die Gefäß-Abbildung mußte wiederholt werden – mit dem gleichen Resultat: „Es ist weg, es ist weg."

Veras Körper, scheinbar schmächtig und hilflos, hatte der medizinischen Maschinerie ein Schnippchen geschlagen und den Rest der Mißbildung ohne technische Hilfe eliminiert. *CS*



Der »Beam's Eye View«, der Blick mit den »Augen des Strahls«, erleichtert oft die Planung einer Behandlung. Der Computer konstruiert dazu aus Dutzenden von Schichtaufnahmen ein Modell der betroffenen Körperpartie. Der Tumor ist durch das Kreuz im gelben Kasten gekennzeichnet



Was bei Bestrahlungen bedrohlich wirkt, ist tatsächlich harmlos: Maske und Rahmen sollen nur verhindern, daß sich die Patientin im Lawrence Berkeley Laboratory bei San Francisco bewegt und damit die Schwerionen-Strahlen vom Weg zum Tumor an ihrem Rückenmark abbringt

Die ökonomische Indikation

Die Ausgaben für das Gesundheitswesen drohen der Patienten. Noch verursachen medizinische Groß

VON MARC ROSENBAUM

Medizin ist ein besonderes Geschäft. Der Kampf gegen Krankheiten ist hierzulande ebenso wie weltweit der größte Zweig der Wirtschaft. Er stellt selbst das Monstrum Rüstung in den Schatten: Flossen in der alten Bundesrepublik 1989 etwa 53 Milliarden Mark in den Verteidigungshaushalt, verschlang das sogenannte Gesundheitswesen abzüglich der „Einkommensleistungen" etwa 277 Milliarden – über neun Prozent des Bruttosozialprodukts. Daran verdienten neben den über 170 000 Ärzten etwa 40 000 Zahnärzte und rund 34 000 Apotheker, denen zu diesem Zeitpunkt etwa eine Million weitere Gehaltsempfänger zur Seite standen – Krankenschwestern und Sprechstundenhilfen, medizinisch-technische AssistentInnen und „Helfer in der Krankenpflege", aber auch Masseure, Krankengymnasten und Heilpraktiker.

Hinter dem Kraftbegriff „Kostenexplosion" verbirgt sich eine Entwicklung, der in westlichen Industrieländern besonders Finanzpolitiker hohe Aufmerksamkeit schenken: Die Ausgaben eines Volkes gegen das Kranksein steigen schneller als sein Gesamteinkommen. Während sich in Westdeutschland das Bruttosozialprodukt zwischen 1970 und 1989 mehr als verdreifachte, schnellten die Kosten für das Gesundheitswesen auf das 3,9fache. Die Reaktion der Politik – wenn schon kein Senken, so doch wenigstens ein „Dämpfen" der Kosten – löste Entrüstungsstürme aus allen Richtungen aus. Doch kaum jemand mag sich so recht verantwortlich fühlen für diese „Krise". Ein Grund dafür dürfte sein, daß sich die entscheidenden Fragen in dieser höchst komplexen Debatte nicht oder nur ungenügend beantworten lassen: Haben höhere Ausgaben die Qualität der medizinischen Versorgung entsprechend verbessert? Wo läßt sich Geld sparen, ohne die Qualität zu senken? Versprechen mehr (staatliche) Eingriffe in das Gesundheitssystem als bisher auch Erfolg? Oder wäre vielleicht weniger Einflußnahme besser?

Das Kosten-Nutzen-Prinzip, ansonsten wichtiges Gebot der Ökonomen, läßt sich auf dem Medizinsektor nur beschränkt anwenden. Die Gesetze der Marktwirtschaft gelten nur in engen Grenzen: Angebot und Nachfrage bedeuten etwas völlig anderes, wenn es nicht um Schrauben oder Spaghetti geht, sondern um Siechtum oder Wohlergehen. Die Argumentation dreht sich heute insbesondere um die millionenschweren „Großgeräte", die als eine Art Symbol der modernen Medizintechnik gelten.

Die Magnetresonanz(MR)-Tomographie – bis zu fünf Millionen Mark teure Diagnosesysteme – gehört heute fast schon zum Apparate-Alltag in Krankenhäusern und Praxen – ebenso wie andere High-Tech-Neuerungen, die sich in den letzten Jahren im Gesundheitsbetrieb ausgebreitet haben wie Keime auf Nährböden. Standen 1985 erst 403 Computer-Tomographen (CT) in westdeutschen Krankenhäusern und Praxen, so waren es Anfang 1991 bereits 707. Die Zahl der MR-Geräte erhöhte sich im selben Zeitraum von 30 auf 159, kräftige Zuwachsraten verzeichnen auch andere Großgeräte wie Linksherzkatheter-Meßplätze oder Nierenlithotripter. Unterschiedliche Faktoren begünstigen die Expansion. Dabei geht es „nicht immer", kritisiert Ernst Bruckenberger, Krankenhausreferent im niedersächsischen Sozialministerium, „um das Wohl eines imaginären Patienten". Auch das Wohl der am Geschäft mit der Gesundheit Beteiligten spielt eine nicht unwichtige Rolle.

● Krankenhausmanager ordern High-Tech-Equipment auch, weil sie wissen, daß sich damit Kranke locken lassen. So erhöhte sich in Kliniken mit Großgerä-

ins Unermeßliche zu steigen – und das nicht unbedingt zum Wohle
geräte nur einen kleinen Teil der Kosten – doch die Grenzen des Wachstums zeichnen sich ab

ten die Zahl der Pflegetage deutlich, während in Krankenhäusern ohne aufwendige Apparatemedizin weniger Patienten eingewiesen wurden.

- Fachärzte an Krankenhäusern empfinden sich nur allzuoft als Kardiologen oder Urologen zweiter Wahl, wenn sie sich nicht im Glanz eines Linksherzkatheter-Meßplatzes oder Lithotripters sonnen dürfen. Also drängen sie häufig auch aus Prestigegründen auf die Anschaffung teurer Geräteparks.
- Niedergelassene Fachärzte konkurrieren um Patienten mit dem wichtigen Verkaufsargument moderner Medizintechnik. „Nicht selten", schätzt der Großgerät-Experte Bruckenberger, „schaffen sich niedergelassene Radiologen einen Computer-Tomographen an, nur um einen Lockvogel zu haben."
- Die medizintechnische Industrie schließlich sorgt – angetrieben von einer Flut wissenschaftlich-technischer Erkenntnisse und weltweiter Konkurrenz – für ständige Neuheiten oder für Verbesserungen bereits vorhandener Geräte. Bei Siemens beispielsweise, einem der weltweit führenden Anbieter von Medizintechnik, waren 1987 drei Viertel aller Produkt-Entwicklungen nicht älter als fünf Jahre. Mit diesem Innovationstempo konnte kein anderer Unternehmensbereich des Konzerns mithalten.

Sind teure Diagnose- oder Therapiemaschinen erst einmal am Netz, ist der Anreiz für Ärzte wie Krankenhausmanager groß, auch möglichst viele Patienten hindurchzuschleusen. Rund eine Million CT-Bilder und über 100 000 MR-Untersuchungen ordneten beispielsweise 1989 niedergelassene Ärzte an. Da mutmaßt nicht nur der „Sachverständigenrat für die Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen", daß hier wohl „auch wirtschaftliche Überlegungen, d. h. der Zwang zur Kapazitätsauslastung, eine Rolle spielen".

Steht ein Arzt nach Anschaffung etwa eines MR-Tomographen mit mehreren Millionen Mark bei der Bank in der Kreide, hat er ein verständliches Interesse daran, seine Schulden möglichst schnell abzubezahlen und möglichst viele Kunden in die High-Tech-Röhre zu schieben – eine, wie Kritiker argwöhnen, „ökonomische Indikation".

Mitunter dient die aufwendige Diagnostik aber auch dazu, ärztliche Unsicherheit zu kaschieren und Patienten zu beeindrucken. „Die Placebowirkung auf den Kranken", so der Münsteraner Medizinsoziologe Stefan Kirchberger, „die Demonstration des Arztes, kein Mittel sei zu aufwendig, um den Patienten von seinem Leiden zu heilen, darf nicht übersehen werden."

Zudem fehlen für die modernen Diagnosesysteme noch immer eindeutige Kriterien, bei welcher Indikation sie angemessen einzusetzen sind. Würde es diese geben, könnte – wie Kirchberger meint – die „vielfach auch bei Ärzten beobachtbare Neigung zu bewundernder Faszination gegenüber der Leistungsfähigkeit teurer diagnostischer Verfahren ‚realistisch' korrigiert werden". Die entscheidende Frage ist dabei, ob die verbesserte Diagnostik in sinnvolle therapeutische Konsequenzen mündet. So bestätigt die mittels MR-Tomographie möglich gewordene, anatomisch exakte Darstellung eines Hirntumors oft nur die bereits vorher feststehende Unmöglichkeit, die Geschwulst herauszuoperieren. Vor dem Hintergrund der wachsenden

Gesundheitsausgaben fragen Politiker, Krankenkassenmanager und kritische Ärzte inzwischen nach dem Preis des Fortschritts. Die neuen Verfahren ersetzen in der Regel keine konventionellen Untersuchungsmethoden, sondern werden als „Add-on-Technologien" zusätzlich eingesetzt. Wenn Röntgenbild oder Ultraschallaufnahme dem Arzt zur Absicherung der Diagnose nicht genügen, werden CT oder MR-Tomograph zu Rate gezogen. Im medizinischen Alltag ist deshalb, weiß der Dortmunder Gesundheitsökonom Walter Krämer, „die Gleichung ‚Fortschritt = Zusatzkosten' ein empirisches Gesetz". Zwar wurden die Ausgaben für Investitions- und Betriebskosten von Großgeräten für das Jahr 1990 erst auf 1,9 Milliarden Mark geschätzt. Doch die Tendenz ist steigend, und der Krankenhausreferent Bruckenberger warnt „bei fortgesetztem Wildwuchs vor einem unkontrollierten Anstieg der Kosten".

Als Paradebeispiel für die teuren Folgen medizintechnischer Innovation gilt die Lithotripsie. Als es mit ihrer Hilfe 1980 erstmals gelang, einen Patienten ohne Operation von seinem Nierenstein zu befreien, versprachen sich Krankenkassenfunktionäre „medizinischen Fortschritt und Kostendämpfung zugleich". Denn anders als die großtechnischen diagnostischen Systeme schien die Stoßwellentherapie ein Verfahren mit einer eindeutig definierten Indikation zu sein. Sie sollte das Gros der bis dahin notwendigen chirurgischen Eingriffe ersetzen sowie die Aufenthaltsdauer der Patienten im Krankenhaus und die Zeit der Arbeitsunfähigkeit verkürzen. Der Münchner Urologe Christian Chaussy, einer der Väter der neuen Technik, errechnete bei 30 000 Lithotripsie-Behandlungen pro Jahr mögliche Kostenersparnisse von 120 Millionen Mark.

Doch es kam anders. Der Rückgang der Nieren- und Harnleitersteinoperationen wurde durch eine steil wachsende Zahl von Steinzertrümmerungen mehr als wettgemacht. Über 36 000 Behandlungen gab es allein 1988, mehr als doppelt so viele wie 1985. Denn die Therapie kommt inzwischen auch Patienten „zugute", die früher nicht operiert worden wären: Auch Steine, die keine oder nur geringe Beschwerden verursachen, werden heute entfernt. Außerdem stellte sich heraus, daß zusätzliche ärztliche Leistungen notwendig sind, um den Abgang der Steinfragmente sicherzustellen. Und schließlich werden dank einer qualifizierteren Diagnostik mehr „symptomfreie" Steine als früher zufällig entdeckt und vorbeugend behandelt. Diese Leistungsexplosion verursacht Mehrausgaben, deren Höhe von Bruckenberger allein für 1986 auf über 40 Millionen Mark veranschlagt wurden. Und schon zertrümmern Lithotripter auch Gallen- oder Speichelsteine: Wo sich neue ärztliche Möglichkeiten ergeben, da entsteht auch ein Bedarf.

Die Karriere der Lithotripsie zeigt, in welchem Maße sich die Entwicklung der Medizintechnik verselbständigt hat. Ursprünglich wurden 20 Geräte als ausreichend für die Versorgung der westdeutschen Bevölkerung angesehen. Anfang 1991 aber standen den Alt-Bundesbürgern 89 der etwa drei Millionen Mark teuren Zertrümmerer zur Verfügung. Als Folge der wachsenden Überkapazitäten sinkt die Auslastung der Geräte; die höheren Kosten – etwa für den Wartungsaufwand, tragen die Krankenkassen, also letztlich alle Versicherten.

Zwar gibt es in den Bundesländern sogenannte Großgeräteausschüsse, in denen die Vertreter von Krankenhäusern, -kassen und Kassenärzten sowie des jeweiligen Landes darüber entscheiden, welche Klinik und welche Praxis der Kundschaft kostspielige Apparatemedizin anbieten darf. Doch die Weisungen der Gremien werden häufig mißachtet, die Meßzahlen der Großgeräterichtlinie für eine „ausreichende, zweckmäßige und wirtschaftliche Versorgung der Versicherten" erheblich überboten. Vorgesehen ist danach beispielsweise ein Computer-Tomograph für 170 000 Bundesbürger. Tatsächlich aber stand Anfang 1990 ein CT-Gerät bereits 97 000 Bundesbürgern zur Verfügung.

Auch mit MR-Tomographen (einer für 523 000 Einwohner statt für eine Million) oder Linearbeschleunigern (einer für 420 000 statt für eine Million) sind die Bürger hierzulande sehr viel besser versorgt als vorgesehen. Es fehlen die Sanktionsmöglichkeiten: Kassenärzte können auch Leistungen, die an nicht genehmigten Großgeräten erbracht werden, abrechnen. Und Kliniken lassen sich High-Tech-Medizin von der Industrie vorfinanzieren. Hersteller halten sich dann über die Wartungskosten schadlos, die Krankenhäuser wiederum verstecken die Mehrausgaben in einem erhöhten Pflegesatz. „Stets", bilanziert Stefan Kirchberger, „begünstigten die ökonomischen und institutionellen Rahmenbedingungen sowie das Charisma von ‚Technik' die schnelle Rezeption einer als ‚medizinischer Fortschritt' ausgewiesenen Neuerung."

Doch der Fortschritt marschiert nicht im Gleichschritt. „Die Pflegekräfte", sagt Ernst Bruckenberger, „die wir für die Umsorgung der Kranken brauchen, die haben wir nicht." Ein Grund für die

Im Medizinbereich gelten die ökonomischen Gesetze von Angebot und Nachfrage nur eingeschränkt – Marktmechanismen sind weitgehend außer Kraft gesetzt

Misere: Mehr Apparate bedeutet immer auch Mehrbedarf an Arbeitskräften, die sich um Maschinen kümmern und nicht um kranke Menschen.

Eine Ursache für die Leistungsexplosion ist nicht zuletzt, daß der Patient meist kriegt, was er verlangt, und der Arzt verordnen kann, was er für richtig hält. Da ist auf der einen Seite die Unkenntnis. Welcher Patient wagt schon, eine Bypass-Operation in Frage zu stellen, die ihn nichts kostet, aber laut ärztlicher Expertise das Infarkt-Risiko senken kann? Wer mag sich schon einer MR-Untersuchung widersetzen, die als sinnvoll „angeordnet" wurde und die das eigene Budget nicht im geringsten direkt belastet? Da ist auf der anderen Seite die Kenntnis der Ärzte: Welcher Mediziner würde schon auf eine Zusatzinformation verzichten, wenn er sich um die Kosten für die Diagnose nicht kümmern muß?

Die meisten niedergelassenen Ärzte werden nicht freiwillig auf „Leistungen" verzichten, von denen sie nach wie vor recht gut leben. Ihr Einkommen ist zwar seit 1970 prozentual nicht so stark gewachsen wie das des Durchschnitts-Arbeiters. Dennoch ist der Unterschied zu dessen Lohn immer noch groß: Er hat sich zwischen 1970 und 1986 vom Sechsfachen auf das Dreieinhalbfache vermindert.

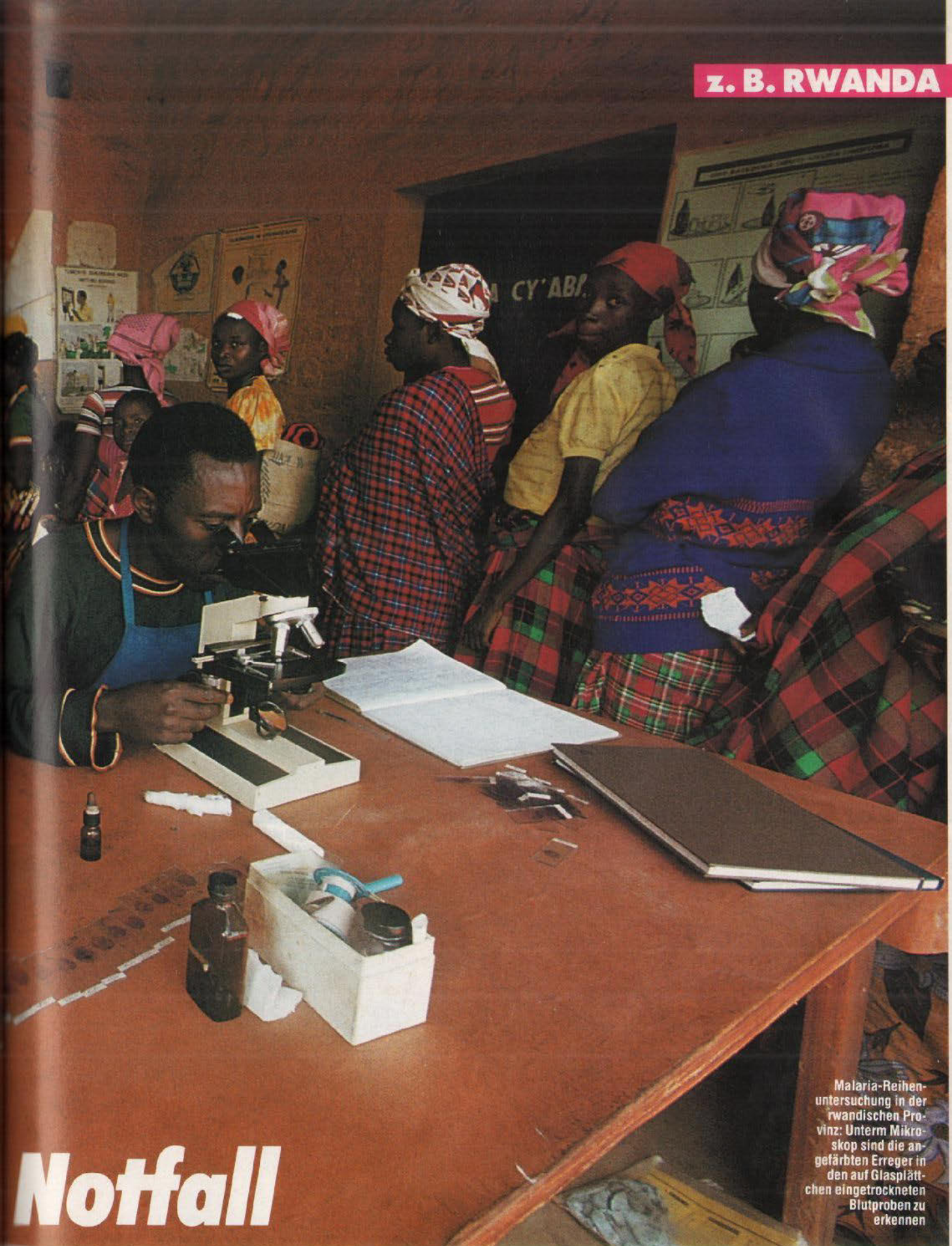
Die Versicherten leisten indes heute aus eigener Tasche einen Beitrag zu den Gesundheitsausgaben, der zusammengenommen etwa 16 Prozent der Einnahmen der gesetzlichen Krankenkassen entspricht. Diese behalten knapp fünf Prozent der Beiträge für ihren Betrieb ein. Die Gehälter der dort Beschäftigten steigen ebenso weiter wie die Kosten für das Gesundheitswesen – und das, obwohl die Aufenthaltsdauer in bundesdeutschen Kliniken, auch wegen moderner Techniken, zwischen 1970 und 1989 von durchschnittlich 24,9 auf 16,2 Tage zurückgegangen ist. Gleichzeitig aber sind die Tagessätze, nicht zuletzt wegen der Technik, zwischen 1970 und 1989 von im Schnitt 56 auf 276 Mark gewachsen. Mit Hilfe des Kostendämpfungsgesetzes hat sich die Entwicklung nicht aufhalten lassen: Nach einem Jahr scheinbarer „Erholung" sind die Ausgaben für das Gesundheitswesen 1990 wieder kräftig gestiegen.

Medizin ist in der Tat ein besonderes Geschäft. □

Marc Rosenbaum, 33, lebt als freier Journalist in München.

Der permanente

Den Kampf gegen Infektionskrankheiten, Afrikas großes Gesundheitsproblem, führen Ärzte und Helfer auf dem schwarzen Kontinent mit einfachsten technischen Mitteln. In Rwanda beispielsweise fühlte sich GEO-Autor Joachim Fischer, der als Arzt an einer modernen deutschen Klinik arbeitet, in vergangene Zeiten seiner Zunft versetzt



Notfall

Malaria-Reihenuntersuchung in der rwandischen Provinz: Unterm Mikroskop sind die angefärbten Erreger in den auf Glasplättchen eingetrockneten Blutproben zu erkennen

VON JOACHIM FISCHER · FOTOS: THOMAS STEPHAN

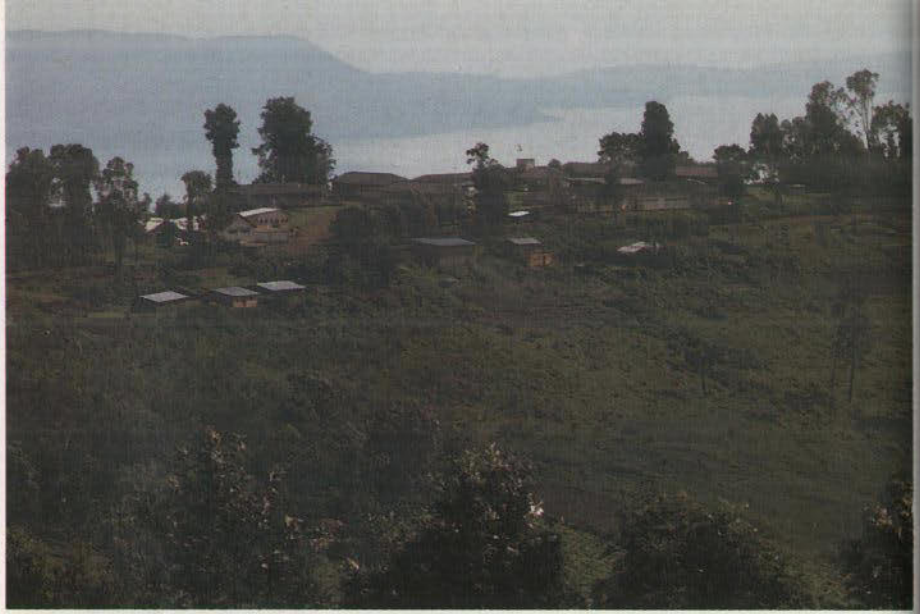
Ein Hospital für über 150 000 Menschen

Auf dem Hügel über dem Kivu-See war es Nacht geworden. Das gelbe Licht einer Petroleum-Lampe erhellte die Schlafkammer der wellblechgedeckten Lehmhütte. Alfonsina Nyirankundwa sollte ihr viertes Kind zur Welt bringen. Draußen waren die Hütten als blauschwarze Schatten auszumachen. Im Osten, zwei Stunden Fußmarsch entfernt, blinkte die Lichterkette des Präfektur-Krankenhauses Bushenge. Die Männer warteten in der Wohnstube auf den ersten Schrei des Nachkömmlings. Eine Kalebasse voll Bananenbier kreiste. Als die Morgendämmerung die Sterne auslöschte, beendete ein kräftiges Krähen das Warten. Alfonsinas Mutter nabelte den Knaben ab und wikkelte ihn in Stoffetzen und eine Wolldecke.

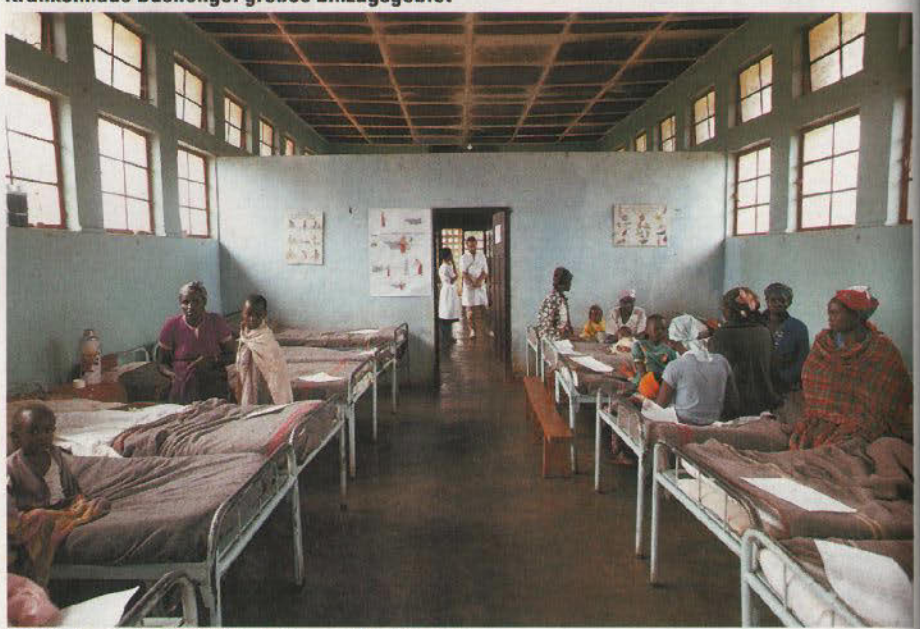
Als die Sonne über dem hügeligen Hochland von Rwanda unterging, beschlichen erste Sorgen die 24jährige Alfonsina. Ihr Jüngster war kraftlos und mochte nicht an der Brust saugen. In der Nacht wurde sein Stimmchen kläglicher, und als der nächste Tag begann, war das Kind kaum noch zu wecken. Alfonsinas Mutter bezweifelte, ob der traditionelle Heiler vom Nachbarhügel hier würde helfen können. Sie riet ihrer Tochter, sich nachmittags auf den Weg zum Krankenhaus zu machen, wo unter den vier Ärzten auch zwei „Umuzungu", zwei Weiße, arbeiten.

Alfonsina kannte den Pfad durch das Tal zum Krankenhaus. Schon oft war sie mit ihren drei älteren Kindern zum Impfen und für Vorsorgeuntersuchungen nach Bushenge gewandert. Vor sechs Jahren hatte sie ihre an Malaria erkrankte Mutter als „Garde malade" ins Krankenhaus begleitet, hatte in einem Schober Schleimsuppe aus Hirse gekocht und auf den Waschtischen am Hang zum Kivu-See die verschwitzten Laken der Kranken ausgespült.

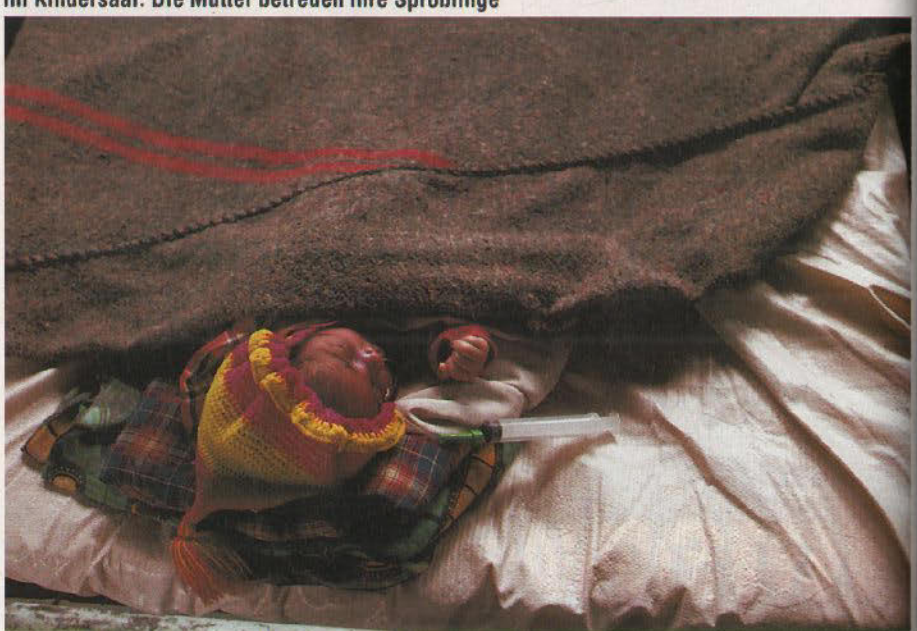
Es war Abend, als sie das Krankenhaus erreichte. Der Nachtpfleger geleitete sie über die geschotterte Auffahrt zum eingeschossigen Bau des Kindersaales. Er wies ihr eines der Stahlrohrbetten an, gleich neben einer Mutter, die ihr Malaria-fieberndes Töchterchen tröstete, und einer Frau, die ihren von Durchfall und Erbrechen geschwächten Säugling im Arm wiegte. Alfonsina verbrachte noch eine bange Nacht, ehe am nächsten Morgen eine



Krankenhaus Bushenge: großes Einzugsgebiet

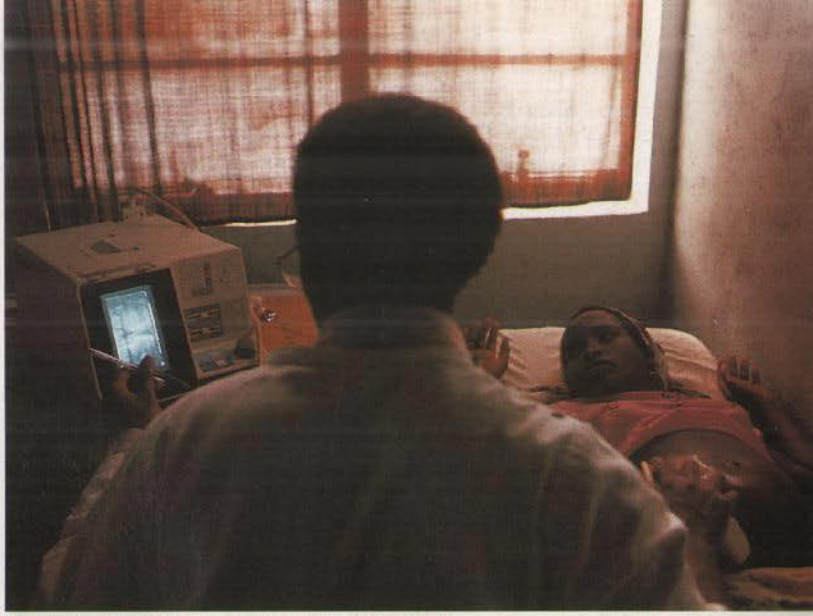


Im Kindersaal: Die Mütter betreuen ihre Sprößlinge

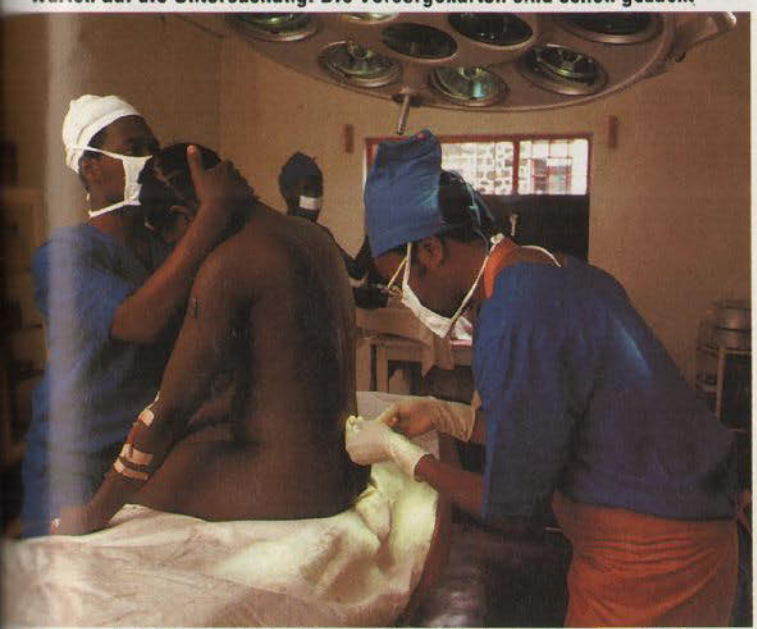


Neugeborenes: Ernährung über eine provisorische Magensonde

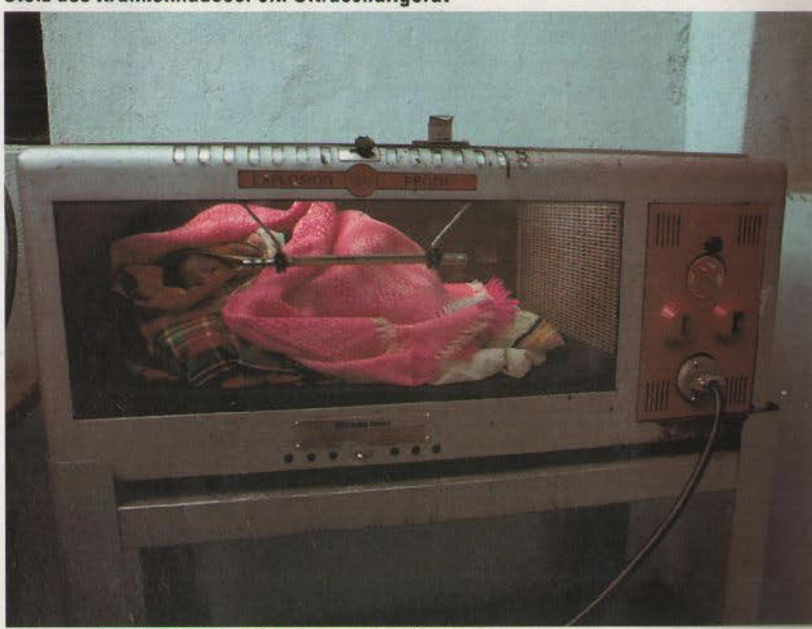
Warten auf die Untersuchung: Die Vorsorgekarten sind schon gezückt



Stolz des Krankenhauses: ein Ultraschallgerät

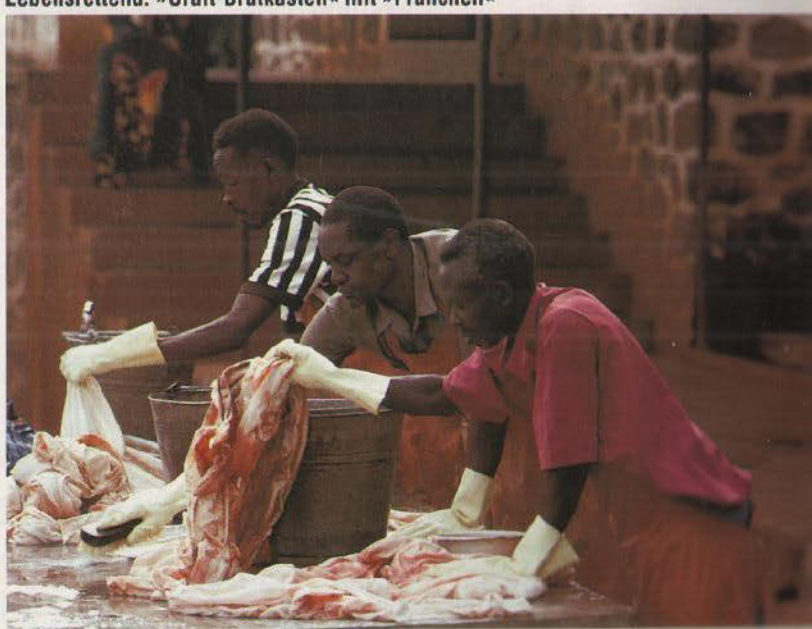


Bevorzugte Methode: Teilnarkose per Injektion in den Lendenwirbelkanal



Lebensrettend: »Uralt-Brutkasten« mit »Frühchen«

In einem Bett: krankes Kind und Mutter



Große Wäsche: OP-Abdecktücher am Waschplatz

Krankenschwester ihren Neugeborenen untersuchte.

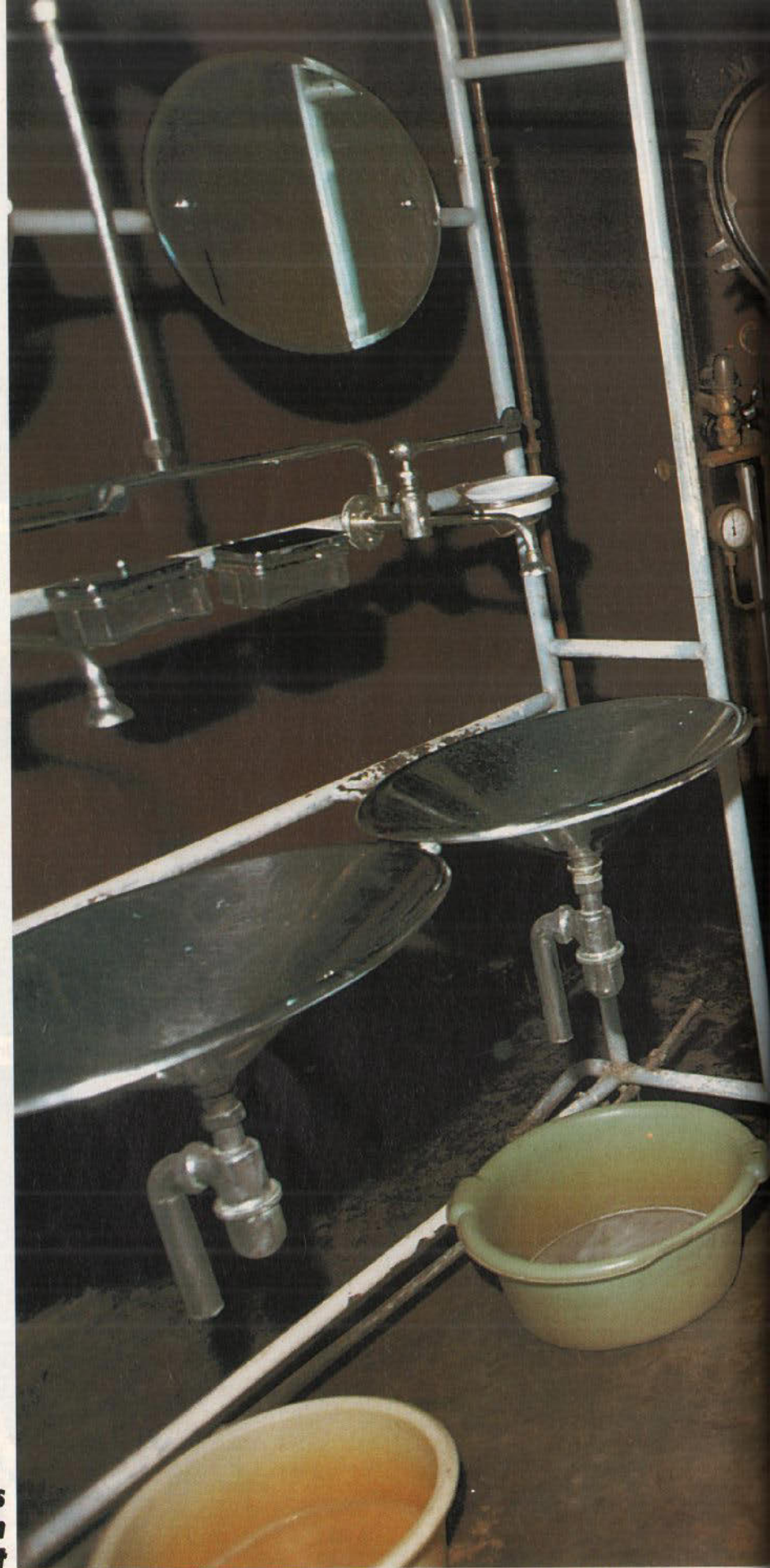
Die zwei Umuzungu, die Schwester Immaculée später zu ihr führte, sprachen eine fremde Sprache. Der Klang ihrer Stimmen war ernst und besorgt, soviel glaubte sie zu erahnen. Sie erkannte den Bärtigen wieder, der einmal bei ihrer Tochter einen Knochenbruch gegipst hatte. Der andere Umuzungu schlug die Decke über ihrem Kind zurück, betastete den Bauch und hörte den Brustkorb ab.

Reinhard Tröndle nimmt mich in den Kindersaal zur Morgenvisite mit. 25 Augenpaare aus dunklen Gesichtern junger Mütter blicken uns erwartungsvoll an. Hier ist der Mischgeruch aus Schweiß, Desinfektionsmitteln und Kranksein schwächer als im Männersaal, wo es mir gestern fast den Atem verschlagen hat. Alfonsinas Baby, das in eine graue Decke eingeschlagen vor uns liegt, atmet rasch und flach. Seine Nasenflügel beben, die Haut wirkt ausgetrocknet. Die Hautfarbe ist gräulich, Milz und Leber sind tastbar vergrößert. Beides zeigt einen bedrohlichen Zustand an: Ich vermute eine schwere bakterielle Infektion. Ohne Antibiotika und Flüssigkeitsausgleich würde das Kind wohl nur wenige Tage zu leben haben. Es würde eines von jenen rund zehn Prozent der Babys in Rwanda sein, die während der Geburt oder in der ersten Lebenswoche sterben.

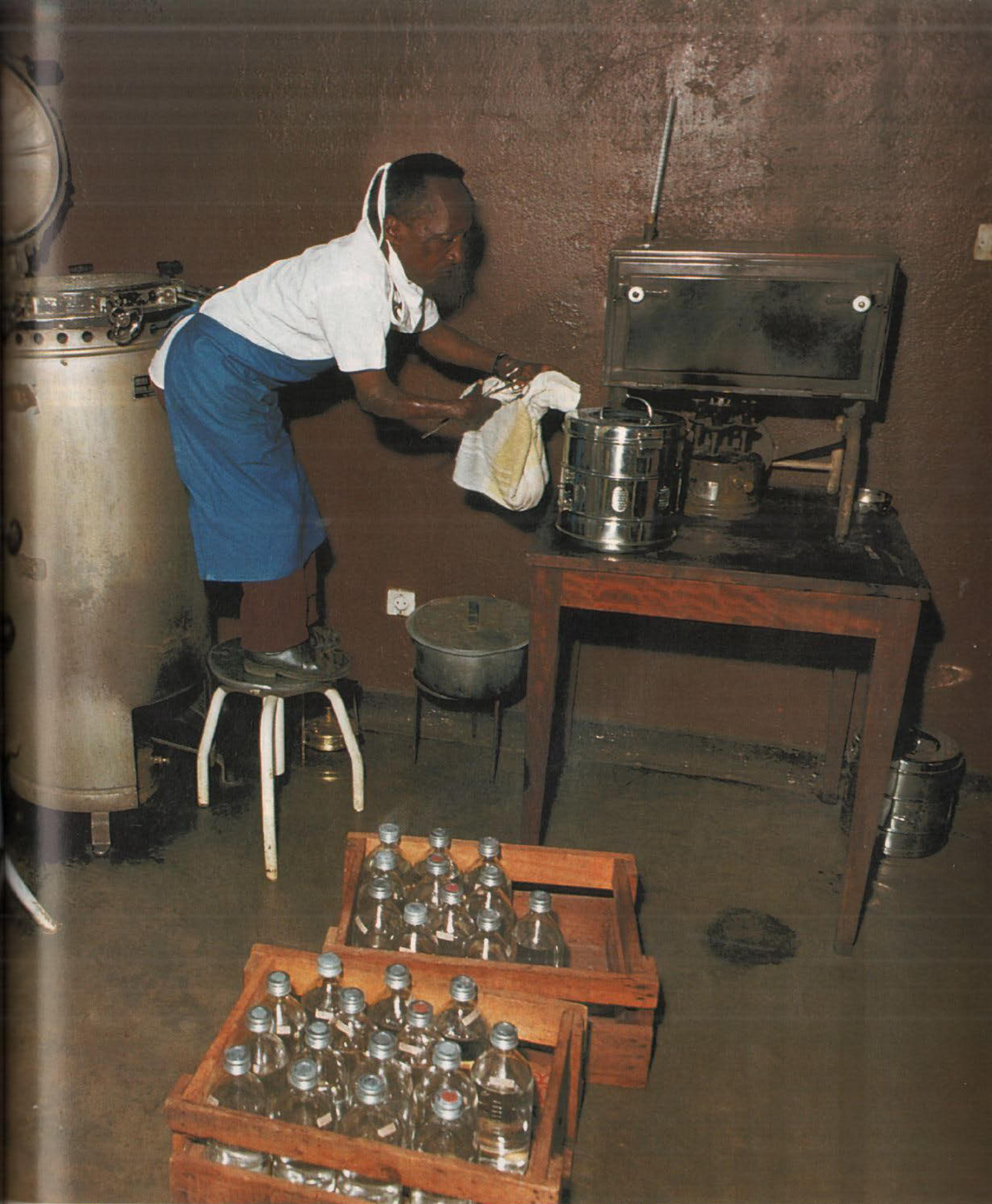
Ich muß an den kleinen Daniel denken, den ich in Deutschland drei Tage zuvor während meines letzten Nachtdienstes mit fast der gleichen Symptomatik aus dem Himmelbettchen neben seiner Mutter auf die Kinderstation des Krankenhauses Herdecke verlegt hatte. Hier roch es nach Lavendelöl und Eukalyptus-Desinfektionsmilch, und die Wände waren in Pastelltönen lasiert. Routinefall, hatte ich gedacht und der 26jährigen Mutter versichert, ganz gewiß würde ihr erstes Kind die Infektion ohne Folgeschaden überstehen.

Noch in der Nacht hatte mir das Labor Blutbild und Entzündungseiweiße bestimmt, ein Monitor überwachte Herzschlag und Atmung. Ein zweites Gerät bestimmte über Leuchtdioden die Sauerstoffsättigung in Daniels Blut. Ich hatte zum Ausgleich des Flüssigkeitsmangels eine Infusion angelegt, hatte dreimal täglich eine Kombination aus Cephalosporin und Breitspektrum-Penicillin angeordnet. Selbstverständlich liefen diese Antibiotika über Infusionspumpen. In den frühen Morgenstunden hatte ich mich von der Nachtschwester über „Piepser" noch einmal wecken lassen. Daniel atmete schon ruhiger, seine Haut wirkte wieder rosiger. Am nächsten Abend war ich nach Afrika geflo-

Gut ist, was ohne Strom in Gang kommt



Immer droht der Stromausfall. Der OP-Angestellte im Krankenhaus Bushenge kann sich nur auf



Sterilisatoren verlassen, die mit Petroleum betrieben werden – auch wenn sie mehr als 40 Jahre alt sind

gen, um meinen Studienfreund Reinhard in Bushenge zu besuchen.

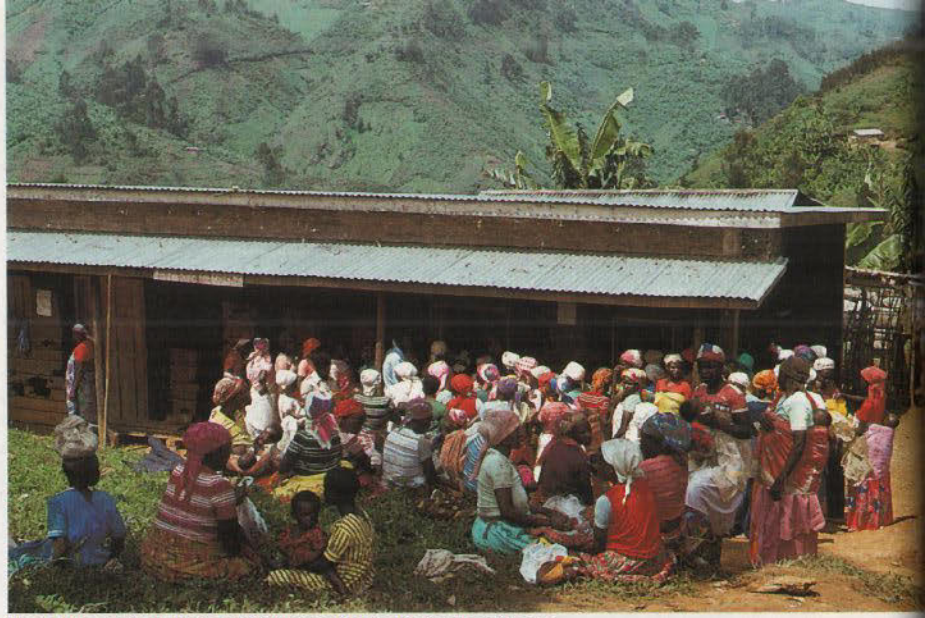
Reinhard arbeitet seit drei Jahren im Südwesten Rwandas nahe der Grenze zu Zaïre im Entwicklungsdienst. In seinem Gastland leben über 90 Prozent der Bevölkerung von Subsistenzwirtschaft. Eine Familie bestellt im Schnitt knapp einen Hektar Land. Auf einer Siedlungsfläche kaum größer als das Partnerland Rheinland-Pfalz drängen sich über sieben Millionen Menschen. Die Hälfte ist jünger als 15 Jahre. Rund ein Viertel der Bevölkerung sind Kinder im Vorschulalter. Eine Frau bringt durchschnittlich 8,6 Babys zur Welt. In weniger als 20 Jahren hat sich die Bevölkerung verdoppelt. Ein Viertel der Kinder überlebt die ersten fünf Lebensjahre nicht. Das heißt, die Überlebenschance eines gesunden rwandischen Neugeborenen ist vergleichbar der eines tumorkranken deutschen Kindes.

Alfonsinas Baby im Herzen Afrikas erscheint mir, dem deutschen Arzt, wie Teil einer unwirklichen Wirklichkeit: ein schwerkrankes Neugeborenes, Flüssigkeitsmangel, Bakterieninvasion. Kein Monitor, keine Infusion, keine Cephalosporine, keine nächtlichen Laborwerte. Wir basteln aus einer Absaugsonde, einem Einmalinfusionsbesteck und Pflaster eine Magensonde, die dünn genug für die engen Nasenlöcher des Kindes ist. Mit Übersetzungshilfe von Schwester Immaculée schärfen wir der Mutter des Babys ein, ihrem Kind alle drei Stunden eine bestimmte Menge Muttermilch mit Hilfe einer Spritze ganz langsam über die Sonde einzuflößen. Reinhard demonstriert der Mutter, wie sie eine Salz-Traubenzucker-Lösung aufziehen soll, falls die Muttermilch nicht reicht.

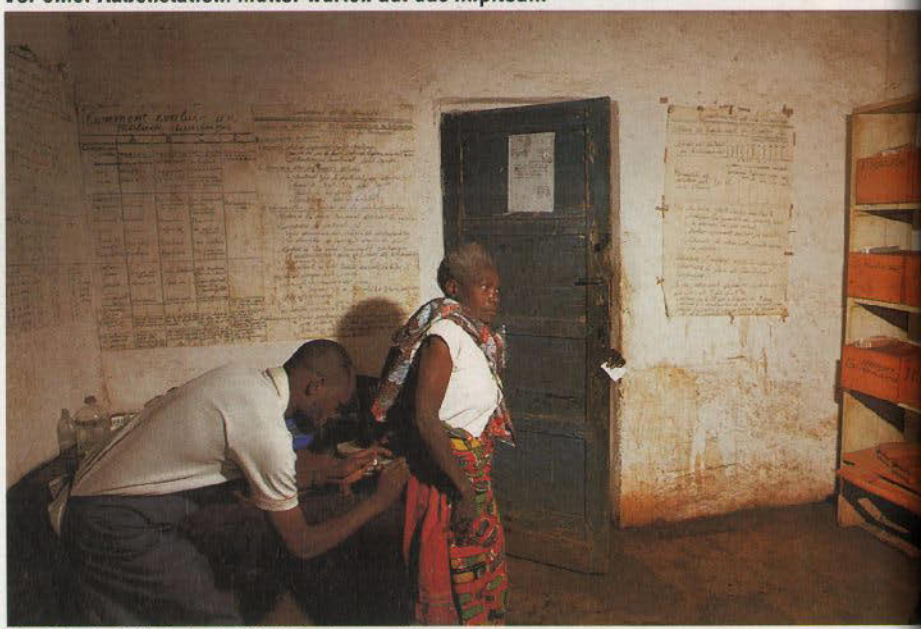
Ampicillin, als alleiniges Antibiotikum intramuskulär verabreicht, denke ich, wird möglicherweise nicht genügen. In den Laken könnte das Kind auskühlen. Was wird sein, frage ich mich, wenn das Neugeborene erbricht und der Magensaft in die Luftröhre gerät? Wer wird nach dem Kind schauen, wenn am Wochenende ein Arzt, ein Pfleger und eine Hebamme Dienst tun für Ambulanz, Geburten und 120 stationäre Patienten?

Es bleibt keine Zeit zum Grübeln. Ein Arbeiter reicht Reinhard einen Zettel. „Unsere Piepseranlage", sagt mein Studienfreund schmunzelnd. Und: „Kaiserschnitt im OP." Wir machen uns auf den überdachten Weg zum Operationssaal. Das Krankenhaus, ein Komplex mehrerer eingeschossiger Ziegelbauten, liegt auf einer langen Hügelkuppe. Nach Westen fällt das Gelände ab zum Ambulanz- und Labortrakt, in dem auch das regionale Aids-Labor untergebracht ist. Dort führt die teilweise geschotterte

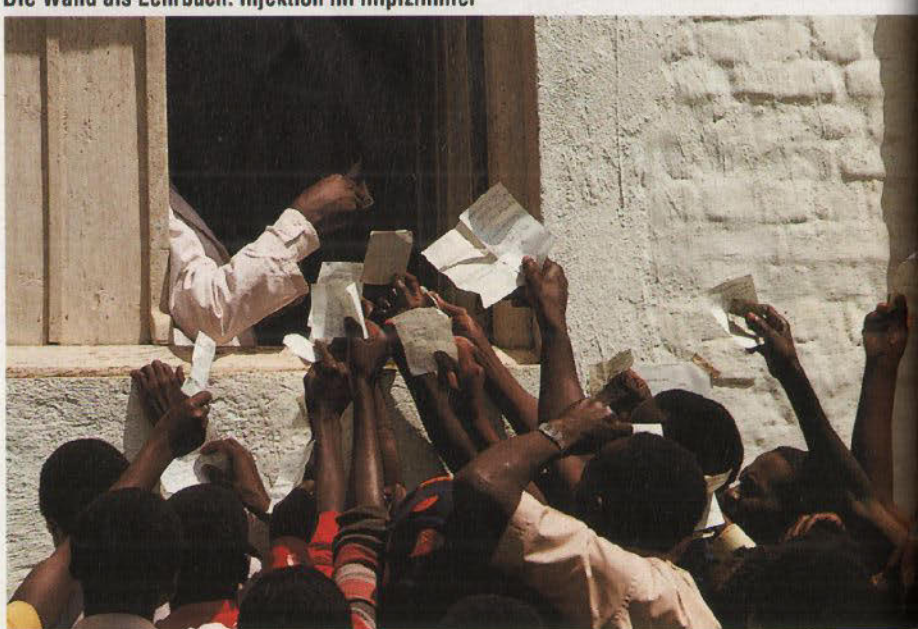
Kleine Zentren, die Großes leisten



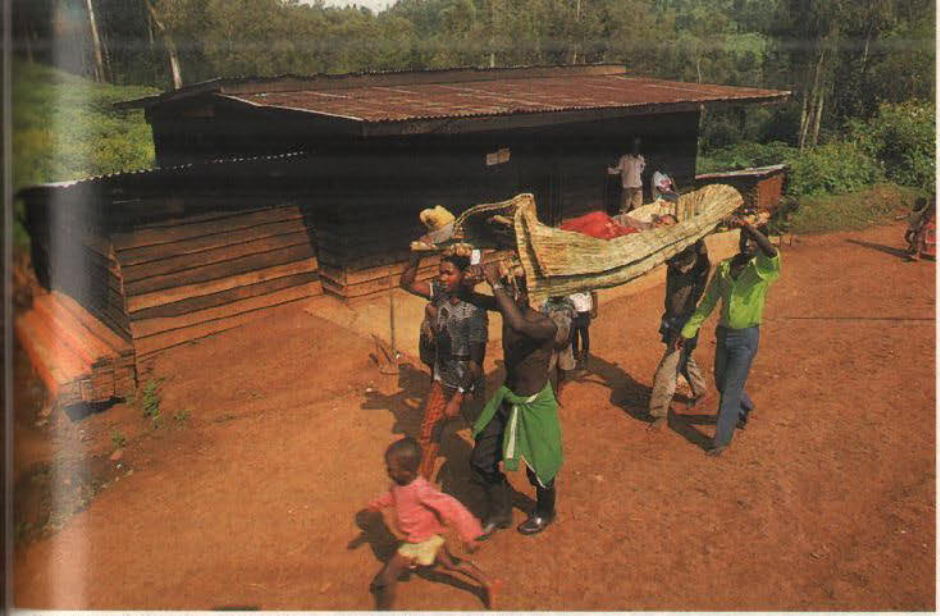
Vor einer Außenstation: Mütter warten auf das Impfteam



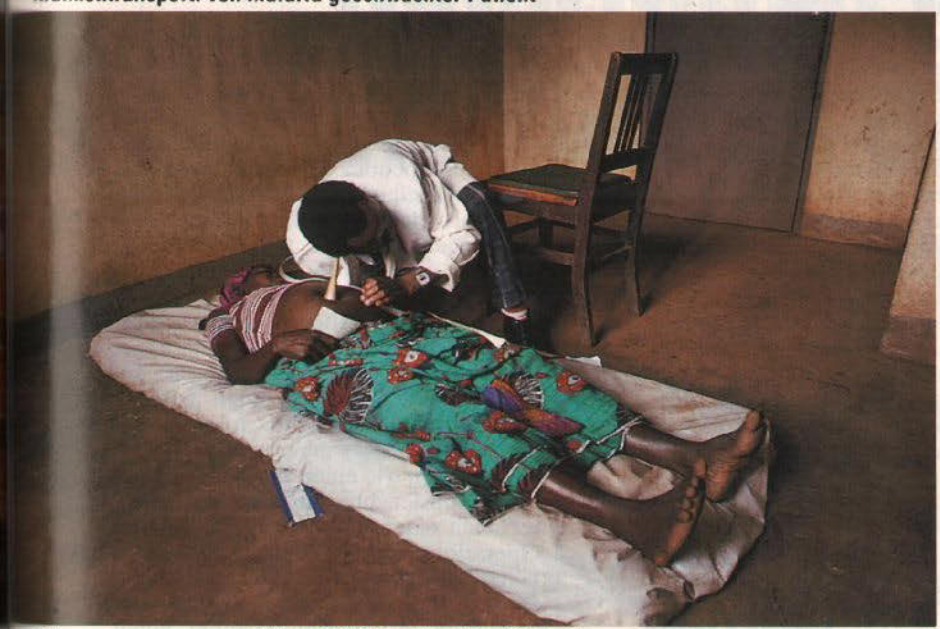
Die Wand als Lehrbuch: Injektion im Impfzimmer



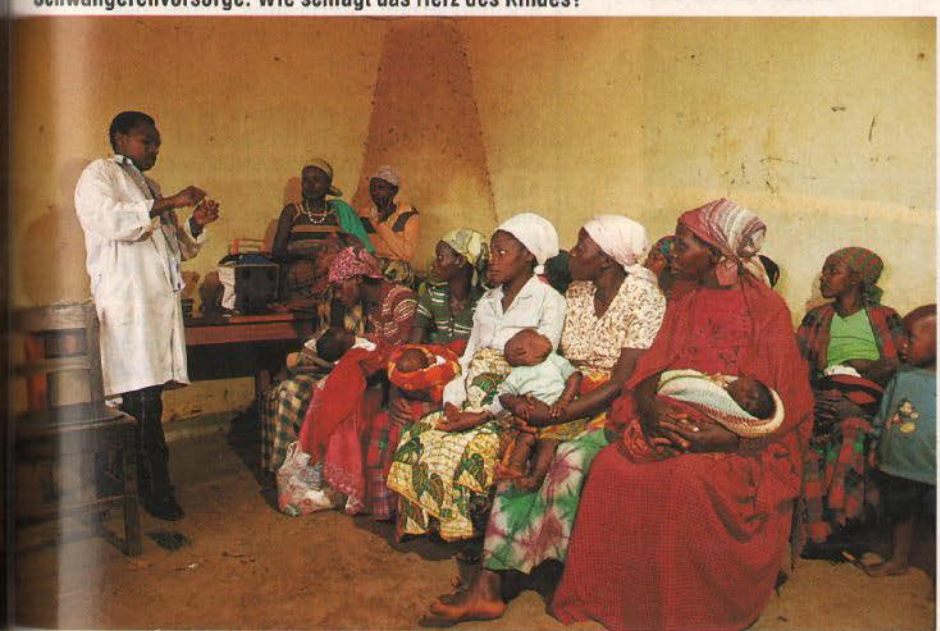
Turbulenzen: Ausgabe von Medikamenten



Krankentransport: von Malaria geschwächter Patient



Schwangerenvorsorge: Wie schlägt das Herz des Kindes?



Familienplanung: Vortrag über Kondome

Schlaglochstrecke vorbei, die das Krankenhaus mit der einzigen Asphaltstraße im Südwesten Rwandas verbindet. Das Krankenhaus mit seinen etwa 140 Betten ist zuständig für ein Einzugsgebiet von mehr als 150 000 Menschen.

Vor dem Operationssaal hängen auf einem Holzgestell Gummihandschuhe zum Trocknen. Die gleichen Einmalhandschuhe, die wir daheim in den Sondermüll werfen, werden hier mühsam neu sterilisiert. Während Reinhard sich für die Operation die Hände wäscht, entflammt der OP-Angestellte Josefu Rwabukwisi den Petroleumbrenner des Sterilisators, eines Modells aus den fünfziger Jahren. Mit Getöse faucht die blaue Flamme unter der Druckkammer. Vergebens halte ich nach einem Narkosearzt Ausschau und nach allem, was daheim zum Handwerkszeug der Anästhesisten gehört: Hier informieren keine Leuchtziffern fortlaufend über Konzentration der Narkosegase, über Blutdruck, Herzschlag und Sauerstoffsättigung. Wie bei uns nach dem Zweiten Weltkrieg ist jeder Operateur sein eigener Anästhesist.

Die Intubationsnarkose mit künstlicher Beatmung und Narkosegasen, Standardbetäubung bei uns zu Hause, fällt hier in den ländlichen Krankenhäusern aus. Die Ärzte injizieren Ketamin zur Vollnarkose. Diese Substanz, die rasch und sicher wirkt, wird in Mitteleuropa kaum noch verwandt. Im Lehrbuch stehen die Nachteile: Blutdrucksteigerung während des Eingriffs und Alpträume bis zu halluzinatorischer Verwirrung nach der Narkose. Wann immer möglich wenden Reinhard und seine Kollegen Teilnarkosen an, bei denen nach einer Injektion in den Lendenwirbelkanal der Körper nur vom Brustbein an abwärts betäubt wird. Das deutsche Narkosegerät, ein Auslaufmodell aus den frühen achtziger Jahren, steht in der Ecke und dient – mangels Narkosegas und Personal – als Ampullenablage. Genutzt werden nur die eingebaute Quarzuhr und das mechanische Blutdruckmeßgerät.

Personalmangel ist nicht die einzige Sorge, die Rwandas Gesundheitsminister François Xavier Nsengumuremyi zum Verwalter eines chronischen Notstandes macht. Mit umgerechnet etwa 20 Millionen Mark im Jahr 1989, dem Jahresbudget eines kleineren deutschen Kreiskrankenhauses, soll er die Gesundheitsversorgung für ein Sieben-Millionen-Volk sicherstellen. Den Löwenanteil des Etats verschlingen die Gehälter der Bediensteten. Der Rest bleibt für Geräte, Verlegungen Schwerstkranker ins Ausland und Betriebsmittel. Die Quote für Medikamente erlaubt gerade noch Importe im Wert von 14 Pfennig je Bürger und Jahr.

Von den 262 Ärzten im Land stehen 191 im Staatssold, 47 werden von aus-

ländischen Entwicklungsdiensten oder kirchlichen Trägern bezahlt. Die Absolventen der Universität in Butare vermögen den Bedarf nicht zu decken. Außer in der Hauptstadt Kigali verrichten „Assistants médicaux" – Krankenpfleger, die besonders in Diagnose und Therapie ausgebildet sind – die Arbeit, die in Mitteleuropa Hausärzten und Assistenzärzten zufällt. Die Grundpflege in den Krankenhäusern wird durchweg von Angehörigen geleistet, in der Regel kann pro Saal mit 25 Betten nur eine Stationsschwester eingestellt werden. Deren Aufgabenbereich entspricht etwa dem mitteleuropäischer Stationsärzte. Manche Stelle in der Provinz bleibt bei Gehältern von umgerechnet 400 Mark monatlich für einen Arzt im rwandischen Staatsdienst und 280 Mark für eine Schwester unbesetzt. Von solchen Gehältern läßt sich auch in Rwanda allenfalls ein bescheidener Lebensunterhalt bestreiten.

Medizinische Versorgung heißt deshalb in Rwanda und in vielen Staaten Afrikas: Massenmedizin. Cytostatische Tumorbehandlung etwa oder Organtransplantationen gibt es nicht. In der Krankheits-Statistik steht Malaria mit weitem Vorsprung ganz oben, 1989 wurden über 1,2 Millionen Menschen behandelt. Weiterhin machen „Wurmkrankheiten" und „Infektionen im Bereich der oberen Luftwege" den Rwandern zu schaffen.

Die Immunschwäche Aids, in Rwanda auf französisch Sida genannt, taucht gerade erst in der Statistik der häufigen Todesursachen auf. Dort steht sie nach Malaria und Lungenentzündungen auf Platz drei. Reinhard beschreibt die Entwicklung: „Früher sah ich gelegentlich einen HIV-Positiven, vorletztes Jahr gelegentlich einen Kranken, in diesem Jahr stirbt fast jeden Monat ein Patient, bei dem wir Aids diagnostizieren."

Die einzigen verfügbaren Zahlen stammen aus einer Studie des nationalen Aids-Programms, bei dem Schwangeren einer größeren Region Blutproben entnommen werden. Danach sind in den Städten mehr als 30 Prozent der rwandischen Bevölkerung zwischen 15 und 45 Jahren infiziert, auf dem Land zwischen zwei und zehn Prozent. Auch der volkswirtschaftliche Schaden ist enorm: Wegen der hohen Durchseuchung der Städte ist die wirtschaftliche und kulturelle Elite des Landes besonders betroffen. Im Krankheitsfall fällt nicht nur die Arbeitskraft des Patienten aus, zusätzlich muß die Familie eine Pflegekraft stellen. Niemand wagt es vorherzusagen, welchen Schatten die Seuche in den kommenden Jahren auf das Land werfen wird.

Dabei hat Rwanda im Vergleich zu anderen schwarzafrikanischen Staaten noch gute Voraussetzungen, wenigstens die Übersicht zu behalten. Jede der 143 Gemeinden verfügt über mindestens ein Gesundheitszentrum, an dem Kranke ambulant – in schlimmen Fällen auch stationär – versorgt und Medikamente ausgegeben werden. Dort, wo ein Gesundheitszentrum weiter als zwei Fußwegstunden entfernt liegt, bieten kleinere „Dispensaires", ohne Notfallbetten, ihre Dienste an. Um die Effizienz des Kindervorsorgeprogramms zu erhöhen, fahren oder marschieren die Angestellten eines Zentrums zusätzlich einmal im Monat zu entfernteren Außenposten. Das Reisegepäck besteht aus einer Kinderwaage, einer Kühltasche für Impfstoff und einem petroleumbetriebenen Rucksack-Sterilisator für Impfspritzen.

Der Weg zur nächsten Klinik ist fast immer weit

Glücklicher Zufall: Ein Regionalarzt hat einen Kranken aufgelesen

Doch ohne die Dauerinfusion an Geld und Personal durch ausländische Hilfsorganisationen sowie kirchliche Einrichtungen – etwa die Hälfte der Zentren und Krankenhäuser unterstehen Missionsstationen oder Diözesen – wäre die rwandische Gesundheitsversorgung längst zusammengebrochen. Die „privaten" Einrichtungen, meist unter ausländischer Leitung und solide finanziert, leiden weniger unter den Kümmernissen des staatlichen Systems. Dort führen Personalprobleme, Mangel an Medizintechnikern und schlechte Koordination der Auslandshilfe die Problemliste an. Wohlmeinende deutsche Spender schickten beispielsweise 1983 eine Kiste Medikamente mit der Wertdeklaration „DM 20 000" nach Bushenge. Aus der teuer verzollten Sendung packten die Ärzte unter anderem Medikamente zur Behandlung übergewichtiger Alters-Diabetiker aus. Einige Schachteln waren bereits angebrochen. Eine offizielle japanische Initiative sandte 1989, diesmal zollfrei, zwei Container Medizintechnik an den Kivu-See. Neben überaus sinnvollen Geschenken wie einer akkubetriebenen Operationsleuchte entluden die Arbeiter auch einen elektrisch verstellbaren Operationstisch – allerdings ohne Handkurbel für den allzeit drohenden Stromausfall. An der Universitätsklinik in Butare installierten Spender einen hochmodernen Sterilisator, ohne das Notstromaggregat mit entsprechender Leistung nachzurüsten.

In Kigali wurde mit saudiarabischen Krediten ein hochmodernes Krankenhaus errichtet. Die Betten bleiben leer, da die Weltbank in spätkolonialistischer Manier allgemeine Kreditzusagen an die im Prinzip sinnvolle Bedingung band, das Krankenhaus erst zu eröffnen, wenn Rwanda die Mittel für ein Jahresbudget in Höhe von mehreren Millionen Mark stellen könne. Bei unverändert niedrigen Weltmarktpreisen für die Exportprodukte Kaffee und Tee besteht darauf kaum Aussicht.

Sinnvollere Hilfsprojekte versuchen daher bestehende rwandische Institutionen zu unterstützen. Der deutsche Entwicklungsdienst entsendet beispielsweise Ärzte und Krankenschwestern zur Arbeit unter rwandischer Leitung. Zwar dauert es Monate, bis sich die Freiwilligen an den afrikanischen Lebensrhythmus gewöhnt haben, dafür

Der Stern.
Er bringt die Bilder der Welt, die Nachrichten der Woche und die Themen des Tages. Gründlich. Kritisch. Kompetent.

stern
magazin

Jeden Donnerstag neu bei Ihrem Zeitschriftenhändler!

Ein Unding für Europas Ärzte: gebrauchte, wieder sterilisierte OP-Handschuhe

Wo auch Wegwerfware wertvoll wird

besteht die Chance, gezielt Notlagen zu erkennen und etwa Geldgeber für die fehlenden 3500 Mark zur Reparatur der Hauptpumpe der Wasserversorgung aufzutreiben, von der 8000 Menschen auf der von der Cholera bedrohten Insel Nkombo im Kivu-See abhängen.

Bei der Ankunft auf dem Flughafen in Kigali hatte ich die Schönheit der Bewegungen der Afrikaner bewundert, hatte mich gefreut an der Eleganz, mit der mir der Schalterbeamte in der Wechselstube die Geldscheine auf den Tisch blätterte. Als würde er die Scheine streicheln. Jede Geste wirkt hier, als sei sie choreographiert, ein melodisches Atmen aus Anspannen und Lösen – die Bewegungstherapeuten daheim würden applaudieren.

Die Kehrseite der Geduld und Ruhe erlebe ich im Krankenhausalltag in Bushenge: In einer Gesellschaft, in der die Männer bis vor zwei Generationen den größten Teil der Arbeit den Frauen überlassen haben, gilt so etwas wie der „Dienst nach Vorschrift". Selbst ein bescheidenes Operationsteam aus einem Arzt, einem Helfer und einem Pfleger zusammenzutrommeln dauert normalerweise eine Dreiviertelstunde. An Notfalleingriffe, bei denen Sekunden zählen, ist nicht zu denken. „Am Anfang", erzählt Reinhard, „bekommst du viele graue Haare."

Alfonsina Nyirankundwa hat die Nacht und den ganzen Sonntag über vorsichtig Muttermilch in die Plastiksonde geträufelt – so wie es ihr die Schwester gezeigt hatte. Sie hat aus der abgegriffenen Taschenbibel vorgelesen, die sie von daheim mitgebracht hatte. Das Kind saugt an diesem Montagmorgen zum erstenmal wieder kräftiger an der Brust. Alfonsina wickelt ihren Sohn in die bunte Wolldecke, die sie aus einer amerikanischen Kleiderspende auf dem Markt in Kamembe erstanden hat, und geht nach draußen. Sie muß der Desinfektionslösung ausweichen, die Arbeiter wie jeden Morgen aus zwei Eimern auf den Boden schütten und mit Gummiwischern über die Hintertreppe des Krankensaales wieder hinausschieben.

Abseits der Krankensäle versammeln sich Frauen mit Kindern zur Vorsorgesprechstunde, Ernährungsberatung und Impfung – Teil eines gezielten staatlichen Präventivprogramms. Alfonsina selbst hatte ihre drei älteren Kinder impfen lassen und war damals auch ein bißchen stolz auf die gelben Vorsorgekarten gewesen. Denn die Punkte auf den Gewichtskurven ihrer Sprößlinge hatten immer innerhalb der Linien gelegen, die auf einem Plakat am Gesundheitszentrum mit dem Text „Der gute Weg zur Gesundheit" markiert waren.

Der Impfer hatte ihr bei jedem Treffen erzählt, wie wichtig es für Rwanda sei, nicht mehr als vier Kinder pro Familie zu zeugen. Es stimmt schon, fast jedes Jahr ein Kind zur Welt zu bringen, schwanger den Acker zu bestellen, die Kaffeebohnen zu pflücken, Wasser von der Wasserstelle zu holen – das ist anstrengend. Eine Freundin hatte sich nach dem fünften Kind hier in Bushenge kleine Stäbchen unter die Haut am Oberarm einsetzen lassen. Der Arzt hatte versichert, es verhindere Schwangerschaften für fünf Jahre. Sie wußte auch, daß sich ihre Cousine in der Gemeinde Karengera zu diesem Zweck alle drei Monate eine Spritze geben ließ. Aber dort bittet der Familienplanungsberater des Gesundheitszentrums die Frauen einzeln ins Zimmer. Niemand erfährt, wer sich spritzen läßt und wer nicht.

Die hohe Geburtenrate sieht Sosthène Rukundo vom Gesundheitsministerium mittelfristig als das größte sozialmedizinische Problem seines Landes. Selbst die besten Programme zur Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge hinken mit einer Zuwachsrate von 1,5 Prozent dem derzeitigen Bevölkerungswachstum von 3,7 Prozent jährlich hoffnungslos hinterher. Bei klimatisch idealen Voraussetzungen sind die Böden ausgelaugt, liefern weniger als ein Viertel des Ertrages mitteleuropäischer Ackerkrume. Im Wettlauf gegen die absehbare Hungersnot gibt Rukundo, der als moderner rwandischer Städter selbst nur drei Kinder hat, dem Familienplanungsprogramm oberste Priorität. Innerhalb von zwei Jahren stieg die Akzeptanz konsequenter Verhütung in der Bevölkerung von fünf auf gut zehn Prozent in einzelnen Regionen – ein Zuwachs, der hoffen läßt. Doch als großes Hindernis wirkt die starre Haltung der einflußreichen katholischen Kirche.

Alfonsina ist glücklich. Ihr Sohn hat eben nach der letzten Medikamentenspritze aus Leibeskräften gebrüllt. Sicher und fest trinkt er jetzt an ihrer Brust, seine Haut hat die schokoladenbraune Tönung der gesunden Säuglinge angenommen. Alfonsina entrichtet für die zehn Tage Krankenhaus den staatlich festgesetzten Eigenanteil von 100 rwandischen Francs, umgerechnet etwa 1,40 Mark. Das entspricht dem halben Tageslohn in einer Teefabrik oder dem Erlös für eineinhalb Kilo Kaffeebohnen aus dem bescheidenen Privatanbau. Sie wickelt ihren Rock um die Hüften, nimmt ihr Kind auf und schlägt den Weg durch das Tal in Richtung heimatlichem Hügel ein. □

Für **Dr. Joachim Fischer**, 33, ganz rechts, und den Fotografen **Thomas Stephan**, 34, ganz links, war der Bericht aus Rwanda nach ihrem Bericht über frühgeborene Kinder (GEO Nr. 11/1987) die zweite gemeinsame Reportage. Mit ihrem Dolmetscher begleiteten sie das „Impfteam" zu einem Außenposten.

Schauen Sie jetzt in den Spiegel Ihrer Seele.

Dabei werden Sie jemanden kennenlernen, der Ihnen sehr nahesteht: sich selbst. Das eigene Ich, die Seele des Menschen – wer mehr darüber weiß, hat es im Leben oft einfacher als andere. Lesen Sie die P.M. PERSPEKTIVE »Psychologie«. Sie erfahren in diesem Heft, auf welche Krisensituationen jeder Mensch im Laufe seines Lebens stößt und wie man sie meistert. Sie erweitern Ihr Wissen über das Zusammenspiel von Seele und Körper, die Bedeutung der Träume und vieles andere mehr.

Weitere Themen:

Psychotherapie – viele Wege führen zum Ziel

Partnerschaft und Liebe – was sagt die Wissenschaft über das Verhältnis zwischen Mann und Frau?

Sucht, Angst und Aggression – was heute jeder wissen sollte

Psychotest – ein spannender Bericht zu einem umstrittenen Thema

Sollte Ihr Zeitschriftenhändler das Heft nicht vorrätig haben, schreiben Sie an den P.M. Presse-Versand-Service, Postfach 600, 7107 Neckarsulm. Sie erhalten P.M. PERSPEKTIVE »Psychologie« dann für DM 9,– plus DM 2,– Versandkostenanteil ins Haus geschickt.

Jetzt bei Ihrem Zeitschriftenhändler DM 9,–

Die gnadenlosen Forscher

VON CHRISTOPHER SCHRADER

Wenn sie Kaninchen benutzt hätten, die Herren Mengele, Clauberg, Ding-Schuler, Hallervorden, Kremer, Rascher und andere, dann würden ihre Experimente heute keinen Staub mehr aufwirbeln. Doch sie haben bei ihrer „Forschung" in den Konzentrationslagern Menschen „verbraucht" – Juden, Zigeuner, Slawen und Geisteskranke. Sie haben ihnen Hoden oder Eierstöcke aus dem Leib geschnitten und Kinder mit Hepatitis oder Tuberkulose infiziert. Gefangenen wurden Verbrennungen oder schmutzige Wunden zugefügt, um Medikamente zu testen. Und das Gewebe Ermordeter diente als Nährboden für Zellkulturen.

So bauten die Nazi-Ärzte eine gängige Methode der medizinischen Forschung – „Menschenversuche" – zum furchtbaren System aus. Heute gelten dafür strenge ethische Richtlinien, die jedoch in vielen Einzelfällen nicht völlig eingehalten werden: freiwillige und informierte Zustimmung der Probanden, Vermeidung unnötiger Gefahren. Obwohl die NS-Mediziner wissentlich gegen elementares Menschenrecht verstießen, bemühten sie sich, ihre Experimente „wissenschaftlich sauber" durchzuführen: Sie teilten ihre Opfer in Gruppen ein, von denen jeweils eine als unbehandelte Kontrollgruppe diente. Alle hatten gleiche, miserable Ernährungsbedingungen, und es wurde darauf geachtet, daß genügend Versuche liefen, damit die Ergebnisse „aussagekräftig" wurden.

Das Dritte Reich bot skrupellosen Ärzten und Forschern beste Voraussetzungen: Wo sonst hätte etwa Josef Mengele so schnell mehr als 100 Zwillingspaare und etwa ebenso viele Familien von Zwergwüchsigen für seine Versuche finden können wie in Auschwitz? Zwar wurden damals wie heute Anträge auf Forschungsmittel durch ältere, erfahrene Kollegen geprüft und genehmigt – etwa den berühmten Chirurgen Ferdinand Sauerbruch. Doch das Verfahren wurde durch die Nazi-Ideologie pervertiert: Ethisch versagten die traditionellen Kontrollen innerhalb der Wissenschaft, weil auch die Gutachter die entrechteten Opfer nur als eine besondere Art von Versuchstieren ansahen.

Etliche Ergebnisse dieser Experimente werden heute aber auch noch genutzt, zum Beispiel einige Erkenntnisse über Geisteskranke. Sie wurden als erste zu Objekten „forschender" NS-Ärzte: Schon kurz nach ihrer Machtübernahme hatten die Nazis ein „Gesetz zur Verhütung erbkranken Nachwuchses" erlassen. Während Hitlers Schergen Zehntausende von Kranken sterilisierten oder ermordeten, wurde „wertvolles Material zur Frage frühkindlicher Hirnschäden bzw. angeborener Mißbildungen gewonnen", wie es in einem Bericht des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Psychiatrie hieß. Julius Hallervorden, der 1942 die Gehirne von 500 ermordeten, angeblich schwachsinnigen Menschen seziert hatte, veröffentlichte noch 1949 einen dabei entdeckten „interessanten Fall": Das Gehirn eines Kindes hatte schon vor seiner Geburt bei einem mißlungenen Selbstmordversuch der Mutter mit Kohlenmonoxid Schaden genommen.

Für den medizinischen Fortschritt „wertvoll" waren auch die Erkenntnisse Sigmund Raschers und anderer über das Verhalten des menschlichen Körpers bei Flughöhen über zwölf Kilometer. Bei 200 Versuchen im KZ Dachau starben rund 80 Menschen an Blutgerinnseln oder Luftblasen in Herzadern oder im Gehirn. Mindestens ein Opfer wurde noch kurz vor dem Tod aus der Unterdruckkammer gezerrt und ertränkt, um die Blasen in seinen Gefäßen während der anschließenden Autopsie besser nachweisen zu können. Die Resultate flossen unter anderem in die Weltraum-Medizin ein und waren wohl auch für die Flüge zum Mond von Nutzen.

Folgen über den Untergang des Dritten Reiches hinaus hatten die Fleckfieber-Experimente des Erwin Ding-Schuler, der im KZ Buchenwald 450 Gefangene mit dem Erreger infizierte, um Impfstoffe zu erproben. Einige der Substanzen – später als „brauchbar" klassifiziert – verhinderten zwar den Tod, aber nicht den Ausbruch der Krankheit. Andere, die bei Tieren gewirkt hatten, konnten die Infizierten überhaupt nicht schützen. 158 Menschen starben bei den Versuchen.

Der Gynäkologe Carl Clauberg spritzte in Auschwitz „fortpflanzungsunwürdigen Frauen" – so der Nazi-Jargon – eine ätzende Flüssigkeit in die Gebärmutter. Mehrfach angewandt, sollte die Substanz die Eierstöcke verkleben und die Frauen unfruchtbar machen. Eine ähnliche Sterilisations-Methode wurde später von jüngeren Medizinern propagiert, die, wie kurzzeitig auch Clauberg, nach dem Krieg an der Universität Kiel gearbeitet haben.

Die grausige Liste „erfolgreicher" – weil im wissenschaftlichen Sinn „folgenreicher" – Experimente ist lang. Mit der gleichen menschenverachtenden Konsequenz gingen die Nazi-Ärzte auch Thesen nach, die keinerlei wissenschaftliche Basis hatten: Mengele erforschte, ob Menschen „nicht-arischer Rassen" – nach der NS-Definition unter anderem Juden und Zigeuner – unterschiedlich auf Infektionen reagierten. Außerdem

Im KZ Dachau untersuchten NS-Ärzte die fatale Wirkung des Unterdrucks bei großen Flughöhen und

wollte er die braunen Augen blonder Kinder durch das Einspritzen von Farbe blau tönen. Johann Paul Kremer konservierte in Auschwitz innere Organe soeben ermordeter Häftlinge, weil er nach dem Krieg mit dem „lebendfrischen Material" unter anderem eine seiner Lieblingsthesen beweisen wollte: Das häufige Erleiden verstümmelnder Unfälle sei vererbbar. Und Hugo Spatz suchte in den Gehirnwindungen von Luftwaffen-Soldaten, die Selbstmord verübt hatten, nach Spuren von deren angeblicher Feigheit.

So sinnlos und grausam diese gescheiterten „Experimente" uns heute erscheinen: Die Nazis hielten sie für sinnvoll, da sie – logische Bausteine auf irrationalem Fundament – auch eine Ideologie bestätigen sollten: jene von der Überlegenheit der „arischen Rasse". Statt der individuellen Moral, die den einzelnen Menschen schützt, setzten die NS-Ideologen eine kollektive Ethik und propagierten die „Gesundung" des Volkes durch „Rassenhygiene". So drängten sich medizinische und chirurgische Metaphern geradezu auf: Die Juden seien ein „entzündeter Blinddarm" oder „faulender Krebsschaden" im gesunden Volkskörper, der radikal herausgeschnitten werden müsse.

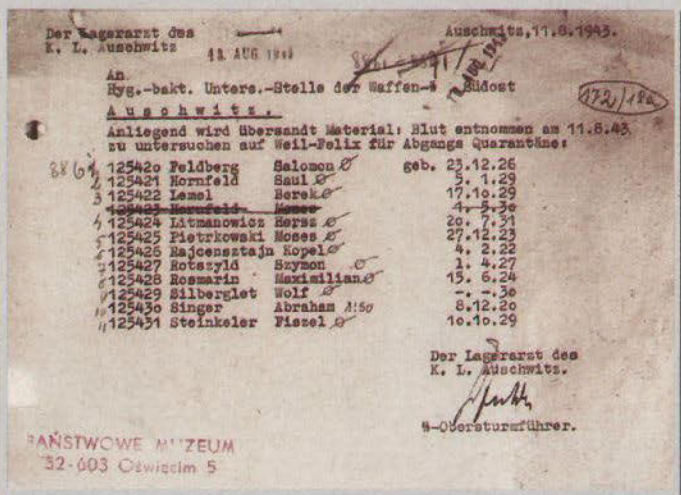
Streng achteten die Nazis darauf, daß die entscheidenden Funktionen ihrer Vernichtungsbürokratie von Ärzten ausgeübt wurden, obwohl medizinische Fachkenntnisse dafür selten nötig waren. Ärzte waren es, die den Anschein medizinischer Legitimität aufrechterhielten und falsche Totenscheine der Opfer ausstellten. Ärzte „selektierten" die menschliche Fracht auf der Rampe in Auschwitz, schickten die Kräftigen und Jungen nach rechts ins Arbeitslager, den Rest nach links ins Gas von Birkenau. Und Ärzte prüften schließlich, ob die Gaskammer-Opfer wirklich tot waren.

Der US-Psychologe Robert Jay Lifton, der bei den Recherchen für sein Buch „Ärzte im Dritten Reich" 28 überlebende Nazi-Mediziner interviewt hat, nennt diese Arbeitseinteilung „medikalisiertes Töten". Je mehr die Ärzte das „Töten als therapeutischen Imperativ" begriffen, desto weniger belastete es ihr Gewissen: Denn die Mörder im weißen Kittel töteten den lebendigen Menschen vor ihnen, um etwas Abstraktes zu „heilen" – den angeblich erkrankten „Volkskörper". Diese Denkweise, schreibt Lifton, habe den systematischen Völkermord möglich gemacht.

Wie bei den Experimenten jenseits der medizinischen Ethik auch noch der letzte Rest menschlicher Regung erstickt wurde, zeigt eine weitere Eigenart der Nazi-Mediziner: Sie sahen ihre Opfer – so Lifton – als bereits tot an, weil diese ohnehin für die Ermordung vorgesehen waren. Der Schmerz der Todgeweihten zählte nicht mehr, und ihnen gegenüber konnte es auch keine Grausamkeit geben. Bruno Weber etwa ließ Gefangenen in Auschwitz die Halsschlagader aufstechen, um ihnen einen Liter Blut abzunehmen. Ohne eine weitere Versorgung verbluteten die unterernährten und geschwächten Opfer.

„Sie nahmen uns", hat eine Überlebende über die Versuche gesagt, „weil sie keine Kaninchen hatten." Doch die Nazi-Ärzte wollten gar keine Kaninchen. Sie wollten aussagekräftige Ergebnisse direkt am eigentlichen Objekt ihrer Neugier gewinnen – am Menschen. □

Christopher Schrader, 29, ist GEO-Wissen-Redakteur.



Der Lagerarzt des K. L. Auschwitz — Auschwitz, 11.8.1943.

11 AUG 1943

An Hyg.-bakt. Unters.-Stelle der Waffen-SS Südost

Auschwitz.

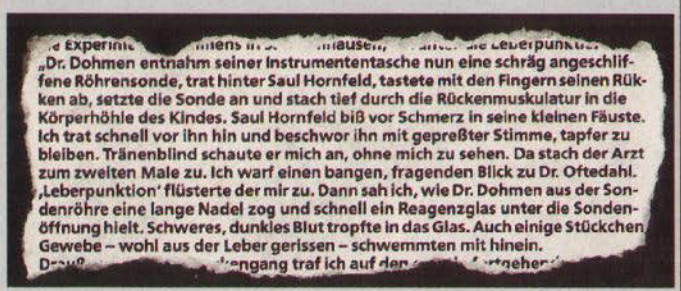
Anliegend wird übersandt Material: Blut entnommen am 11.8.43 zu untersuchen auf Weil-Felix für Abgang Quarantäne:

1	125420 Feldberg	Salomon	geb. 23.12.26
2	125421 Hornfeld	Saul	5. 1.29
3	125422 Lemel	Berek	17.10.29
4	~~125423 Neufeld~~	~~Lemek~~	4. 5.3e
4	125424 Litmanowicz	Herss	2e. 7.31
5	125425 Pietrkowski	Moses	27.12.23
6	125426 Rajcensztajn	Kopel	4. 2.22
7	125427 Rotszyld	Szymon	1. 4.27
8	125428 Rosmarin	Maximilian	15. 6.24
9	125429 Silberglet	Wolf	-. -.3e
10	125430 Singer	Abraham Also	8.12.2e
11	125431 Steinkeler	Fiszel	1e.1e.29

Der Lagerarzt des K. L. Auschwitz.

SS-Obersturmführer.

PAŃSTWOWE MUZEUM
32-603 Oświęcim 5



„Dr. Dohmen entnahm seiner Instrumententasche nun eine schräg angeschliffene Röhrensonde, trat hinter Saul Hornfeld, tastete mit den Fingern seinen Rücken ab, setzte die Sonde an und stach tief durch die Rückenmuskulatur in die Körperhöhle des Kindes. Saul Hornfeld biß vor Schmerz in seine kleinen Fäuste. Ich trat schnell vor ihn hin und beschwor ihn mit gepreßter Stimme, tapfer zu bleiben. Tränenblind schaute er mich an, ohne mich zu sehen. Da stach der Arzt zum zweiten Male zu. Ich warf einen bangen, fragenden Blick zu Dr. Oftedahl. ‚Leberpunktion' flüsterte der mir zu. Dann sah ich, wie Dr. Dohmen aus der Sondenröhre eine lange Nadel zog und schnell ein Reagenzglas unter die Sondenöffnung hielt. Schweres, dunkles Blut tropfte in das Glas. Auch einige Stückchen Gewebe – wohl aus der Leber gerissen – schwemmten mit hinein.

Im Spätsommer 1943 wurden elf jüdische Kinder und Jugendliche von Auschwitz ins KZ Sachsenhausen geschickt. Dort wurden sie bei Hepatitis-Versuchen mit dem Erreger infiziert. Für die NS-Vernichtungsbürokratie wie auch für den Arzt Arnold Dohmen waren sie nur »Material«. Ein Gefangener, der sich als Blockältester um die Kinder gekümmert hatte, schilderte später, wie erbarmungslos Dohmen eine Leberpunktion bei dem 14jährigen Saul Hornfeld vorgenommen hat

fotografierten einen sowjetischen Kriegsgefangenen beim Sterben

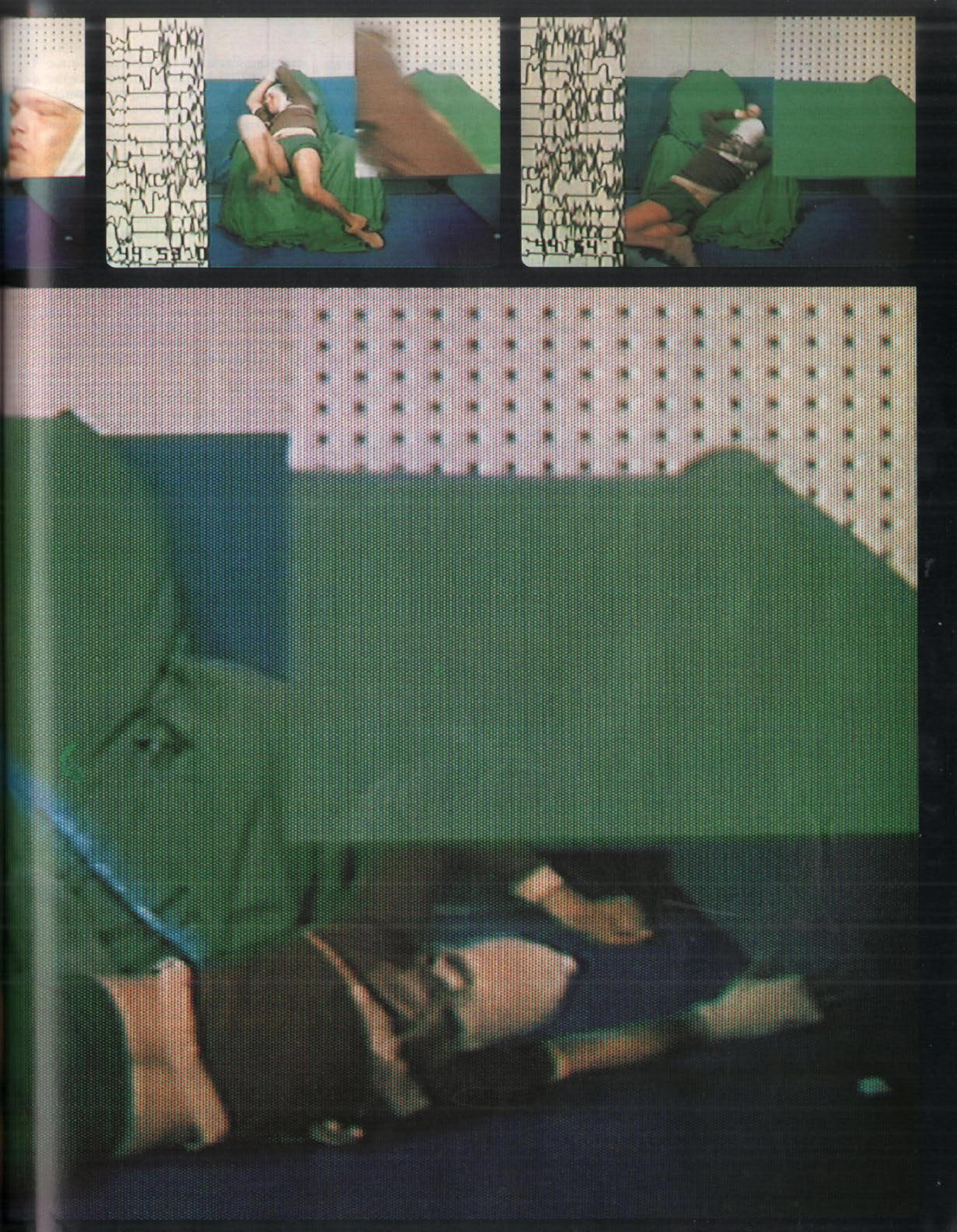
Ein Zopf aus Kabeln entquillt dem Schädel eines 18jährigen Epilepsiepatienten im sogenannten SDA-Raum der Universitätsklinik Bonn. Eingepflanzte Elektroden leiten 14 Tage lang Hirnstromsignale des Kranken ab – im Normalzustand wie bei Anfällen. Mit Hilfe der Daten suchen die Ärzte nach krampfauslösenden Hirnarealen

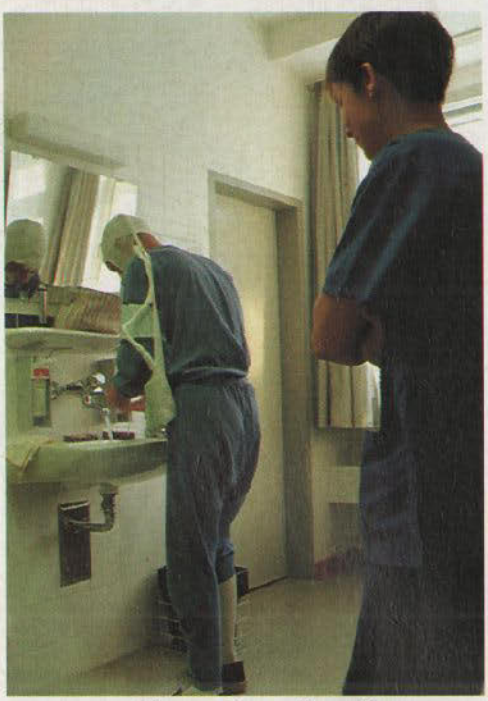
Einst galt die »Fallsucht« als heilige Krankheit – oder als Teufelswerk, das Menschen besessen macht. Unter hartnäckigen Mythen leiden die rund 800 000 deutschen Epileptiker bis heute. Dabei vermögen Ärzte die schlimmsten Auswirkungen der »Gewitter im Gehirn« bei vielen Patienten schon lange mit Medikamenten einzudämmen. Und inzwischen kann auch einer Minderheit der Anfallskranken geholfen werden, deren Krämpfe nicht per Arzneimittel zu kontrollieren sind. Dazu müssen die betroffenen Patienten allerdings eine langwierige, technisch höchst aufwendige und seelisch extrem belastende Diagnostik durchlaufen. Sie soll klären, ob sich der Epilepsie-Herd mit einem diffizilen hirnchirurgischen Eingriff entfernen läßt – für die Kranken die einzige Chance auf Heilung

Der Griff nach der Wurzel des Übels

Was sich während eines epileptischen Anfalls abspielt, registriert die »simultane Doppelbild-Aufzeichnung« (SDA) auf zwei Ebenen: Sie kombiniert auf einem Monitor die Video-Aufnahmen des Patienten Moritz Doermer zeitgleich mit dessen Hirnstromkurven. So können die Ärzte mit einem Blick die Außen- und Innenansicht der Krämpfe erfassen. Diese verraten sich auf dem Elektroenzephalogramm (EEG) durch ein typisches Muster von raschen Entladungen (»spikes«) und steil ansteigenden Wellen. Die Bildsequenz zeigt die ersten vier Sekunden eines der heftigen Anfälle, die diesen Patienten seit Jahren mehrmals am Tag heimsuchen - auch während der Beobachtungszeit im SDA-Raum des Zentrums für Epilepsie-Chirurgie in Bonn

Der entblößte Anfall





Das Leben am Zopf Alltag während der »Vordiagnostik«: Rund um die Uhr müssen Patienten der zur Zeit modernsten deutschen Station für Epilepsie-Diagnostik an den Bodelschwinghschen Anstalten in Bethel mit den EEG-Elektroden samt Kabelzopf leben

VON CHARLOTTE KERNER; FOTOS: JÖRG WISCHMANN

Der Sekt ist kalt gestellt. „Heute abend feiern wir." Noch lächeln Fritz Herder und seine Frau Petra* ein wenig ungläubig. Das Paar – er 33, sie 30 – will auf etwas Ungewöhnliches anstoßen: auf das erste angstfreie Jahr ihrer zehnjährigen Ehe. 365 Tage lang hat der Malermeister keinen einzigen epileptischen Anfall erlitten.

Fritz Herders Leiden wurde erkannt, als er 16 Jahre alt war. Keine Pille vermochte die „kleinen Anfälle" zu stoppen, wie Ärzte die psychomotorische Form der Epilepsie nennen. Anfangs traten sie selten, später ein- bis zweimal pro Woche auf. Nach der Hochzeit empfand die junge Frau auf Reisen und bei Besuchen oft Angst und Scham, zitterte vor der nächsten Attacke. Er aber verdrängte.

Die Wende kam im Juni 1990. Herder unterzog sich an der Universitätsklinik Bonn einer Gehirnoperation. Ein Jahr später bestätigte die dritte Nachuntersuchung ein gutes Ergebnis: keine krankhaft veränderten Hirnströme. Das Wort „geheilt" wagen die Herders dennoch vorerst nicht auszusprechen.

Fritz Herder zählt zu einer kleinen Minderheit von Epilepsiepatienten, deren Anfallsleiden seit einigen Jahren ursächlich behandelt werden kann. Der Preis für die Patienten ist eine langwierige, seelisch und körperlich belastende Diagnostik mit gewaltigem technischen Aufwand und schließlich ein diffiziler hirnchirurgischer Eingriff. Was er bewirkt, läßt sich erst Monate oder Jahre später endgültig beurteilen – ebenso daraus resultierende, oft subtile psychische Veränderungen. Wie ein Brennglas bündelt die Methode Chancen und Gefahren der modernen Medizin in einem heiklen ärztlichen Bereich: dem Eingriff ins menschliche Gehirn.

Rund 800 000 Anfallskranke leben in Deutschland; jährlich registrieren Ärzte etwa 40 000 neue Fälle. Zwar lassen sich die meisten Epilepsien mit Medikamenten stoppen. Aber bei einem Fünftel der Kranken versagt die Chemie, ihr Leiden ist „pharmakoresistent". Von ihnen wiederum kommt nur jeder zehnte für die chirurgische Epilepsie-Therapie in Frage – 16 000 Patienten, deren Anfälle von einer einzigen Stelle im Gehirn ausgehen.

Diesen Fokus müssen die Neurologen erst einmal finden. Ein „High-Tech-Puzzle" nennt Christian Elger von der Universität Bonn die Suche nach dem „kleinsten Teil im Gehirn, den man entfernen muß, damit Anfallsfreiheit entsteht", dem epileptogenen Areal. Der Inhaber des einzigen Epileptologie-Lehrstuhls hierzulande leitet gemeinsam mit dem Neurochirurgen Johannes Schramm das zur Zeit größte deutsche Zentrum für Epilepsie-Chirurgie. Seit 1988 haben dort rund 250 Männer, Frauen und Kinder das diagnostische Puzzle durchlaufen. Sie waren von ihren Ärzten nach Bonn überwiesen worden, weil ihr Krankheitsbild gute Chancen für den Eingriff nahelegte – eine Vermutung, die sich bei drei Vierteln von ihnen bestätigte: Sie sind bereits operiert oder warten auf einen Termin.

Basis der „prächirurgischen Epilepsie-Diagnostik" ist der Elektroenzephalograph (EEG) mit seinen auf der Kopfhaut angebrachten Elektroden. Die Krampfpotentiale, diese „Gewitter im Gehirn", verraten sich durch ein typisches Muster von raschen Entladungen („spikes") und steil ansteigenden Wellen („sharp waves"). Heute verarbeiten und speichern Computer die Daten von über 100 Meßkanälen.

* *Die Namen aller Patienten wurden geändert.*

So sind lückenlose EEG-Langzeitableitungen über mehrere Tage ohne große Probleme möglich.

Ein weiteres wichtiges Hilfsmittel ist die „simultane Doppelbild-Aufzeichnung", kurz SDA. Sie koppelt EEG- und Video-Aufzeichnungen, so daß auf dem Monitor neben den Bildern des Patienten auch dessen Hirnstromkurven zu sehen sind. Ärzte erfassen somit auf einen Blick die Außen- und Innenansicht eines Anfalls.

Im fensterlosen SDA-Raum in der Bonner Uniklinik steht das Krankenbett wie auf einer Bühne. Deckenscheinwerfer leuchten die Szene grell aus. Neben ihnen hängen zwei Videokameras, die den 18jährigen Klaus Rieger drunten auf dem grünen Laken im Visier haben. Hinter einer Glasscheibe wachen EEG-Assistentinnen, immer einsatzbereit, falls der Patient bei einem Anfall aus dem Bett fällt oder Kabel losreißt.

Aus dem stoppeligen Schädel des jungen Mannes ragen metallene Fäden. Er ist seit zwei Wochen „implantiert": Die Neurochirurgen haben ihm Streifenelektroden unter die harte Hirnhaut geschoben und Silberdrähte an jene Stellen im Hirnmantel gesteckt, die mit dem EEG als Krampfzonen erkannt worden waren.

Klaus Rieger leidet an psychomotorischen Anfällen, die ihn zwei- bis dreimal am Tag heimsuchen. Patienten mit dieser Epilepsieform stellen vier Fünftel der OP-Kandidaten. Ihre Krämpfe gehen typischerweise vom Schläfenlappen aus und dauern einige Sekunden bis Minuten. Den Beginn können die Kranken häufig „spüren" – Rieger etwa sieht Doppelbilder. Nach dieser „Aura", die Anfallskranke

Warten auf den nächsten Krampf

Für einen fröhlichen Augenblick vergißt das fünfjährige Mädchen die Mühsal der wochenlangen Vordiagnose im Bonner Epilepsie-Zentrum. Die Elektroden für die EEG-Ableitungen sind an ihrem Schädel befestigt. Der Kopfverband soll verhindern, daß die Sensoren beim Spiel oder während eines Anfalls abreißen

wie ein Windhauch anweht, laufen motorische, nicht mehr steuerbare „Schablonen" ab: Die Betroffenen grimassieren, schmatzen oder fuchteln mit den Armen. Am Ende des Anfalls kehrt langsam das Bewußtsein wieder.

Im Lauf der beiden letzten Wochen lag Rieger mehrere Tage im SDA-Raum. 21 Anfälle wurden direkt auf und in seinem Gehirn registriert. Diese „Elektrokortikographie" hat einen einzigen epileptischen Herd im rechten Schläfenlappen enttarnt: Der 18jährige ist ein OP-Kandidat.

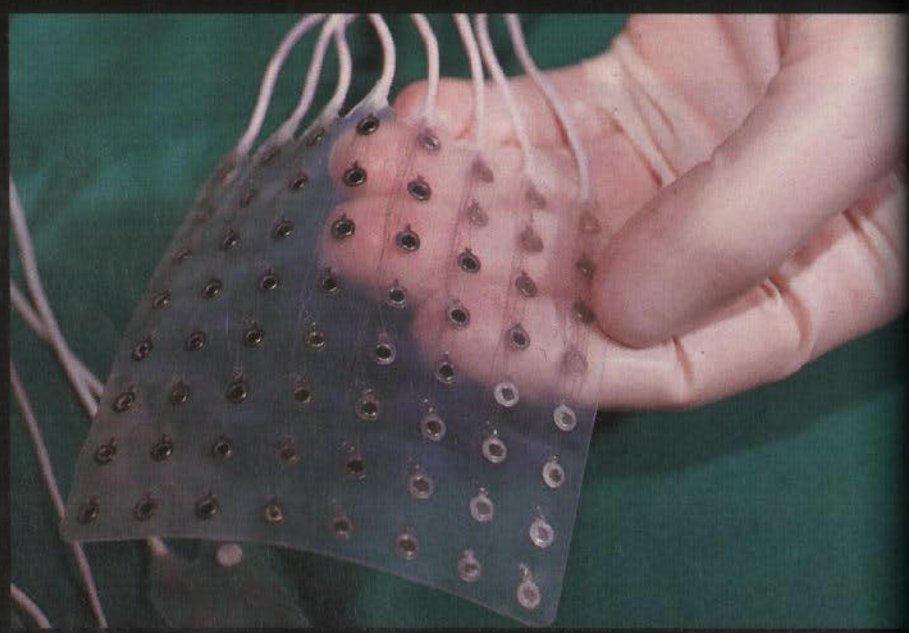
Nun, nach der Frist von 14 Tagen, sollen die Elektroden wieder herausgezogen werden. Schweißperlen stehen auf der Oberlippe des jungen Mannes, seine geschlossenen Lider zucken. Doch er wird keinen Schmerz spüren. Der Anästhesist hat ihm ein Beruhigungsmittel gespritzt. Dann geht es ganz schnell – ein Ruck, Blut, Tupfer, Desinfektionsmittel, Verband.

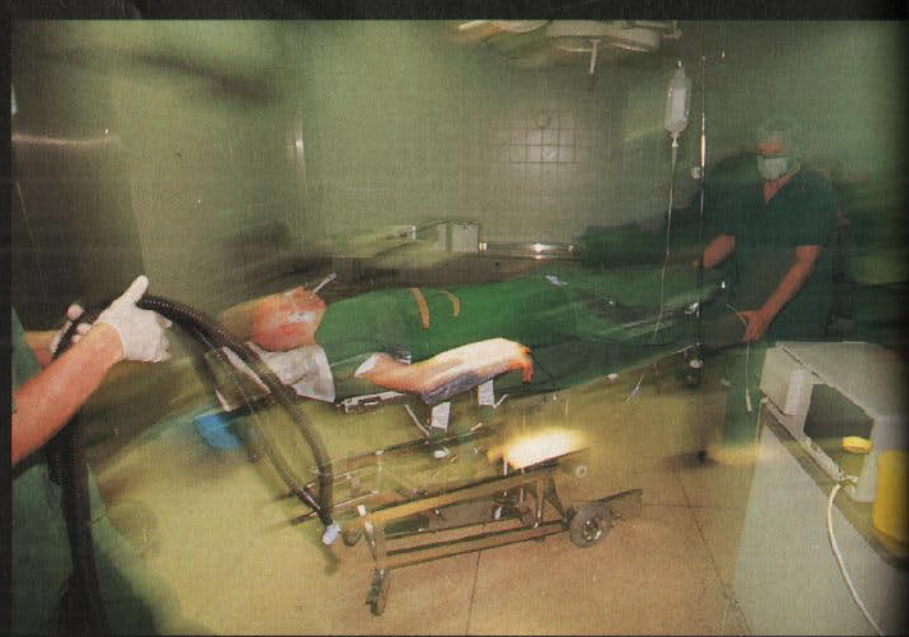
Die Diagnose ist stets ein Vortasten von außen nach innen: erst das EEG, dann, falls nötig, die „invasiven", zum Gehirn vordringenden Elektroden. Bei Epilepsien im Bereich des Schläfenlappens läßt sich bei jedem zweiten Patienten der Fokus relativ simpel per EEG und speziellen Elektroden aufspüren. Diese „sphenoidalen" – zum Keilbein zielenden – Nadeln schieben die Ärzte am Knochenhöcker vor dem Ohr vorbei bis ans „ovale Loch" an der Schädelbasis.

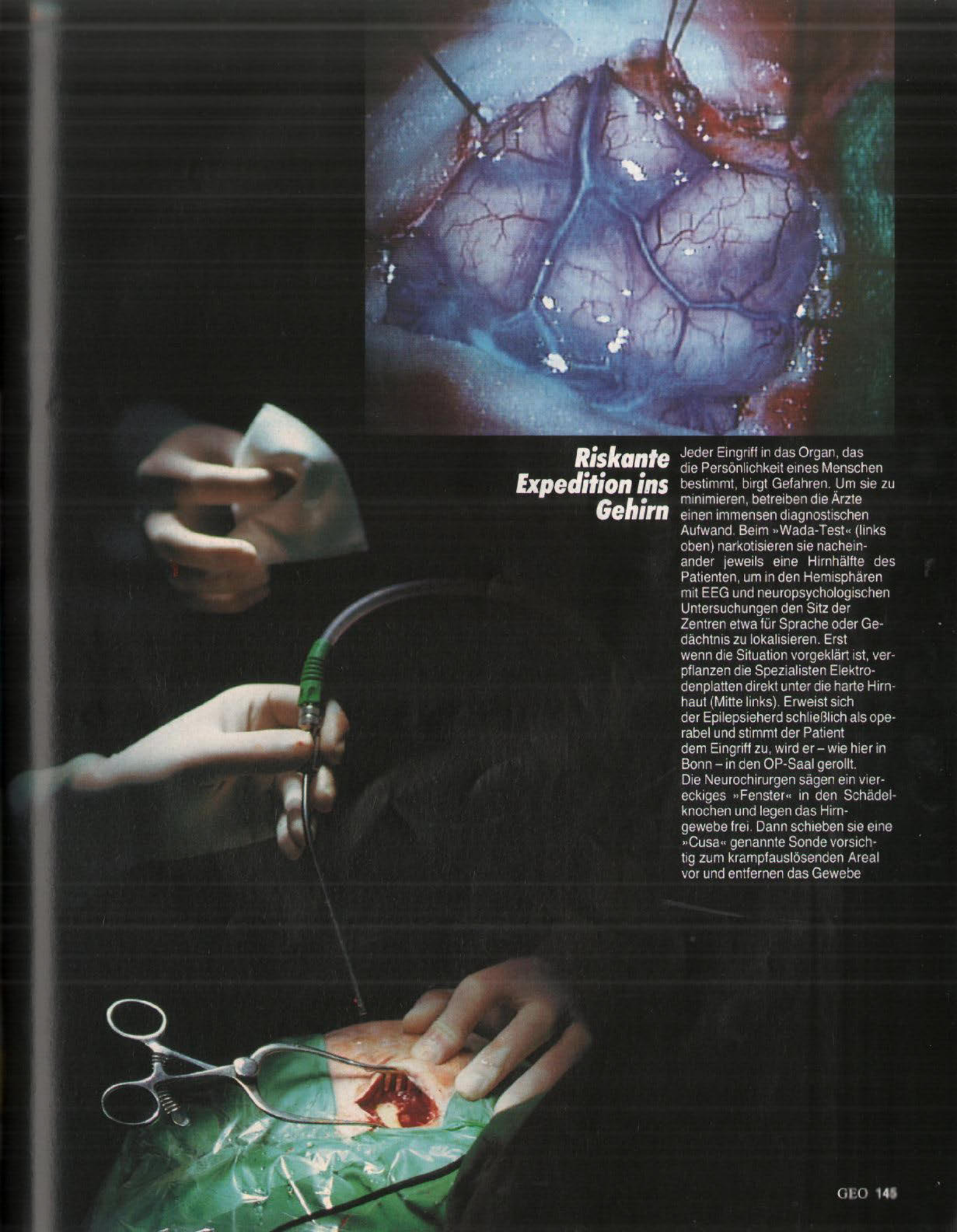
Erkennungszeichen der „Sphenis", wie die Patienten sich selbst nennen, sind die Pflaster vor den Ohren. Auch Anja gehört dazu. „Ich mach' das ja schon tapfer", sagt die aufgeweckte Sechsjährige, „aber es ist so laaaangweilig." Bei ihr dauerte es eine Woche, bis die Elektroden den ersten Anfall aufzeichnen konnten. Anjas Mutter paßt auf, daß ihr Kind die EEG-Kabel nicht losreißt, und sie erklärt ihm – „Sehen die mich wirklich?" – den Zweck der Videokamera.

Das Mädchen durchlebt seit seinem dritten Lebensjahr ein- bis zweimal pro Woche Dämmerattacken, gegen die Medikamente nicht helfen. Seine Mutter, von einem Kinderneurologen nach Bonn geschickt, hatte zunächst gedacht, „die können doch nicht den Kopf aufmachen". Jetzt sagt sie bestimmt: „Wenn es geht, lassen wir Anja operieren." Die Ärzte hatten ihr erklärt, ein erfolgreicher Eingriff könnte ihrem Kind das jahrelange Schlucken von Medikamenten ersparen, die depressiv machen sowie Leber und Nieren angreifen können. Und er könne verhindern, daß die epileptischen Feuer „zündeln", also andere Hirnregionen anstecken und somit Anjas Entwicklung behindern.

In komplizierteren Fällen als bei den „Sphenis" helfen Elektrodenstöpsel weiter. Diese „pegs" stecken in Bohrlöchern im Schädelknochen. Zum Einsatz kommen auch maßgeschneiderte Elektrodenplatten mit bis zu 100 Ableitungspunkten, die direkt auf oder unter der harten Hirnhaut sitzen. Darunter „lauschen" Streifen-







Riskante Expedition ins Gehirn

Jeder Eingriff in das Organ, das die Persönlichkeit eines Menschen bestimmt, birgt Gefahren. Um sie zu minimieren, betreiben die Ärzte einen immensen diagnostischen Aufwand. Beim »Wada-Test« (links oben) narkotisieren sie nacheinander jeweils eine Hirnhälfte des Patienten, um in den Hemisphären mit EEG und neuropsychologischen Untersuchungen den Sitz der Zentren etwa für Sprache oder Gedächtnis zu lokalisieren. Erst wenn die Situation vorgeklärt ist, verpflanzen die Spezialisten Elektrodenplatten direkt unter die harte Hirnhaut (Mitte links). Erweist sich der Epilepsieherd schließlich als operabel und stimmt der Patient dem Eingriff zu, wird er – wie hier in Bonn – in den OP-Saal gerollt. Die Neurochirurgen sägen ein viereckiges »Fenster« in den Schädelknochen und legen das Hirngewebe frei. Dann schieben sie eine »Cusa« genannte Sonde vorsichtig zum krampfauslösenden Areal vor und entfernen das Gewebe

elektroden mit vier bis acht Meßpunkten nach verdächtigen Signalen.

Bevor die Ärzte die Sonden noch tiefer ins Nervengewebe schieben, brauchen sie eine genaue Vorstellung von der Situation im betroffenen Hirnareal, denn, so Christian Elger, „es geht schließlich um Millimeter". Dann erst treiben sie die Elektroden „stereotaktisch" – räumlich zielgerichtet – punktgenau in die graue Substanz.

So kreist Elgers Team nach und nach den Epilepsieherd ein und erkundet zugleich die Grenzen zu wichtigen benachbarten Hirnstrukturen. Denn auf dem Weg zum „maßgeschneiderten Eingriff" müssen die Ärzte ausschließen, daß die Operation zwar die Anfälle beseitigt, aber wichtige Funktionen stört: In den Schläfenlappen werden unter anderem Sinnesempfindungen, etwa für Musik, Gedächtnis und Sprache verarbeitet. Bei Linkshändern dominiert üblicherweise die rechte, bei Rechtshändern die linke Hirnhälfte.

Klarheit darüber bringt erst der 1948 entwickelte „Wada-Test": Über einen Katheter hatten die Ärzte auch bei Klaus Rieger ein starkes Schlafmittel einmal in die rechte und einmal in die linke Gehirnhälfte eingeflößt, wodurch der 18jährige jeweils für die Dauer des Tests halbseitig narkotisiert war. Als erstes Zeichen der Lähmung sank einer der beiden hochgestreckten Arme herunter. Dann testete ein Neuropsychologe mit Tafeln das Bildgedächtnis des Patienten, ließ ihn Worte erinnern und nachsprechen. Währenddessen zeichnete ein EEG die Hirnstromkurven auf.

Das Gehirn des Rechtshänders Rieger hat die Ärzte überrascht: Sein Sprachzentrum sitzt nicht – wie zu erwarten – links, sondern rechts, im selben Schläfenlappen wie der Epilepsieherd. Nun mußten die Grenzen der Sprachregion mit Hilfe von Plattenelektroden besonders sorgfältig ausgelotet werden.

Die diagnostische Treibjagd kostet viel Zeit, Personal, Material und damit Geld. Das Epilepsie-Zentrum Bonn erhält von den Krankenkassen pro Patient ein „Sonderentgelt" von über 40 000 Mark.

Für die Patienten belastend ist – neben wochenlangem Klinikaufenthalt, Verkabelung und gelegentlichem Wundschmerz – vor allem der Zwang, Anfälle zu produzieren, sie öffentlich zu machen und filmen zu lassen. Unbewußt wehren sich viele gegen diese Entblößung. Eine Frau empfand sich „wie eine in die Klinik geschmuggelte Zeitbombe, die sich vor den Augen der Experten selbst entschärfen sollte".

Diesen Stress kann nicht jeder Patient durchstehen. Erleichterung hat bis heute auch keines der neuen bildgebenden Verfahren gebracht (siehe Seite 101–109): Computer-Tomographie oder PET ergänzen bestenfalls das EEG und geben oft bei „funktionellen Epilepsien" keinen Befund.

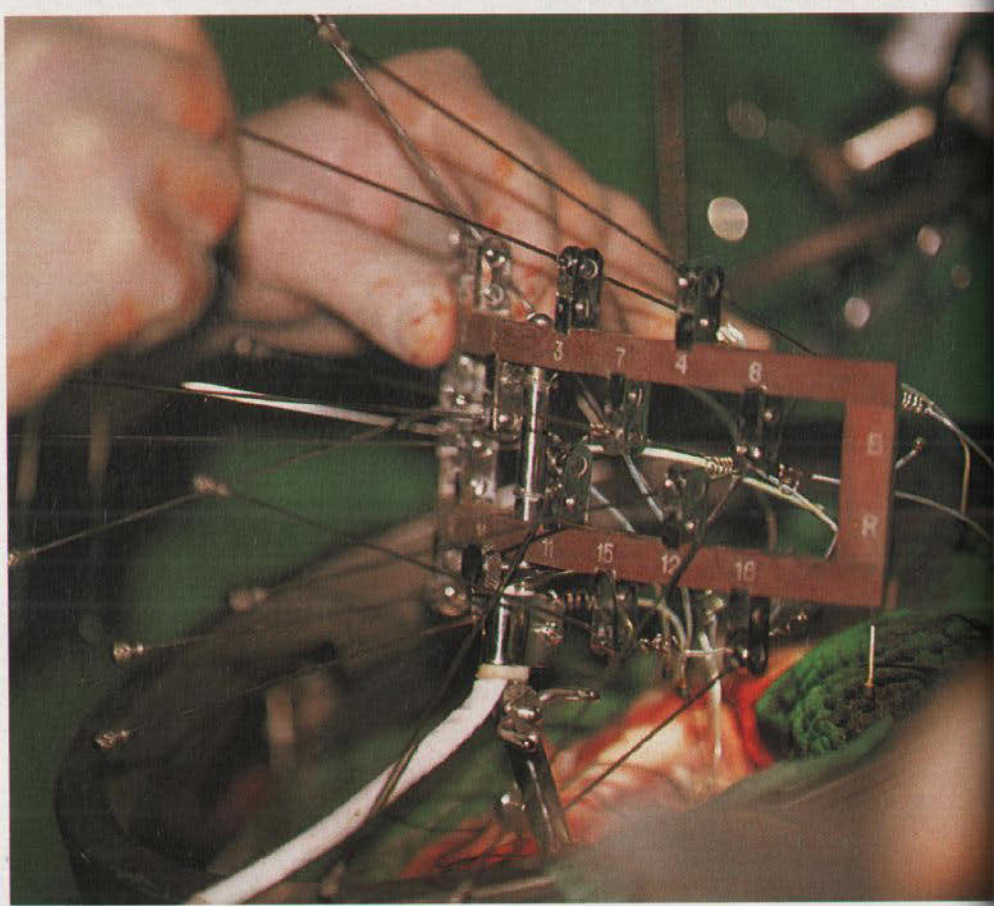
Den unkontrollierten Entladungen im Gehirn hofft eine Forschergruppe im Kopfklinikum der Universität Erlangen mit einem neuartigen Gerät auf die Schliche zu kommen: Seit 1990 arbeitet dort, im zweiten deutschen Zentrum für Epilepsie-Chirurgie, ein etwa vier Millionen Mark teurer Magnet-Enzephalograph (MEG). Dessen 37 Kanäle registrieren tausendmal in der Sekunde die äußerst schwachen biomagnetischen Hirnsignale.

„Das EEG", schwärmt der Neurologe Hermann Stefan, „erlaubt einen Blick wie durch eine Milchglasscheibe. Tiefenelektroden lassen uns wie durch eine Lupe oder einen Tunnel ins Gehirn schauen. Das MEG liefert dagegen in Kombination mit einem Magnetresonanz-Tomogramm einen klaren, dreidimensionalen Blick auf das Gehirn in Funktion" – kurz und schmerzlos.

Noch erspart das MEG keinem Patienten die invasiven Elektroden. Zwar verrechnet sein Computer Hirnsignale und Anatomie zu anschaulichen Bildern. Aber welche biologische und medizinische Bedeutung die Messungen haben, ist noch nicht bekannt. „Bei der Magnetresonanz dauerte es zehn Jahre", dämpft Hermann Stefan allzu große Erwartungen, „bis die klinische Relevanz von Bildern festgestanden hat. Es geht hier nicht schneller. Etwa 100 Fälle für eine Anfallsklasse sind nötig, um Aussagen zu machen." Die Forscher wollen herausfinden, in welchen Fällen die nicht invasive Diagnostik noch ausreicht.

Eine Spinne beseitigt die letzten Zweifel

Die vielbeinige metallene »Spinne« setzen die Bonner Spezialisten nur noch bei besonders schwierigen Operationen ein, um den »epileptogenen Herd« genauer zu umgrenzen. Die mobilen Elektrodenfüße des Geräts können Hirnströme während des Eingriffs ableiten und bei Bedarf die betroffenen Nervenzellen zur Aktivität anregen. Diese »akute Elektrokortikographie« erfolgt direkt im OP-Saal am vollnarkotisierten Patienten. Heute müssen Kranke nur noch selten solche oft stundenlangen Eingriffe bei örtlicher Betäubung überstehen



Besondere Vorsicht ist bei jedem Eingriff ins Gehirn angebracht. Auch vermeintlich harmlose Verletzungen des Organs können ungeahnte Folgen haben. Komplikationen treten bei rund fünf Prozent der weltweit operierten Epilepsiepatienten auf – meistens jedoch gut beherrschbare Infektionen. Neurologische Schäden wie Halbseitenlähmungen sind selten. Nach den bisherigen Erfahrungen übersteht im Schnitt einer von 200 Patienten den Eingriff nicht.

Auf der Habenseite stehen die 55 Prozent der Schläfenlappen-Epileptiker, bei denen die Krämpfe nach dem Eingriff völlig verschwinden; bei knapp 30 Prozent vermindert sich die Zahl der Anfälle. Eine Operation, sagt Christian Elger, habe in der Regel „keine *zusätzlichen* negativen Folgen" für den Patienten, weil die Anfälle die Gehirnfunktion ohnehin stören; wichtige Hirnregionen würden bei dem Eingriff geschont. Und wenn die Störquelle erst einmal entfernt sei, scheinen andere Hirnteile sogar besser zu arbeiten.

Durchschnittswerte sind im Zweifel allerdings wenig hilfreich für Betroffene, denen es um ihr persönliches Risiko geht. Eine wichtige individuelle Entscheidungshilfe liefern die Neuropsychologen. Wenn sie mit ihren Sprach- und Gedächtnistests keine Defizite aufstöbern, liegen die Chancen des Patienten, nach dem Eingriff keine Anfälle mehr zu erleiden, bei 90 Prozent. Stoßen sie in einer Gehirnhälfte auf Probleme, fallen die Erfolgsaussichten auf 70 Prozent. Sind beide Hirnhälften beeinträchtigt, sinkt die Heilungsrate auf 20 Prozent.

Fritz Herder hatte zu lange „nach jedem Strohhalm gegriffen", um seine Fünfzig-zu-Fünfzig-Chance nicht zu nutzen. Nun ist er nicht nur anfallsfrei, sondern auch „weniger depressiv". Geblieben sind leichte Gedächtnisprobleme – Kleinigkeiten gemessen an den Anfällen.

Keine Chance auf Heilung hat Joachim Gerke. „Ich habe mein ganzes Vertrauen da 'reingesetzt", sagt der frühere Ofensetzer nach siebeneinhalb Wochen im Bonner Epilepsie-Zentrum, „aber es ist kein richtiger Herd zu finden." Ein wichtiges Ergebnis der Diagnostik kann auch die schmerzliche Erkenntnis sein: „Mit der Behinderung muß ich immer leben."

Gerke ist Kandidat für eine Durchtrennung des „Balkens", einem dicken Nervenstrang, der beide Hirnhälften verbindet. Der Eingriff kann allerdings nur seine schweren Sturzanfälle abstellen oder reduzieren, die ihn bis zu zehnmal im Monat zu Boden werfen. Solche „großen Anfälle" isolieren die Betroffenen sozial noch mehr als die kleinen, psychomotorischen Krämpfe, und sie schädigen auf lange Sicht das gesamte Gehirn. Die Aussicht auf Linderung ist für den jungen Mann schon viel, „deshalb lasse ich machen, was gemacht werden kann".

In Deutschland hatte die moderne Epilepsie-Chirurgie einen späten, argwöhnisch beobachteten Start. Auch auf ihr lag der Schatten der Nazi-Medizin mit ihrer Vernichtung von Anfallskranken. Auch sie traf das Mißtrauen gegen die „Psychochirurgie" (siehe Kasten Seite 149). Die Wende kam erst 1985. Damals erklärte die Deutsche Forschungsgemeinschaft die Einrichtung interdisziplinärer Zentren für Epilepsie-Chirurgie zu einer vordringlichen Aufgabe für die bessere Versorgung der Anfallskranken. Seitdem geht es aufwärts: 1988 wurden knapp 20, zwei Jahre später schon 120 Patienten operiert.

Die modernste deutsche Station für Epilepsie-Diagnostik mit zehn Betten wurde im März 1991 in Bielefeld an den Bodelschwinghschen Anstalten zu Bethel eröffnet. In der „Epilepsie-Klinik Mara" haben die vier Einzelzimmer für das Intensivmonitoring ein Fenster mit Jalousie zum Gang. So kann jeder Patient nach außen sehen, wenn er will. Nachts bleibt das Licht aus; eine Infrarotkamera zeichnet die Anfälle auf. Der Bonner SDA-Raum wirkt dagegen wie ein Versuchslabor.

Bethel arbeitet mit dem Epilepsiechirurgie-Zentrum in Cleveland, Ohio, und dessen Chef, dem Neurologen Hans Lü-

ders, zusammen. Der Import von Erfahrung und Personal aus den USA sicherte, so Peter Wolf, Chef der Mara-Klinik, schnell „eine gewisse Qualität und Quantität der Patientenversorgung".

„Eine Epilepsie", klagt der Kinderneurologe Hans Holthausen, „die sich in der Kindheit zeigt, wächst sich in der Pubertät entgegen landläufiger Meinung nicht immer aus." Wenn diese jungen Patienten drei bis fünf Jahre lang erfolglos mit Medikamenten behandelt worden sind, sollte untersucht werden, ob sie für eine Operation in Frage kommen. Denn gerade die Jugend ist die Zeit, in der Weichen für „Epileptiker-Karrieren" gestellt werden, in der die soziale Ächtung beginnt. Deshalb fordert Holthausen, einer der vier Leiter der neuen Betheler Station, „das Recht auf Bestandsaufnahme vor dem Eintritt ins Berufsleben".

Noch immer hält ein Viertel der Deutschen die „Fallsucht" fälschlicherweise für eine vererbbare Geisteskrankheit; in den USA glauben dies nur drei Prozent der Bevölkerung. Erst High-Tech hat die Epilepsie wieder hoffähig gemacht. Berichte über ruck-zuck-wegoperierte Anfälle schrauben allerdings die Erwartungen von Kranken hoch, verführen zum schnellen Handeln. Plötzlich trauen sich viele – zu viele? – Ärzte die Epilepsie-Chirurgie zu, schon lockt ein neues Medizin-Geschäft. „Man kann heilen, das reizt", warnt Christian Elger. „Doch Gigantotechnik ersetzt niemals das fundierte Wissen über das Anfallsgeschehen."

Ein Patient mit Elektroden im Kopf ist vierzehn Tage lang auch dies: lebendes Studienobjekt. Seine Krämpfe loben die Ärzte als „schönen Anfall" – und meinen es ernst. „Faszinierend" sei sein Fach, sagt Elger, und „nie langweilig": Epilepsie ist auch eine Krankheit, die Einblicke in das menschliche Gehirn gewährt und verstehen hilft, wie es funktioniert.

In Porzellanschalen liegen drei Scheibchen Gehirn, zusammen 4,5 Zentimeter lang – die vordere Spitze des linken Schläfenlappens von Volker Meng. Das ist, erklärt Josef Zentner, der „klassische epilepsiechirurgische Eingriff". Mehr als zwei Stunden sind vergangen, seit der Bonner Neurochirurg aus dem Schädelknochen seines 49jährigen Patienten ein viereckiges „Fenster" gesägt hat. Mit einem „Cusa" genannten Gerät, das Gewebe per Ultraschall zerstört und absaugt, hat er sich langsam vorgearbeitet.

Der eigentliche Eingriff, sagt Zentners Chef Johannes Schramm, ist für geübte Neurochirurgen „kein Problem; neu ist nur, daß wir Teile entnehmen, die ganz gesund aussehen". Um so wichtiger sei es, sich zwischen pulsierenden Gehirnwindungen zu orientieren, die Angaben der Neurologen zu verstehen und in richtige, präzise Schnittführungen umzusetzen.

Gut vier Stunden nach Operationsbeginn verschließt Zentner die Öffnung in Volker Mengs Gehirn wieder. Der Patient atmet nun ohne Unterstützung. Bald wird er aus der Narkose erwachen.

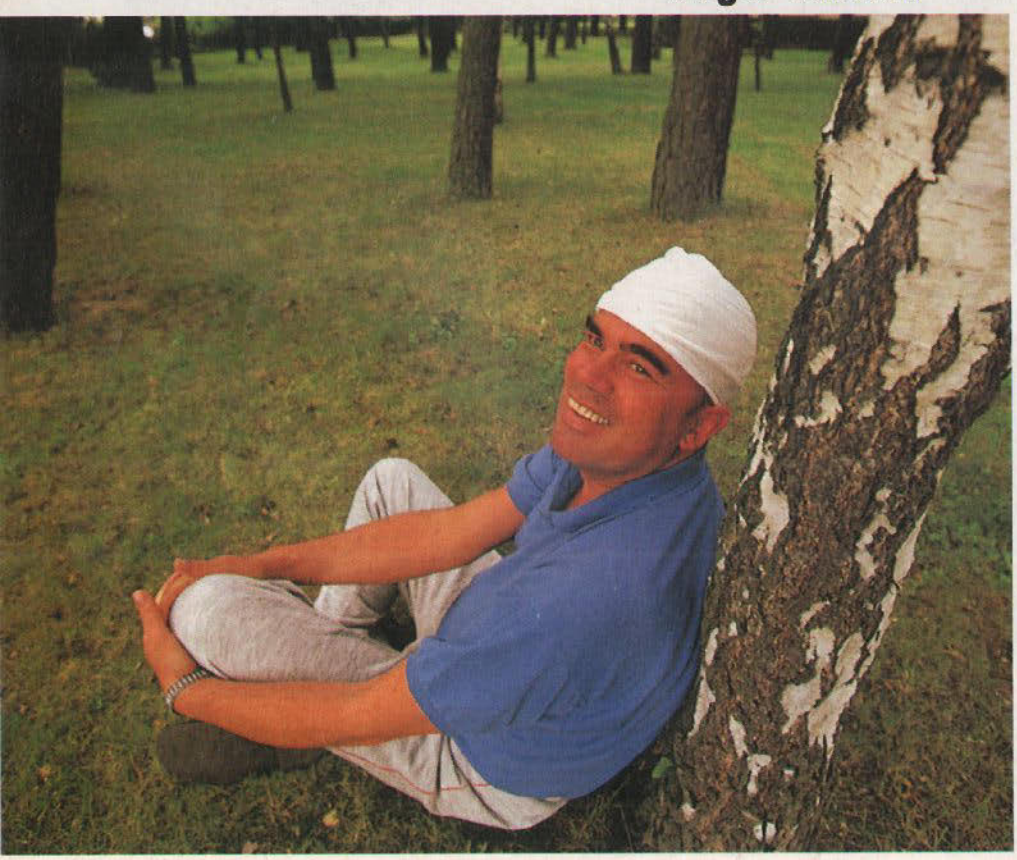
Angst vor dem Eingriff hatte Meng nicht zugelassen. Der größte Wunsch des früheren Stahlwerkers war, daß die Anfälle wegbleiben, die ihn mehr als 25 Jahre lang Tag für Tag heimsuchten, und so sah er seine „Chance von 60 bis 70 Prozent". Am Vorabend des Eingriffs gefragt, was er machen werde, wenn die Operation gelinge, wandte sich der wuchtige Mann dann doch ab, um seine feuchten Augen zu verbergen: „Vielleicht werde ich heulen."

Anfallsfreiheit. Plötzlich ist die diskriminierende Krankheit verschwunden, winkt ein neues Leben. Und dann beginnen, gänzlich unerwartet, neue Schwierigkeiten: Überbehütete Jugendliche verwandeln sich in pubertierende Lümmel; Partnerschaften zerbrechen, weil Betreute selbständig werden und Helfer sich abgeschrieben fühlen; Geheilte erfahren schmerzlich, daß nicht nur Anfälle eine berufliche Karriere verhindern können. Deshalb bietet das Bonner Team eine Nachbetreuung an. „Wir haben erst lernen müssen", bekennt die Psychiaterin und Oberärztin Gerda Hefner, „wie viele Probleme postoperativ auftreten und wie drastisch sie eintreten."

Jenseits der medizinischen Erfolge gibt es, wie die 1988 operierte Angestellte Elena Bothe nach dem Eingriff erfahren mußte, noch „eine andere Ebene": „Ich hatte mich bewußt gegen die Anfälle entschieden und sehnte sie dennoch im Augenblick unerträglicher Spannung zurück . . . Ich hätte es nie für möglich gehalten, daß mir Anfälle wirklich einmal fehlen könnten." Ein 16jähriger Junge formulierte es drastischer: „Mit der Epilepsie habe ich meinen besten Freund verloren."

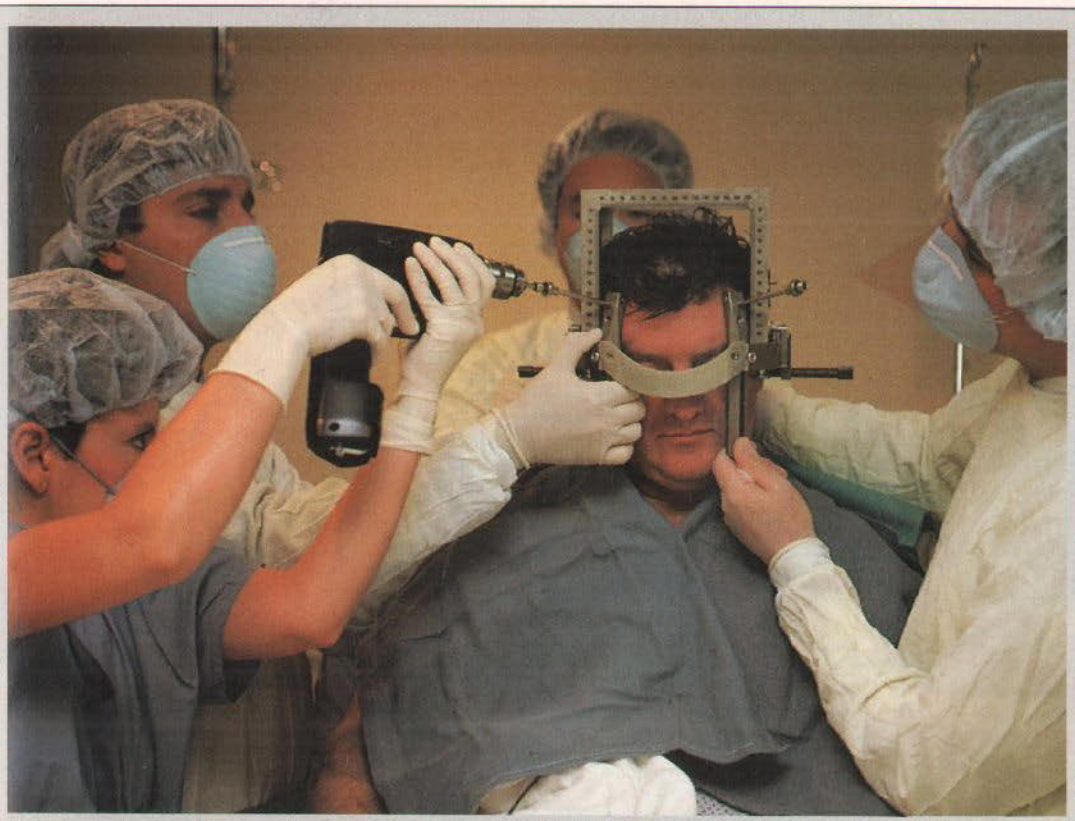
Die Anfälle sind auch aus Fritz Herders Leben noch nicht ganz verschwunden – obwohl seit einem Jahr keiner auftrat. Weiterhin – „vielleicht ein Jahr" – muß er Antiepileptika schlucken. Er soll stets ausreichend und regelmäßig schlafen. Und einen Rausch darf er niemals riskieren. Deshalb wird er zum Jahrestag seiner Operation am Sektglas auch nur nippen. □

Der Lohn der Angst



Sechs Tage nach der Operation genießt der 49jährige Volker Meng im Park der Bonner Klinik das Leben ohne Anfälle. Bis allerdings die erhoffte »Anfallsfreiheit« endgültig bestätigt werden kann, vergehen zwei weitere Jahre

Die Lübecker Journalistin **Charlotte Kerner**, 40, berichtet von Anfang an in GEO-Wissen. Sie ist Mitglied der Hamburger Autorengruppe „Signum". – Der Hamburger Fotograf **Jörg Wischmann**, 28, debütierte in Nr. 2/1989 „Kommunikation" mit einem Beitrag über sprachbehinderte Jugendliche.



Vor der präzisen Gamma-Bestrahlung einer Gefäßmißbildung im Gehirn befestigen Schwestern in einer US-Klinik die »stereotaktische Zielvorrichtung« am Kopf des Patienten

Die Renaissance der Neurochirurgie

Neue Diagnose- und Mikrotechniken erlauben höchst präzise Eingriffe ins Gehirn bei minimaler Schädigung des gesunden Nervengewebes: Eine wichtige ärztliche Disziplin tritt aus dem Schatten der »Psychochirurgie«

Neurochirurgen müssen in jeder Beziehung die Nerven bewahren: Ein Zucken beim Eingriff in die Hirnrinde, wo etwa 60 000 Nervenfasern einen Quadratmillimeter Gewebe durchkreuzen, kann irreparable Schäden zur Folge haben.

Dennoch haben Ärzte einst recht grob im „zerbrechlichen Haus der Seele" herumgefuhrwerkt. Neben Operationen, bei denen es – etwa wegen eines Hirntumors – um Leben oder Tod ging, gab es auch Eingriffe, mit denen Gefühle und Verhalten von Patienten „kuriert" werden sollten.

Dieser seit 1891 praktizierten Psychochirurgie mußten allein in den USA rund 40 000 Menschen ihre Vorderhirnlappen opfern. Nebeneffekte, darunter gravierende Persönlichkeitsveränderungen, sowie ethische Bedenken führten zu massiven Protesten. 1977 wurde die „Seelenschneiderei" in den USA unter strenge Aufsicht gestellt.

Das Erbe der Psychochirurgie belastet immer noch das Image der Neurochirurgie, die heute eine bemerkenswerte Renaissance erlebt. Dieser Erfolg wäre nicht möglich ohne die seit Ende der sechziger Jahre entwickelten, zunehmend verfeinerten mikrochirurgischen Techniken.

Eine Voraussetzung für schonendere Vorstöße ins Hirn ist das stereoskopische Mikroskop. Es liefert den Neurochirurgen etwa drei- bis 40fache Vergrößerungen. Dies erlaubt, mit miniaturisierten Pinzetten, Messerchen oder Scheren präzise zu arbeiten. So wurden konventionelle Eingriffe wie die Entfernung bestimmter Hirntumoren wesentlich sicherer. Auch verletzte Nerven können Spezialisten wieder zusammenflicken und fehlgebildete Blutgefäße im Denkorgan instandsetzen.

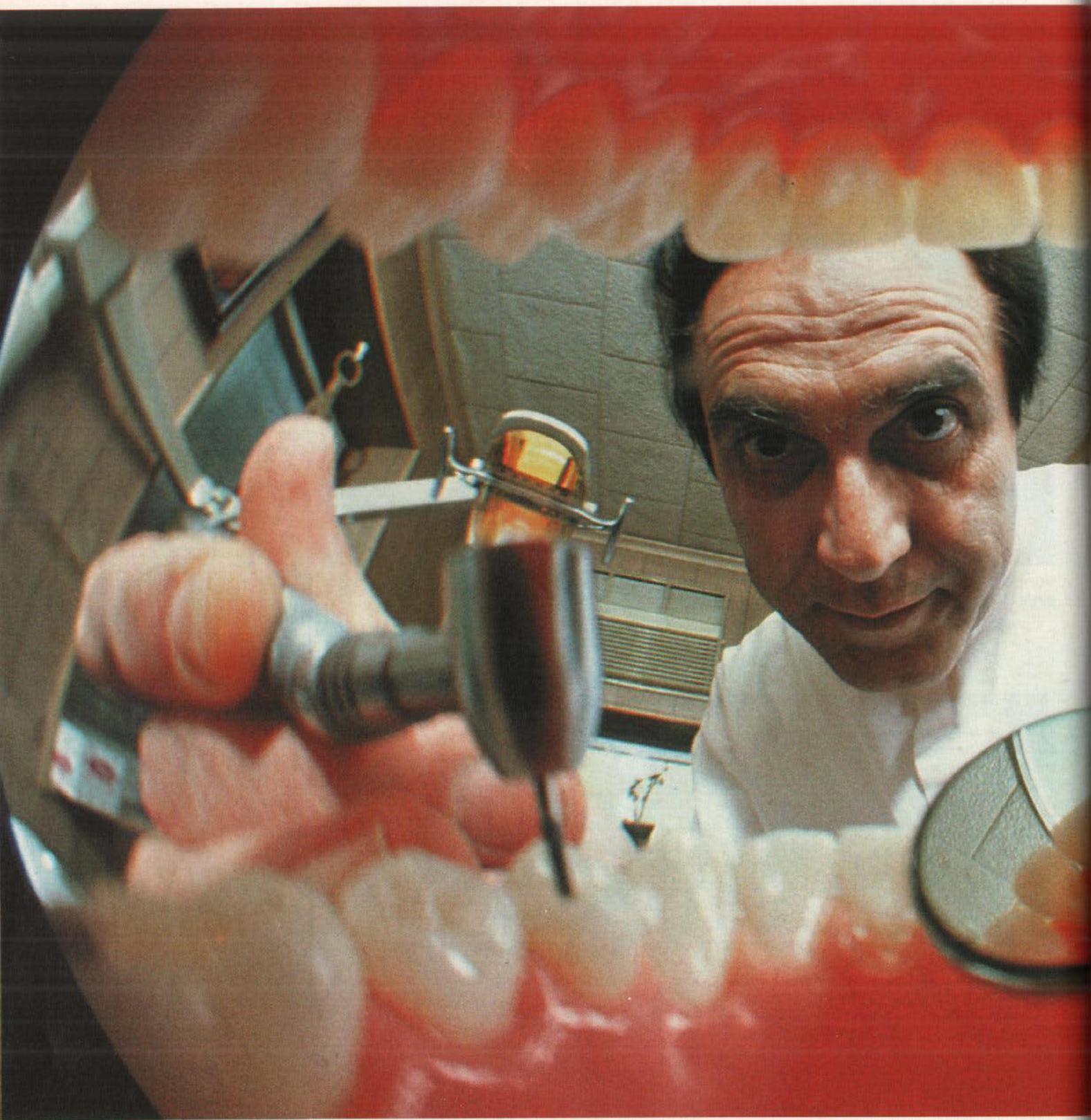
Völlig neue Perspektiven eröffnen High-Tech-Instrumente in Diagnostik und Therapie. Als besonders hilfreich bei Operationen erweist sich zum Beispiel eine schlanke Sonde namens „Cusa" (siehe Foto Seite 145). Sie vermag selbst verhärtete Tumoren zu fragmentieren und die Reste abzusaugen. Laserstrahlen können Gewebe zerschneiden, Nervenbahnen zusammenschweißen und kleinere Geschwülste zerstören. Kryochirurgische Sonden bringen Zellen in Krankheitsherden bei minus 196 Grad Celsius den Kältetod.

Besonders stark profitiert die Neurochirurgie von den neuen bildgebenden Verfahren: Computer- und Magnetresonanz-Tomographie machen sichtbar, was herkömmlichen Röntgenaufnahmen verborgen bleibt. Heute sehen Operateure vor dem Eingriff auf Computergrafiken, wo die geschädigte Region liegt, welche Ausdehnung sie hat und wie am schonendsten an sie heranzukommen ist. Und sie können diese dreidimensionalen Rekonstruktionen des individuellen Gehirns vor und während einer Operation auf dem Bildschirm nach Bedarf drehen, wenden und durchfahren.

Um bei Eingriffen nicht die Orientierung zu verlieren, setzen Ärzte bereits mit Meßfühlern und Instrumenten ausgestattete „Roboterarme" ein. Dabei können sie die Position der Sensoren „live" auf dem Computer-Monitor verfolgen und sich mit ihren Utensilien messerscharf an den Tumor oder die Gefäßmißbildung herantasten.

Wiedererwachtes Interesse ist bei „stereotaktischen" – räumlich zielgerichteten – Eingriffen zu registrieren. Bei diesem bereits vor Jahrzehnten entwickelten Verfahren hantieren Chirurgen nicht mehr „freihändig", sondern versenken ihre Instrumente durch eine am Kopf des Patienten fixierte Zielapparatur (siehe Foto) in eine winzige Schädelbohrung. Seit einigen Jahren erlauben tomographisch gewonnene Koordinaten, diese mechanische „Schützenhilfe" auf Bruchteile von Millimetern präzise zu justieren. Durch die fixierte Apparatur schieben die Ärzte dann die Instrumente in die Tiefe des Gehirns. So können zum Beispiel exakt dosierte, radioaktiv strahlende Kügelchen genau dort in Geschwülste plaziert werden, wo sie krankes Gewebe zerstören und gesundes möglichst wenig belasten.

Ideal ist die stereotaktische Methode zur Punktion schwer erreichbarer kleiner Zysten und zur Entnahme von Tumorgewebeproben. Mit ihr können Neurochirurgen auch Patienten helfen, die an chronischen Schmerzen und bestimmten, „extrapyramidal" genannten motorischen Störungen leiden. Alle diese Eingriffe haben mit Psychochirurgie nichts zu tun. *Rolf Degen*



Sie schauen dem Volk ins Maul, peinigen es über die Maßen, bauen unablässig Ruinen wieder auf und gelten als Inbegriff des Profiteurs an menschlichen Defekten: Dabei geht es der Zunft der Zahnärzte vor allem so gut, weil sich ihre Klientel so schlecht um sich selbst kümmert – um die Pflege ihres Gebisses. Eine Trendwende deutet sich an, seit dem Zahnverfall mit neuartigen »Keramik-Inlays« und Laser Einhalt geboten werden kann

Die

Bohrmeister

VON ANGELIKA JUNG-HÜTTL UND JÜRGEN NEFFE

Der Sessel ist bequem, die Anweisung weniger: „Und jetzt den Mund ganz weit aufmachen", sagt der Vermummte. Eine Gummihandschuhhand mit einer Spritze nähert sich dem Gesicht. Feuchte Hände klammern sich an Armlehnen fest. Mund auf, Augen zu: Nur nicht das kleine Tröpfchen an der Nadelspitze sehen oder gar offenen Auges erleben, wie sich die Stahlkanüle ins eigene Fleisch schiebt.

So sieht sie aus, die Zahnarztangst. Mehr als 60 Prozent der Deutschen neigen zumindest zu erhöhtem Pulsschlag, sobald ihnen ein Absolvent des Studienganges Zahnmedizin zu nahe kommt – auch dann, so eine Expertise des „Instituts der Deutschen Zahnärzte", wenn „nur eine relativ schmerzfreie Behandlung wie Zahnsteinentfernung ansteht".

Diese knappen zwei Drittel der Bevölkerung sind Untermenge einer anderen ungewöhnlichen Schicksalsgemeinschaft: Mehr als 99 Prozent der Erwachsenen hierzulande eint das Los allmählich zerfallender Zähne – auch, weil die Angst sie von dringend nötigen Behandlungen fernhält. Karies, die „Morschheit" im Kauapparat, ist in Industrieländern das weitestverbreitete Leiden überhaupt: eine Volkskrankheit, die diesen Namen wirklich verdient.

Der Teufelskreis der Karies läßt sich nicht so leicht durchbrechen. Als sei es die selbstverständlichste Sache der Welt, nistet sich *Streptococcus mutans*, die aggressivste unter den rund 300 Bakterienspezies in der Mundhöhle, an rauhen Stellen hartnäckig ein, besonders zwischen Zähnen und Füllungen. Und weil sich die Zahnkillermikrobe auch durch regelmäßiges Putzen nicht ausbürsten läßt, hat sie ein leichtes Spiel: Aus allgegenwärtigem Zucker produziert sie Säure, die Säure beginnt, den Zahn aufzulösen, und *Streptococcus* frißt sich tiefer in den Schmelz.

Dem massenhaften dentalen Niedergang steht allerdings ein nicht minder beeindruckender Reparaturbetrieb gegenüber: An die 57 Millionen Zähne haben die etwa 55 000 westdeutschen Zahnärzte allein 1989 gefüllt – mit klassischem Amalgam oder modernen Kunststoffen, zunehmend aber auch mit Implantaten aus der High-Tech-Welt. Etwa zwölf Millionen Ruinen stufen sie jedes Jahr als nicht rettbar ein, „entfernen" sie und ersetzen einen nicht unbeträchtlichen Teil der verlustig gegangenen Beiß-, Mahl- und Kauwerkzeuge durch immer raffiniertere „Dritte Zähne".

Was manchem als Sisyphus-Arbeit am ruinösesten Teil unseres Skelettes erscheinen mag, findet – nüchtern betrachtet – in einem besonders krisensicheren Sektor un-

serer Volkswirtschaft statt. Wer es als „Dr. med. dent." oder schlicht als „Zahnarzt" in der Bundesrepublik einmal zu einer eigenen Praxis mit Stuhl, Bohrer, Extraktionszangen und all den anderen Instrumenten gebracht hat, streicht im Durchschnitt brutto 195 000 Mark pro Jahr ein.

Krankenkassen und deren Kunden stöhnen über immense Kosten. Zahnärzte und -techniker kontern mit dem Hinweis, ihre verfeinerten alten und ihre revolutionären neuen Techniken dienten der Gesundheit und dem Wohl der Patienten. Vor allem mit letzterem Argument buhlt die Branche um die Gunst ihrer Kundschaft, verspricht ihr noch haltbareren Ersatz für noch höhere ästhetische Ansprüche unter Zufügung von noch weniger Schmerzen.

Baustelle Mund. Grundsätzlich hat sich am Schema der „Restaurierung" nicht viel geändert: Was Opfer der Bakterien-Säure geworden ist, muß weg. Hier aber liegt sozusagen die Wurzel der Angst. Denn die größte Aufmerksamkeit gilt – neben den verhaßten und zugleich so häufig verlangten Betäubungsspritzen – dem Bohrer, spielt er doch die Begleitmusik zur Zahnarztphobie. Heutzutage gibt noch das helle Pfeifen der wasserspritzenden Hochgeschwindigkeitsbohrmaschinen den Ton an, wenn es ans Aushöhlen der Schneide-, Eck- oder Backenzähne geht. Da überrascht es kaum, daß Neuentwicklungen wie der Laserbohrer so viel Hoffnung wecken: Zahnkranke erwarten nicht mehr und nicht weniger, als sich demnächst ohne Pfeifen und ohne Betäubung schmerzfrei anbohren lassen zu können.

Dem hoffnungsvoll in die Praxis getragenen Ansinnen, möglichst unter den ersten Nutznießern einer neuen Technik sein zu dürfen, folgt indes nicht selten Ernüchterung: Der einzige zur Zeit auf dem deutschen Markt erhältliche Zahnlaser kann zwar dunkle „faule" Stellen abtragen, beziehungsweise „verdampfen", wie es im Prospekt heißt. Um aber an den Kariesherd heranzukommen, läßt sich herkömmliches Vorbohren im harten Schmelz nicht vermeiden.

„Man darf daher", schränkt Edmund Kichler ein, „diesen Laser nicht als Bohrer-Ersatz sehen." Der Augsburger Zahnarzt gehört zu den etwa 100 deutschen Medizinern, die einen „Neodym-YAG-Laser" aus amerikanischer Fabrikation ihr eigen nennen. Als besonders nützlich empfindet er – den Bohrfürchtigen vermutlich nur ein geringer Trost – die sterilisierende Wirkung des Laserlichts: Die Hitze, die sich während der Lichtblitze für Sekundenbruchteile am Zahn entwickelt, vernichtet Bakterien „weitgehend". Und der Laserstrahl lasse sich, noch ein „Pluspunkt", über eine Glasfaser „bequem in enge Wurzelkanäle und Zahnfleischtaschen leiten".

Daher, so Kichler, könne er beispielsweise auf Chemikalien und Feilen verzichten, wenn er Wurzelkanäle keimfrei machen und Nerven abtöten müsse. Auch die harten schwarzen Zahnbeläge, die er bei der Parodontoseprophylaxe vor der Laser-Ära unter großem Kraftaufwand mit einer spitzen Sonde absprengen mußte, lassen sich durch die Lichtpulse lockern und „schonender" entfernen. Aber all das gehe erstens häufig nicht ohne Betäubung, weil Patienten zweitens „im entzündeten Zahnfleisch auch den Laser als schmerzhaft empfinden".

Dem Ziel, problem- und schmerzlos auch in harten Zähnen zu „bohren", kommt der „Erbium-YAG-Laser" näher, den der Physiker Raimund Hibst vom Institut für Lasertechnologien in Ulm gemeinsam mit Ulrich Keller, Oberarzt an der Ulmer Universitätszahnklinik, entwickelt

hat. Der Clou des neuen Lichtpulsbohrers: Seine durch Lichtstrahlen übertragene Energie dringt nur einen Hundertstelmillimeter weit in die Zahnsubstanz ein. In diesem Bereich verdampft sie winzige Wasserpartikel im Schmelz und im darunterliegenden Dentin. Dadurch ausgelöste „Mikroexplosionen", so Hibst, sprengen kleinste Bruchstücke aus dem Zahn heraus, „ohne die umliegende Zahnsubstanz zu beeinträchtigen." Lediglich „wie kleine Nadelstiche" seien die Lichtpulse zu spüren, die ein- bis fünfmal pro Sekunde auf den Zahn treffen. Der Physiker sollte es wissen, war er doch selbst Versuchsperson beim Test des ersten Gerätes.

Ein Manko des Erbium-YAG-Lasers: Für die Wellenlänge seines Lichtes – 2,94 Mikrometer – gibt es noch keine passende flexible Leitfaser. Deshalb muß der Strahl über ein Spiegelsystem durch starre, mit Gelenken verbundene Röhren in den „Behandlungsgriffel" geschickt werden. Wurzel- und Parodontal-Therapien sowie Eingriffe im hinteren Mundbereich sind daher sehr umständlich. Trotzdem soll das Mini-Sprenggerät schon bald auf den Markt kommen. Dann sollen weder Vibrationen noch dröhnende Geräusche den Patienten an die Nerven gehen. Allerdings darf sich niemand durch die lauten „Klack"-Geräusche beim Auslösen der Lichtblitze aus der Ruhe bringen lassen, und auch nicht durch den Geruch nach Verbranntem, der einem während der Behandlung in die Nase steigt. Und Patienten müssen geduldig sein: Um das Loch für eine Füllung zu schaffen, braucht ein Erbium-YAG-Laser fast zweimal so lange wie der altbewährte Turbinenbohrer.

Ob sich Behandlungsstuhl-Meider über die Verdopplung der Prozedur-Dauer freuen werden? Immerhin: Dem Vernehmen nach haben es die 40 Patienten, deren kariöse Zähne bislang mit dem Ulmer Laser behandelt wurden, „alle ohne Spritze ganz gut ausgehalten".

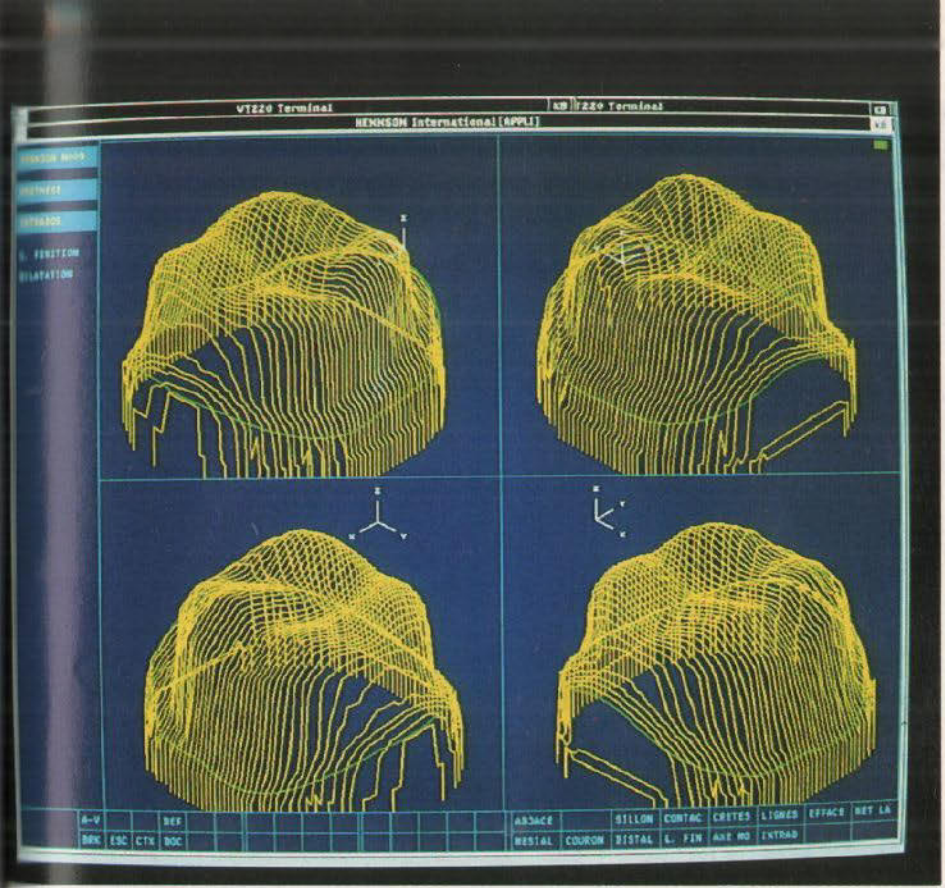
Der Kostendämpfung in Kranken- und Haushaltskassen wird der rund 100 000 Mark teure Laser allerdings kaum zuträglich sein. Die – verglichen mit herkömmlichen Bohrern – fünffachen Anschaffungskosten wollen erst einmal amortisiert sein. Zum anderen sind, das geben Laser-Fans freilich nicht so gern zu, auch ihre Pulsgeneratoren nicht risikolos: Der Zahn kann sich überhitzen.

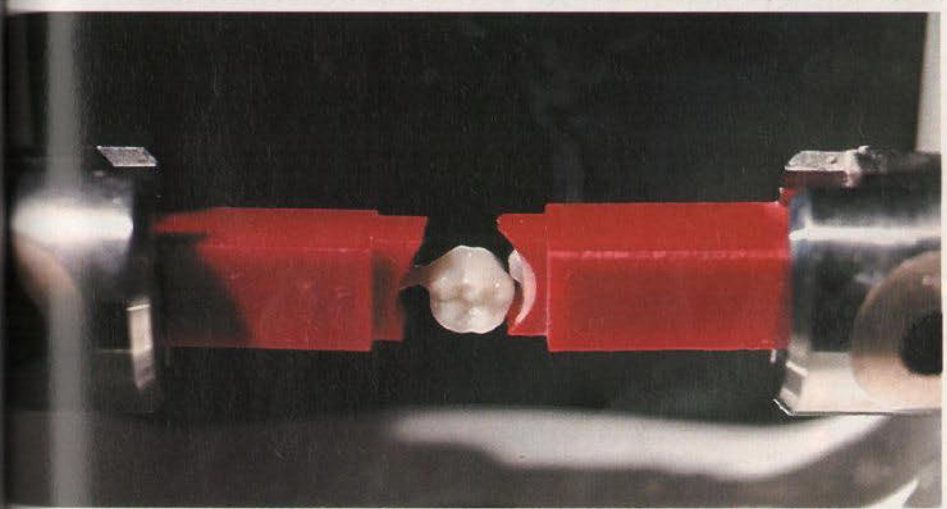
Steigt nämlich die Temperatur in seinem Innern über 49 Grad, entstehen irreparable Schäden an Zahnmark und -nerv, die sich oft erst lange nach der Laserbehandlung bemerkbar machen. Ein Zahnarzt, der nicht schon hundertmal „geübt" hat, gilt nicht als sicherer Lasertherapeut.

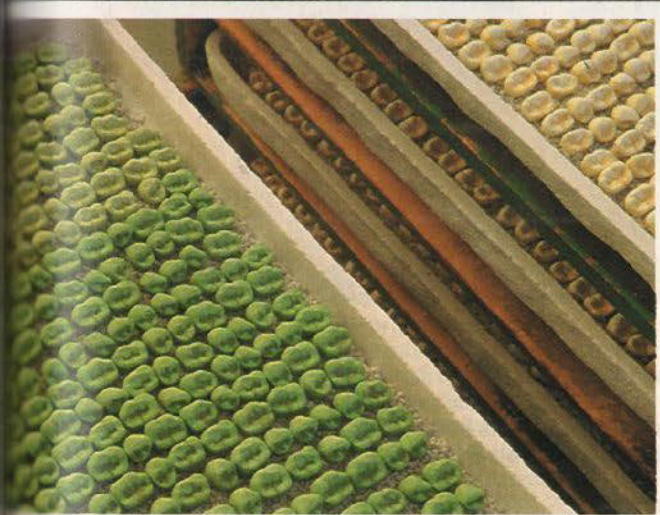
Ist das Kariöse eines Zahnes – ob unter Pfeif- oder Knackgeräuschen – erst einmal entfernt, stehen Patient und Arzt vor der Füllstofffrage: Noch einmal Amalgam? Zwar werden 65 Prozent aller bundesdeutschen Karieslöcher mit dem Material gestopft, das fast zur Hälfte aus Quecksilber besteht, aber das bedeutet keineswegs, es sei die erste Wahl. Amalgam ist wegen seiner gesundheitlichen Auswirkungen seit Jahren heftig umstritten. Sein Vorzug ist schlicht der Preis: Die je nach Größe und Machart fälligen 20 bis 50 Mark übernehmen sogar die gesetzlichen Krankenkassen vollständig. Bei guter Pflege hält die Hälfte der Füllungen etwa fünf bis acht Jahre.

Amalgam, einfach einzuschmieren und gut glattzupolieren, verträgt einen Biß von 70 Kilogramm pro Quadratzentimeter und teilt die Gesellschaft: Wer sich nichts Besseres leisten kann (oder will), nimmt eine schleichende Quecksilbervergiftung in Kauf: Kleinste Mengen des Metalls werden mit der Zeit aus der Füllung abgerieben und dampfen aus, geraten über Lunge, Magen und Darm ins Blut und lagern sich vor allem im Gehirn und in den Nieren ab. Weil auch minimale Dosen Quecksilbers bei empfindlichen Menschen Kopf- und Gelenk-

Füllungen: Auferstanden aus Ruinen







Der Zahnarzt als sein eigener Techniker: Inzwischen kann er Keramik-Inlays oder -Kronen selber herstellen. Per Mini-Kamera nimmt er das soeben ausgebohrte, zu füllende Loch im Zahn auf. Ein Computer zeigt ihm, wie das »Werkstück« aussehen könnte. Mit einer speziellen Schleiftechnik läßt es sich aus Keramik-Material herausarbeiten, das völlig natürlich wirkt. Bei der traditionellen Methode müssen Zahntechniker eine Porzellanmasse (im linken Bild links) formen und dann brennen - wobei sie einzurechnen haben, wie das Material seine Farbe verändert und daß es um etwa ein Viertel schrumpft (rechts im Bild)

schmerzen, Allergien, Konzentrationsschwächen und Depressionen auslösen können, raten vorsichtige Zahnärzte rundweg vom Amalgam ab.

Erst kürzlich berichtete die Zeitschrift „Natur- und GanzheitsMedizin" wieder über den „Zusammenhang zwischen einer erhöhten Quecksilberbelastung durch Zahnfüllungen aus Amalgam und chronischen körperlichen Beschwerden": Die beobachteten „immunologischen Störungen auf allen Ebenen des Immunsystems" bei 32 von 50 Patienten verschwanden nach Entfernen des Giftes aus dem Blut– ein indirekter Nachweis der gefürchteten Quecksilberwirkung. Vor allem „Bio-Zahnärzte", die sich nicht nur für Kauwerkzeuge interessieren, sondern im ganzen Körper nach der Ursache für Zahnkrankheiten suchen und auch schon mal mit Fußreflexzonen-Massage oder Akupunktur therapieren, sind entschieden gegen den „Sondermüll" im Mund.

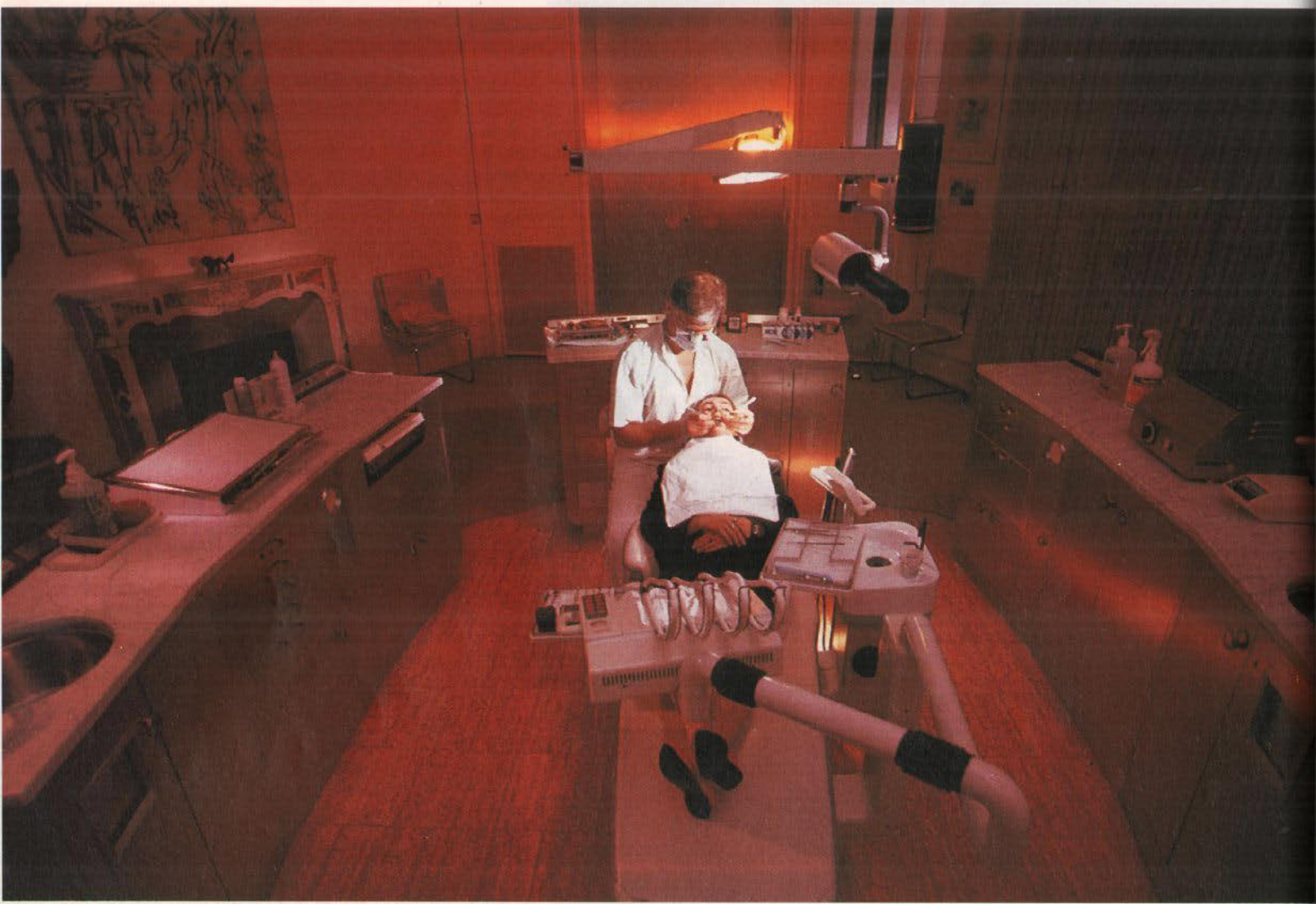
Besonders erstaunlich ist der sorglose Umgang mit Amalgam angesichts der Tatsache, daß Ärzte gefährdeter sind als ihre Patienten. Im Gehirn verstorbener Zahnmediziner wurde im Vergleich zu denen von Normalbürgern schon das Vielhundertfache an Quecksilber gefunden. Das Schwermetall reichert sich auch im Hausstaub der Zahnarztpraxen an. Nach neuen Zahlen der Weltgesundheitsorganisation liegt sein Gehalt im Urin von Dentalmedizinern zwar unter der avisierten Höchstgrenze von 100 Mikrogramm pro Liter, ist aber fast doppelt so hoch wie bei Normalbürgern.

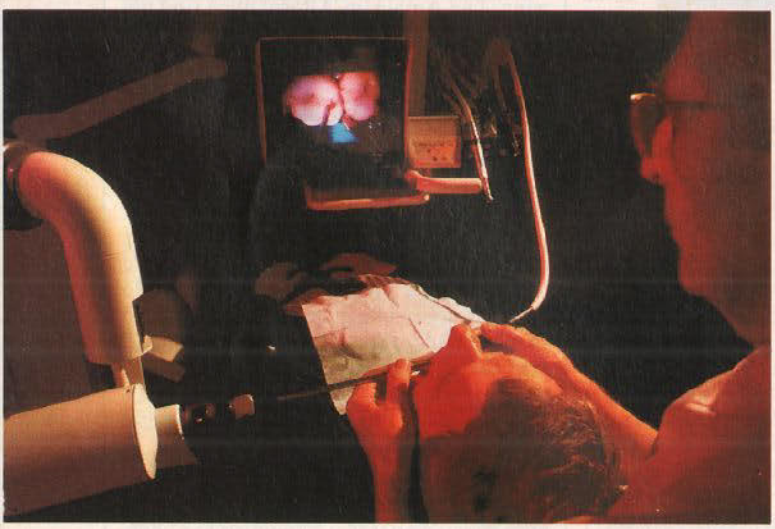
Allein schon deshalb würde so mancher Zahnarzt seinen Kunden lieber Gold oder Keramik in die maroden Zähne legen. Hinzu kommt natürlich der höhere Gewinn: Die Amalgam-Alternativen sind um ein Vielfaches teurer und für finanzschwache Kassenpatienten kaum erschwinglich.

Zumindest kleine Nachteile haben jedoch auch diese Lösungen. Der kosmetisch bevorzugte, weil zahnfarbene Kunststoff ist nicht so stabil. Und niemand weiß bis heute genau, was die darin enthaltenen Riesenmoleküle – die Polymere – im Körper anrichten. Gold- und Keramik-Inlays halten zwar länger – wie lange, das trauen sich Fachleute nicht genau zu sagen. Die spröde Keramik kann beim festen Biß auch brechen. Außerdem erfordert die Präparation dieser Füllungen viel Zeit – auch das ziehen Patienten und Ärzte mitunter ins Kalkül, wenn es um Zahnsanierungen geht.

All das sind eigentlich gute Voraussetzungen für den Erfolg einer Neuentwicklung namens „Cerec". Das steht für „Ceramic Reconstruction", und der dazu nötige Apparat hat es in sich: Er birgt Computer und Werkbank zugleich. Der Zahnarzt kann damit selber Löcher ausmessen und Inlays zurechtschneidern – ohne den zeitaufwendigen Umweg übers Labor.

Diese Methode will jedoch ebenfalls geübt sein. „70 bis 80 Inlays muß ein Zahn-





Der Rechner hilft nicht allein beim Wurzelziehen

In ihren mit neuesten technischen Finessen ausgestatteten Praxen sind Zahnärzte nicht mehr allein auf ihren eigenen Augen-Blick angewiesen: Mundkameras vergrößern das Zahnbild bis aufs Zehnfache (unten links), neue Röntgengeräte liefern schon während der Aufnahme ein Bild auf den Monitor neben dem Behandlungssessel. Die Röntgenbilder können im Computer gespeichert und bearbeitet werden

arzt schon machen, damit er die Technik wirklich beherrscht", meint Leo Kremers, Oberarzt an der Münchener Universitätszahnklinik. Er arbeitet mit einem der weltweit etwa 1000 Cerec-Geräte. Probleme mache dabei hauptsächlich die „Okklusalfläche": Da deren Schliff nicht programmiert ist, kann die Fräsmaschine keine individuell angepaßte Kau-Fläche auf dem Inlay präparieren. Die entsprechenden Höcker und Fissuren muß der Zahnarzt – mit dem verhaßten Bohrer – im Mund seines Patienten mühsam aus der harten Keramik herausarbeiten, bis der „Biß stimmt". Ist das Inlay nicht bei absoluter Trockenheit eingeklebt worden, droht an den undichten Rändern zudem eine Bakterien-Invasion.

Ähnlichen Problemen sehen sich die Empfänger dentaler Implantate gegenüber. An der Stelle, wo ein Kunstzahn aus dem Kieferknochen ragt, können Bakterien in die Blutbahn eindringen – sogar dann, wenn die Mundschleimhaut die künstliche Wurzel wie eine Manschette fest umschließt. Strenge Mundhygiene ist daher oberstes Gebot.

Vor allem in zwei klassischen Fällen schätzen Zahnmediziner die Einpflanzungen – nicht zuletzt, weil sich damit das Abschleifen gesunder Zähne vermeiden läßt: Sie dienen zum einen als Ersatz für einen Vorderzahn, andrerseits als „Stützpfeiler" für eine Brücke, wenn mehrere Backenzähne einschließlich des hintersten fehlen. Außerdem fungieren sie als „Tragepfosten", wenn eine Vollprothese auf einem allmählich schwindenden Kieferknochen nicht mehr hält.

Der Münchner Kieferchirurg Georg Hubertus Nentwig, an der Universitätszahnklinik Spezialist für eingepflanzte Dritte Zähne, hat gemeinsam mit dem Ingenieur Walter Moser ein Implantat aus dem gewebefreundlichen Metall Titan kreiert: eine kurze Schraube ohne Kopf, unten ein Gewinde, oben ein glatter Schaft. Die vielen Gewindespiralen und die aufgerauhte Oberfläche des Titans sorgen für eine relativ große Berührungsfläche, an der das Implantat mit dem Knochen verwachsen kann. Beim Einsetzen achtet der Kieferchirurg darauf, das Gewinde im „Bälkchenwerk" des Knocheninnern fest zu verankern. Der glatte Schaft soll auf gleicher Höhe wie die harte „Knochenrinde" sitzen. Da das Bälkchenwerk zehnmal elastischer ist als die Knochenrinde, ist die Kunstzahnwurzel relativ flexibel gelagert – wie bei einem natürlichen Zahn, dessen Wurzelhaut hohe Belastungen wie ein Stoßdämpfer abfängt.

Die dreiviertelstündige Implantation nehmen manche Zahnmediziner inzwischen schon ambulant vor: Sie schneiden das Zahnfleisch auf, legen den Knochen frei, bohren mit einem Gewindeschneider ein passendes Loch in den Kiefer, schrauben die künstliche Wurzel ein und nähen das Zahnfleisch darüber wieder zu. Sechs Monate später, wenn das Titan „eingeheilt" ist, schneiden sie das Zahnfleisch nochmals an und drehen einen „Pfosten" – wie eine Schraube in einen Dübel – in das Implantat. Daran können Brücke wie Einzelzahn befestigt werden.

Mit den implantierten Stützpfeilern für Vollprothesen können Patienten nicht nur wieder sicherer sprechen und kraftvoller zubeißen. Auch „suggeriert" die fremde Stütze dem Kiefer ständig, in ihm stecke noch ein fester Zahn. „Es gibt", sagt der Experte Nentwig, „einen Trainingseffekt für den Knochen wie bei einem Sportler. Der Knochen baut sich nicht mehr weiter ab, der Kieferschwund wird aufgehalten."

Ein stattlicher Betrag könnte durch noch mehr Prophylaxe eingespart werden

Implantate erfreuen sich trotz allerlei Unannehmlichkeiten wachsender Beliebtheit. 1991 werden hierzulande schätzungsweise mehr als 40 000 künstliche Zahnwurzeln eingepflanzt, obwohl das Verfahren teuer ist: Material und Operation kosten zwischen 800 und 1600 Mark pro Zahn. Dennoch sind Implantationen vorerst nur ein vergleichsweise geringer Posten in der Gesamtsumme von mehr als 19 Milliarden Mark, die sich die Bundesbürger ihre Zahngesundheit im Jahr kosten lassen.

Fachleute im Bonner Gesundheitsministerium haben ausgerechnet, daß etwa ein Drittel dieses stattlichen Betrages eingespart werden könnte, wenn die Zahnheilkundigen von vornherein bereit wären, mehr auf Prophylaxe zu setzen als auf Reparatur. In den USA oder etwa in der Schweiz gibt es schon lange pädagogisch ausgebildetes Personal, sogenannte Prophylaxe-Assistenten und Dental-Hygieniker. Sie lehren Kindergarten- und Schulkinder den Umgang mit Zahnbürste, -pasta und -seide und klären sie über die zahnschädigenden Eigenschaften von Schokolade und anderen Süßspeisen auf. In den Zahnarztpraxen versorgen sie – wo nötig – auch die Zähne von Erwachsenen mit schmelzstärkenden Fluoriden und helfen mit, die Zahnbett-Erkrankungen einzudämmen, die immerhin vier von fünf Menschen über 40 treffen.

In der Bundesrepublik dagegen sind die niedergelassenen Zahnärzte auch für die Prophylaxe zuständig. Und sie müßten, wenn sie sich mehr um die Vorsorge kümmern würden, bei gleichbleibenden Arbeitsbedingungen auf einen Teil ihres Einkommens verzichten. Die gesetzlichen Krankenkassen zahlen für das „Individualprophylaxe" genannte Maßnahmebündel nur, wenn Klienten nicht jünger als 13 und nicht älter als 20 Jahre sind. Für Erwachsene sieht die Gebührenordnung keine eigenen „prophylaktischen Positionen" vor. Kassenpatienten, die sich dennoch eingehend zum Thema „Mundpflege" beraten und tatsächlich auch „pflegen" lassen wollen, müssen in die eigene Tasche greifen – es sei denn, ihr Zahnarzt ist bereit, diese Dienste umsonst zu leisten. Freilich behindert nicht nur das liebe Geld die sinnvolle Vorbeugung: Manchen Einsichtigen bremst wohl auch die Angst vorm Zahnarzt. □

Die freie Wissenschaftsautorin **Angelika Jung-Hüttl** lebt in München.

Karies ist bitter, Vorbeugen kann lustig sein

Eine Ausnahme, die zur Regel werden könnte: Beim Tag der offenen Tür in einer westdeutschen Klinik hat eine Zahnmedizinstudentin mit zwei Kindern die Rollen getauscht. Spielend lernen die kleinen »Ärzte«, daß den Bohrer vermeiden kann, wer sein Gebiß schon früh mit Sorgfalt pflegt

Ist die Medizin eine Wissenschaft?

VON GÜNTER HAAF

Die einen empfinden sie als Bedrohung ihrer Freiheit, nach eigener Fasson zu heilen oder geheilt zu werden. Die anderen halten sie für die einzige Hoffnung, eben diesem Morast diagnostischer und therapeutischer Beliebigkeit zu entfliehen: die „Verwissenschaftlichung" der Medizin.

Macht sie, wie die Gegner befürchten, die Menschlichkeit in der Medizin durch noch mehr Spezialisierung, noch mehr Tests und noch mehr Apparate kaputt – inklusive jener bewundernswerten Fähigkeit, die „ärztliche Kunst" genannt wird?

Oder macht sie, wie die Befürworter erhoffen, die Medizin endlich menschlich, indem sie die als „Kunst" verbrämte Ohnmacht des Unwissens in die Macht des Wissens von Prophylaxe, Diagnostik und Therapie aller Krankheiten verwandelt?

Wahr ist, daß kranke Menschen besonderer menschlicher Fürsorge bedürfen und daß es Menschen – Ärzte und Heiler, Schwestern und Pfleger – sind, die in der unüberschaubaren Mannigfaltigkeit menschlicher Mühsal Muster von therapeutischem Wert erkennen können, die kein wissenschaftliches Experiment und kein High-Tech-Apparat zu liefern vermag.

Wahr ist aber auch, daß kranke Menschen von der besonderen Art des (natur)wissenschaftlichen Erkenntnisprozesses profitieren. Denn kein Leben ist so lang und keine Praxiserfahrung so breit, daß mehr als ein kleiner Ausschnitt der Möglichkeiten menschlicher Malaise ins Blickfeld eines einzelnen Arztes gerückt würde. Und keine noch so lange Tradition der Heilkunst vermochte, was den Naturwissenschaften mit ihrem erkenntnistheoretischen Rammbock aus Theorie und Experiment im ersten Ansturm gelang: hinter die Kulissen unserer materiellen – physikalischen, chemischen und biologischen – Existenz zu schauen.

Beide, Ärzte und Forscher, würden sich eigentlich idealtypisch ergänzen – wären da nicht, bedingt vor allem durch die zunehmende Spezialisierung der Professionen, Unkenntnis über und Mißtrauen gegen die Rolle der jeweils anderen. Denn die Rahmenbedingungen, innerhalb derer Ärzte wie Forscher handeln, zeigen, daß des einen Schwäche jeweils des anderen Stärke ist:

● Ärztlicher Kunst sind vor allem durch den Mangel an Zeit und Wissen Grenzen gesetzt; den Handlungsspielraum engen zudem ethische und rechtliche Limits ein (siehe „Ethik" Seite 40). Ärzte in Praxis und Klinik müssen im Notfall sofort und ausschließlich mit dem vorhandenen praktischen wie theoretischen Rüstzeug handeln. Ihre Grundpflicht ist es, dem Patienten – in seiner biologischen, psychischen und sozialen Ganzheitlichkeit – nie zu schaden. Medizin ist die Kunst des Möglichen im Dienst des kranken Menschen.

● Naturwissenschaftliche Forschung unterliegt im Prinzip keinerlei Zeitdruck. Ihr Handlungsspielraum ist allenfalls dann ethisch und rechtlich begrenzt, wenn etwa das Wohlergehen von Versuchspersonen oder -tieren tangiert wird. Wissenschaftler können sich, zumindest in der Grundlagenforschung, die Objekte ihrer Neugier frei wählen und – solange sie mit den entsprechenden finanziellen Mitteln ausgestattet sind – diese gründlich analysieren. Ihre Pflicht ist es, „objektive" Erkenntnis nach methodisch strengen Verfahren zu mehren.

Forschung ist eine Profession ohne Klienten

Dieses System ermöglicht allerdings keinen positiven Wahrheitsbeweis, sondern „nur" ein Ausschließen – Falsifizieren – von Hypothesen und Theorien. Dabei werden Tatsachen bevorzugt, die experimentell nachprüfbar – reproduzierbar – sind, während einmalige Ereignisse wie etwa subjektive psychische Vorgänge oder seltene Krankheiten nur phänomenologisch erfaßt, nicht aber ursächlich erforscht werden können. In der Forschung zählt der Beitrag zum Wissen, nicht die Leistung für den Patienten. Diese „tiefgreifenden Verschiedenheiten" verursachen, so der Göttinger Physiologe Hans Jürgen Bretschneider, ein „Spannungsverhältnis" zwischen dem Naturwissenschaftler „als einem Entdecker von Neuland und damit Veränderer" und dem Arzt „als dem Helfer seiner Patienten und damit Bewahrer". Erschwert wird der Blick aufs gemeinsame Ganze vor allem durch zwei Probleme, die nur scheinbar nichts miteinander zu tun haben: philosophisch durch die niemals endgültig beantwortbaren ethischen Fragen, wissenschaftlich durch die ungeheure dynamische Variabilität des Lebens.

„Forschung am Menschen", schreiben der Jurist Wolfgang van den Daele und der Soziologe Heribert Müller-Salomon in ihrem Buch über „Ethikkommissionen", „verlangt die Ausbalancierung von ethischen Ansprüchen, die nicht immer problemlos zur Dekkung zu bringen sind. Sie ist stets im Interesse der Entwicklung des medizinischen Wissens gerechtfertigt und geboten. Aber sie kompromittiert die ärztliche Grundpflicht, nie zu schaden" – denn „Forschung ist eine Profession ohne Klienten".

Den Zielkonflikt zwischen medizinischer Wissenschaft und ärztlichem Ethos versuchen inzwischen in Deutschland etwa 50 Ethikkommissionen zu entschärfen. In ihnen prallen, wie van den Daele und Müller-Salomon bei einer Befragung herausfanden, die unterschiedlichen professionellen Welten – die mitunter wie zwei Seelen in der Brust eines einzigen forschenden Arztes wohnen – heftig aufeinander: „Das Projekt", gab das Mitglied einer Ethikkommission zu Protokoll, „kann wissenschaftlich völlig untadelig sein und trotzdem eine Schweinerei darstellen."

Zur Lösung des Zielkonflikts zwischen dem klassischen naturwissenschaftlichen Prinzip, nur objektive, reproduzierbare Tatsachen zu ak-

zeptieren, und der von Biologen wie Medizinern beschriebenen dynamischen Variabilität des Lebens, gibt es bislang keine Kommissionen. Dabei wäre gerade hier Beratung – in diesem Fall philosophische – nötig: Viele Naturwissenschaftler, kritisiert der Kaiserslauterer Biologe Ulrich Bässler in seinem Buch „Irrtum und Erkenntnis", „vertreten einen erkenntnistheoretisch sehr naiven Standpunkt".

Bässler unternimmt den dankenswerten Versuch, seine Kollegen und vor allem Studenten auf „Fehlerquellen im Erkenntnisprozeß von Biologie und Medizin" hinzuweisen. Der größte Fehler beim Erforschen lebender Systeme liegt demnach im Beharren auf dem herkömmlichen Ursache-Wirkung-Konzept, das im engeren Sinn eigentlich nur in der klassischen Mechanik Gültigkeit hat.

Den optimalen Weg zwischen Scylla und Charybdis finden

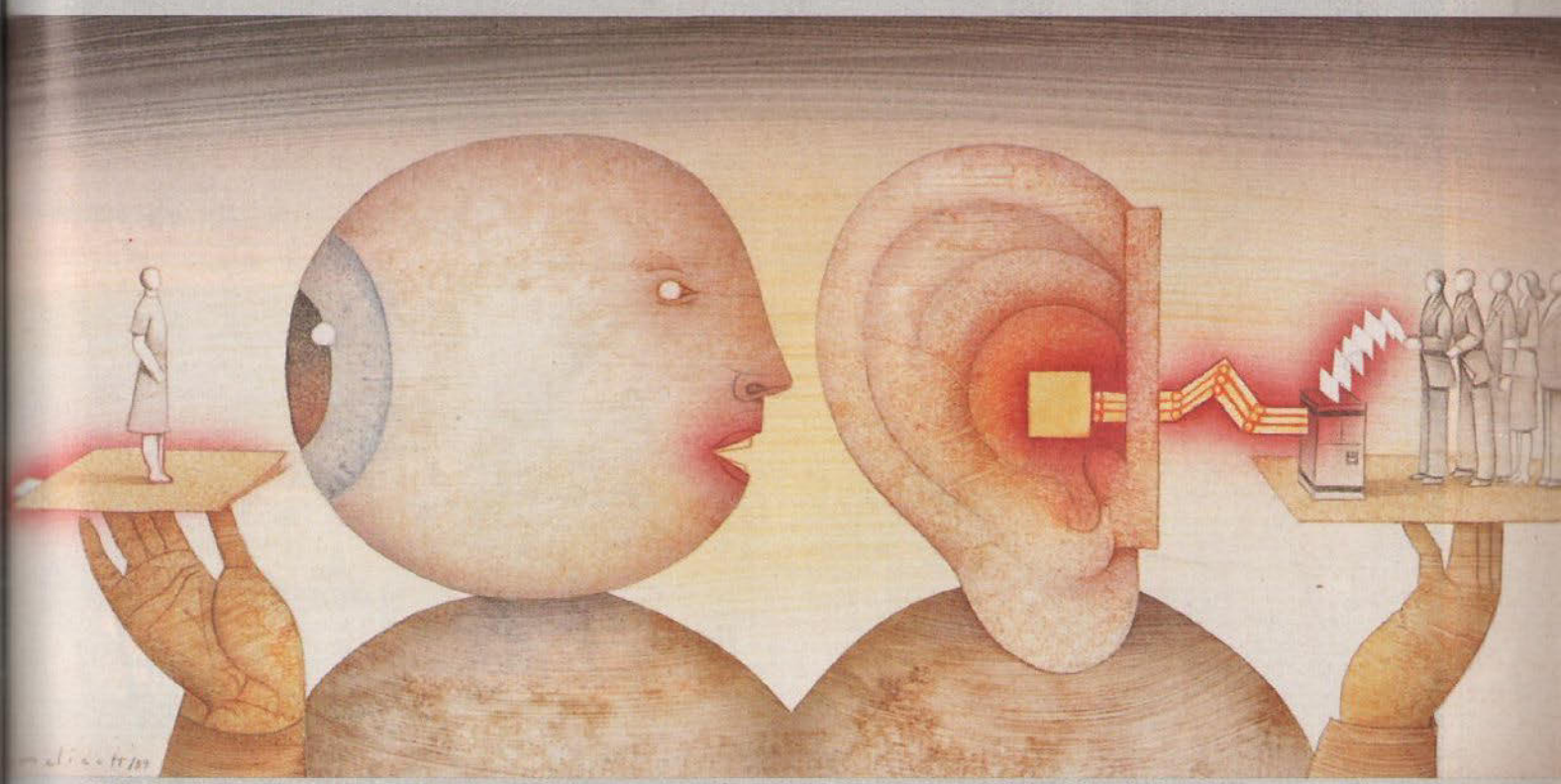
Für Lebewesen greift dieser Ansatz zu kurz: Sie haben – wie auch das erst in den letzten Jahren entdeckte Prinzip der „Nichtlinearität" komplexer Systeme* unterstreicht – ihre jeweils unwiederholbare, sowohl evolutionäre wie individuelle Geschichte, und sie besitzen Eigenschaften, die mehr sind als die Summe der einzelnen Zellen oder Organe, aus denen sie bestehen. Sie strotzen sozusagen vor Individualität – und das gilt vor allem für das psychosoziale Vernunftwesen Mensch, inklusive Arzt und Wissenschaftler. Deshalb müssen sich, so Bässler, Biologen und forschende Mediziner „zwischen zwei Extremen hindurchbewegen", müssen „den optimalen Weg zwischen Scylla und Charybdis" finden: zwischen der zu beschreibenden Mannigfaltigkeit und „dem Bedürfnis, Sätze von möglichst allgemeiner Gültigkeit zu formulieren".

Will sagen: Bei der Suche nach der Ursache von Krankheiten stoßen nicht nur Ärzte, sondern auch Naturwissenschaftler an die Grenzen der Erkenntnis. In letzter Konsequenz läßt sich Medizin nicht „verwissenschaftlichen", Ethik nicht wegrationalisieren.

So werden wohl Ärzte und Forscher auch in Zukunft gut daran tun, den vor zwei Jahrtausenden formulierten „ersten hippokratischen Aphorismus" weiterhin zu beherzigen, dem Hans Jürgen Bretschneider „noble Skepsis und eine demütige Zurückhaltung" bescheinigt: „Das Leben ist kurz. Die Kunst ist weit. Der günstige Augenblick ist rasch vorüber. Der Versuch ist zweifelhaft. Das Urteil ist schwierig." □

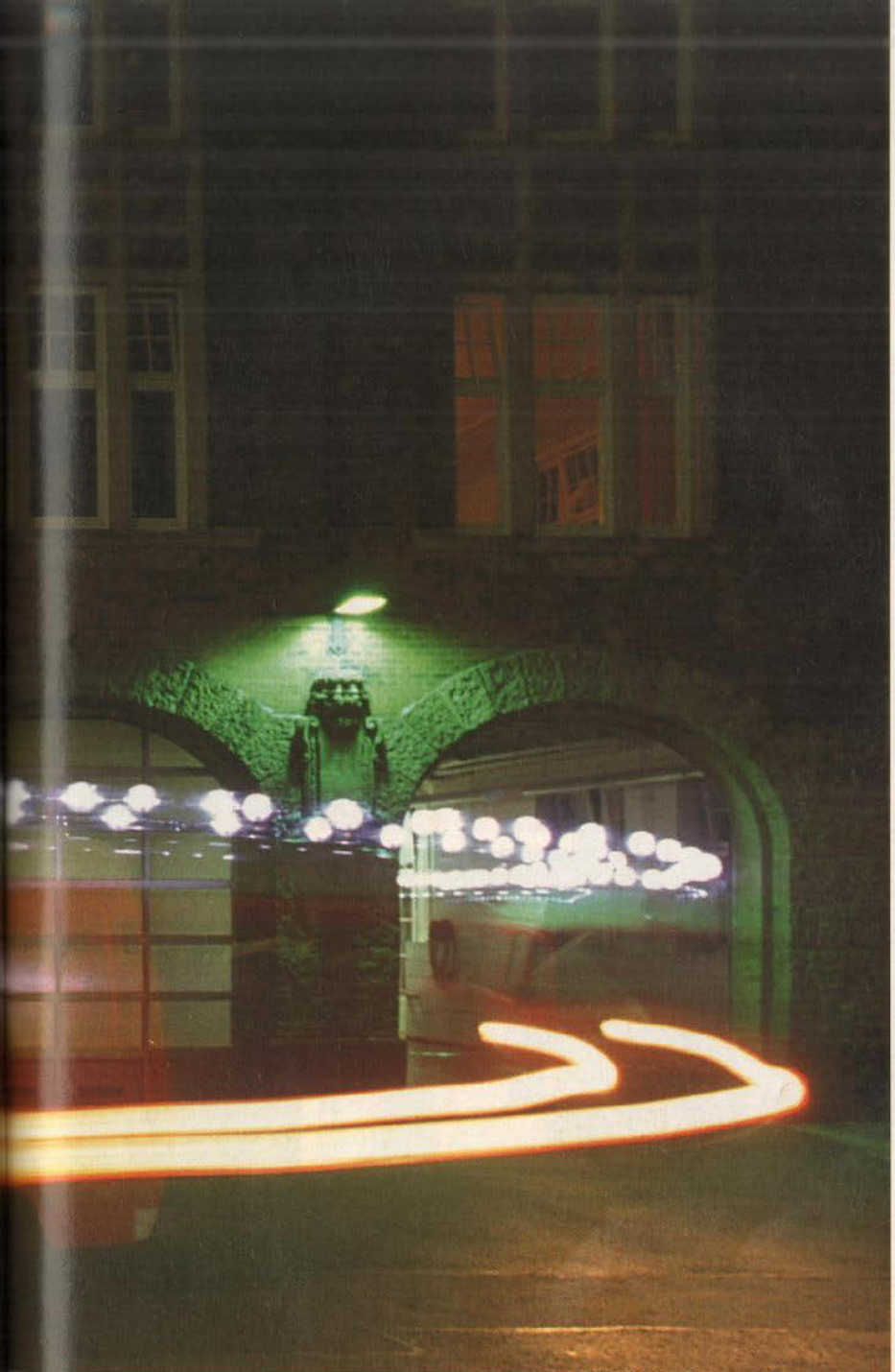
* Siehe GEO-Wissen Nr. 2/1990 „Chaos + Kreativität"

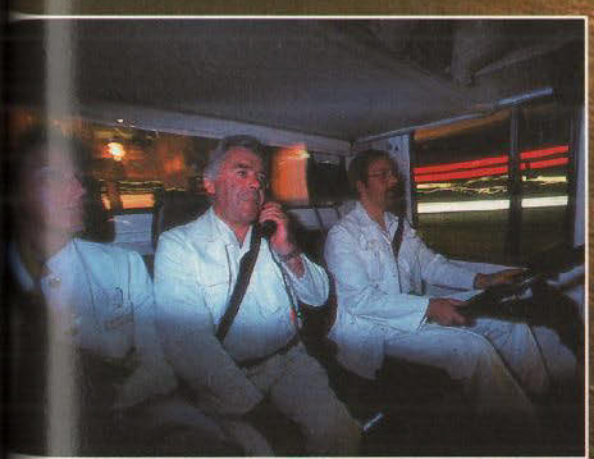
Günter Haaf, 45, ist Redaktionsleiter von GEO-Wissen.



In Ethikkommissionen prallen die unterschiedlichen professionellen Welten der Medizin und der Wissenschaft – die mitunter wie zwei Seelen in der Brust des forschenden Arztes wohnen – heftig aufeinander

Die rasenden Retter





Wähle 112 – und in durchschnittlich 486 Sekunden sind sie zur Stelle, millionenfach pro Jahr. Vor allem nachts haben die schnellen Helfer in den Rettungswagen alle Hände voll zu tun. Herzinfarkt-Patienten und Unfallopfer, aber auch Menschen in allen Schieflagen des Lebens halten die Notärzte und Sanitäter auf Trab

VON SUSANNE PAULSEN;
FOTOS: STEPHAN ELLERINGMANN

Liegt etwa leiser Tadel in Nielsens* Blick? Mag schon sein. Vielleicht wegen der Kleidung des Mannes, der da gerade vom Bordstein auf die Straße rutscht: Einen ganz normalen Anzug trägt der. So vorwurfsvoll wie diesen Herrn behandelt der Weißbekittelte „heruntergekommene Schnapsleichen" sonst jedenfalls nicht. Lässig verarztet er sie, resigniert karrt er sie davon.

Peter Nielsen hat sich auf den Weg ins Kneipenviertel gemacht, weil dort jemand eine Telefonnummer gewählt hat, die fast jeder kennt: den Notruf 112. Nielsen ist so einer, der den ruppigen Tonfall seiner Kunden fast besser draufhat als die Klientel selbst, der auch schon mal rauh zupackt, wenn jemand pöbelt, der dann aber vorschriftsmäßig seine Jacke wechselt, wenn ein Blutfleck darauf ist. Damit „der nächste keinen Schreck kriegt". Zuweilen lächelt er sogar bei der Arbeit, der Feuerwehrmann im Sanitätsdienst beim Revier Hamburg-Innenstadt. Dabei hat er, wie er betont, das „Aufsammeln und Wegschleppen" längst satt.

Prompte „öffentliche Daseinsfürsorge" steht heute plötzlich Erkrankten ebenso zu wie Verletzten und auch hilfsbedürftigen Betrunkenen. Durchschnittlich 8,1 Minuten nach einem telefonischen Hilferuf können Bundesbürger ein Rettungsteam erwarten: Sanitäter oder Ärzte erscheinen, die nach allen Regeln der Kunst Wunden verbinden, Kreislauf und Atmung stabilisieren und, wenn nötig, mit Wiederbelebungsversuchen beginnen. Dann geht es meist mit Blaulicht und mitunter auch mit Martinshorn ins Krankenhaus. Sechs Millionen Einsätze fahren westdeutsche Nothelfer pro Jahr – ein Job, in dem Geschwindigkeit fast alles ist. In den Amüsiervierteln einer Großstadt wie Hamburg hat ihre Arbeit etwas Besonderes, das von Pikanterie bis zur Peinlichkeit reichen kann.

„Wer hierher versetzt wird", sagt Nielsen, „der schnallt erstmal ab." Vor ein paar Stunden zum Beispiel, da hatten er und sein Kollege zum drittenmal einen Verband angelegt, und ihr Patient – zweiter Sieger bei einer Schlägerei in einem Männerwohnheim auf St. Pauli – hatte sich den Mull zum drittenmal von den aufgeschlagenen Lippen gerissen. Vorher hatte das Team von der Feuerwehr, die auf den 112-Ruf reagiert, einen schwarzäugigen jungen Mann „eingesammelt" und ins Hafenkrankenhaus gefahren. Er

* Die Namen sind geändert

war im Dunkeln vor ein Auto gelaufen, wollte unbedingt sein Küchenmesser behalten, hat im Wagen nur durcheinander geredet und vor der Krankenhaustür nach Schnaps geschrien.

„Hier gibts nur Wasser", hatte Nielsen geknurrt. Und mir Geschichten von der Reeperbahn erzählt. Da bleibe manchmal unklar, ob Klienten männlich oder weiblich sind. Obwohl „wir dann natürlich versuchen, das zu ermitteln", sei er schon mal mit einem Mann auf der Frauenstation gelandet.

Nachts kommt in Hamburg auch der Taxi-Arzt

Aber im allgemeinen transportiert die Hamburger Feuerwehr ihre Notfall-Patienten nur selten auf Irrwegen – zum Beispiel dann, wenn vom nahegelegenen Krankenhaus wegen Überfüllung Patienten abgewiesen werden und plötzlich ein weiter entferntes angefahren werden muß. Sechs Feuerwehrleute in der Einsatzzentrale überwachen und steuern den Lauf der 59 „Rettungswagen", die mit je einem Sanitäter-Duo besetzt sind. Wenn Lebensgefahr im Verzug ist oder auch nur zu sein scheint, schicken sie einen der sechs „Notarztwagen" raus, „auf" denen außer den Sanitätern ein erfahrener Mediziner mitfährt – zum Kreislaufkollaps im Einkaufszentrum, zum Leiterabsturz am Stückgutkai, zum Herzinfarkt im Villenviertel.

Tagsüber können die Patienten in vergleichsweise leichten Fällen die Hausärzte aufsuchen. Sind deren Praxen geschlossen, können Kranke oder solche, die sich für krank halten, in eine der beiden speziellen Notfall-Praxen kommen, die von der Kassenärztlichen Vereinigung unterhalten werden. Oder sie bestellen einen der Taxi-Ärzte, die sich nachts, mittwochnachmittags und am Wochenende zum Asthmaanfall, zum Bauchgrimmen oder zur Mittelohrentzündung kutschieren lassen. Für die Bürger der Hansestadt ist – was akutes körperliches Mißgeschick angeht – nicht schlecht gesorgt.

Peter Nielsen und Harry Kohrs pakken den gut gekleideten Herrn an den gepolsterten Anzugschultern und lohnen ihn sacht an einen Papierkorb. Ein einsamer Passant schlendert heran. Er glotzt auf die Schatten, die das Blaulicht auf den dunklen Häuserzeilen tanzen läßt, streift mit einem Blick die beiden Feuerwehrmänner – sie ziehen gerade die Trage aus dem Rettungswagen – und geht seines Weges. Hinter seinem Rücken vollzieht sich ein 1000mal geübter Ablauf: Patienten auf Trage hieven, zum Wagen schleppen, hineinschieben. Abfahren. Brauchen wir professionelle Nächstenliebe, weil privat niemand Zeit dafür hat? Oder haben Nielsen und

Sie packen zu, wenn nichts mehr geht

Rettungssanitäter führen eine betrunkene junge Frau aus der U-Bahnstation, legen einen zusammengebrochenen Mann auf die Trage, versorgen gemeinsam mit einer Notärztin eine drogensüchtige Prostituierte im Badezimmer eines Stundenhotels, verbinden einem Fußballfan die zerschnittene Hand

Kohrs einfach die Straße gereinigt, damit am nächsten Morgen kein Passant zu stolpern braucht?

„Ist ja so, daß man gern hilft", sagt Nielsen auf der Rückfahrt in die Wache. Aber eigentlich könne er „Hamburg-Innenstadt" nicht mehr sehen. Er will keine heroinabhängigen Mädchen mehr von Damenklos bergen. Oder dieselben besoffenen Streithähne dreimal pro Nacht aus der Gosse zum Verbinden in die Klinik fahren und sie dann wieder zur Gosse zurücklaufen lassen. Statt ständig Menschen ins Krankenhaus zu schaffen, denen ärztliche Kunst nicht aus der Lebensmisere helfen kann, würde Nielsen lieber braven Bürgern zur Seite stehen. In einem anderen Bezirk will er arbeiten, wo es mehr „richtige Fälle" gibt.

Der „schönen Herzinfarkte", die Nielsen gern betreuen würde, nimmt sich der Rettungsdienst noch nicht sehr lange an. Bis in die sechziger Jahre betrachteten Mediziner und Sanitäter in erster Linie den „Unfall" als Notfall – das spektakulärere öffentliche Ereignis mit Blut und Knochenbrüchen also, das heute noch den meisten Passanten einfällt, wenn blaublitzend Tatü-Tata vorüberrast.

Die organisierte Bergung Hilfsbedürftiger gab es jahrhundertelang nur in Kriegszeiten. Auf den Schlachtfeldern sammelten Heeressanitäter und zivile Helfer Erfahrungen, wie Verwundete zu transportieren und schnell zu behandeln sind. Die schlechte Qualität dieser Versorgung veranlaßte Henri Dunant nach der Schlacht von Solferino 1859 zur Gründung des Internationalen Roten Kreuzes. Auch die Mediziner, die sich nach Ende des Zweiten Weltkriegs daran machten, den Rettungsdienst zu verbessern, wollten vor allem chirurgische Hilfe leisten.

Verkehrsunfall-Opfern beizustehen hatten die Chirurgen Karl Heinz Bauer und Eberhard Gögler im Sinn, als sie 1957 einen damals ungewöhnlichen Gedanken in die Tat umsetzten: Der Arzt sollte zum Unfall-Patienten kommen, nicht der Patient zum Arzt. Vorher hatten staatliche Sanitätskolonnen oder freiwillige Mitarbeiter von Wohlfahrtsorganisationen Kranke und Verletzte schlecht und recht versorgt, um sie dann – schnell, häufig sitzend und ohne weitere Überwachung – zum Doktor zu schaffen. Viele starben während des Transports.

Bauer und Gögler fuhren selbst zum Unfallort – mit dem „Clinomobil", einem beweglichen Operationssaal im Mercedesbus. Doch nur wenige Verletzte brauchten sofort nach dem Unfall eine Operation. Auch erwies sich der klobige Vorläufer heutiger Notarztwagen als zu schwerfällig im Straßenverkehr. So schaffte man die mobile Klinik wieder ab. Die Notärzte kamen mit bescheideneren Fahrzeugen aus – und definierten die Aufgaben ihrer gerade erst entstandenen Zunft um: Der Ludwigshafener Internist Helmut Gillmann startete 1969 das erste „interdis-

Höchste Not in den eigenen vier Wänden

Kritische Situationen daheim: Bei schweren inneren Erkrankungen, vor allem bei Herzinfarkt, leisten Rettungssanitäter und Notärzte am häufigsten Erste Hilfe. Sie könnten viel mehr ausrichten, wenn die Kranken frühe Signale wie Brustschmerzen ernster nehmen würden

ziplinäre Notarztwagensystem", nachdem er festgestellt hatte, daß die Mehrzahl der Notfälle keine chirurgischen waren. Heute beschränken sich Notärzte in der Regel darauf, ihre Patienten „transportstabil" zu machen, sie zu beruhigen und Folgeschäden vorzubeugen. Das Selbstverständnis der Notfall-Mediziner hat sich noch in einem weiteren Punkt gewandelt: Irgendwann konnten sie Herz-Kreislauf-Attaken nicht länger ignorieren. Deren Zahl war – Folge von Freßwelle und durchschnittlich längerem Leben – in den Nachkriegsjahren stetig gewachsen. Daß Menschen heute dadurch sehr viel häufiger plötzlich in Lebensgefahr geraten als durch spektakuläre Unfälle, gehört längst zum Lehrbuchwissen.

Beim Herzinfarkt entscheidet Schnelligkeit über Leben und Tod

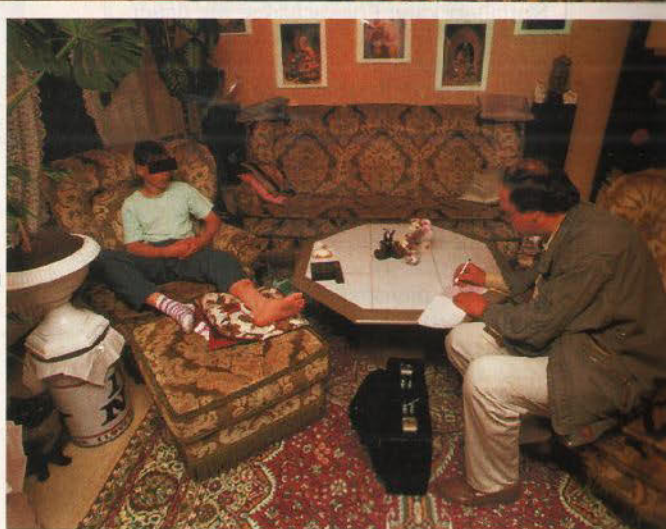
„Rauchen Sie?" erkundigt sich der Feuerwehrmann aus Hamburg-Altona und klebt einem 55jährigen Fußballfan Elektroden für die Herzstrommessung auf die Brust. „Jetzt nicht lügen." Die Notärztin Isabell Verheugen* will gleich auch noch wissen, ob die Blutfettwerte des Mannes erhöht sind. Der liegt auf der Liege und zögert bei der Antwort. Reicht es nicht, daß er vielleicht einen Herzinfarkt erlitten hat? Soll er sich jetzt etwa noch das üppige Essen vorhalten lassen, den blauen Dunst, das ständige Sitzen auf Schreibtischstühlen und in Fernsehsesseln – also all die Gewohnheiten, die so normal sind, aber ans Herz gehen? Als seine Helfer sich auch noch darüber wundern, warum er trotz des Brennens im Brustkorb ins Stadion am Millerntor gegangen ist, schläft er ein.

„Sie wissen ja, wie St.-Pauli-Fans sind", klagt der Freund, der den Kranken schon in der Halbzeit in die Notfall-Praxis schicken wollte. Kurz vor Spielende konnte er ihn dann doch zum Aufbruch überreden. Gegen halb elf Uhr abends sind die beiden in der Praxis aufgetaucht. Viereinhalb Stunden nach Schmerzbeginn – und damit haben sie den günstigsten Zeitpunkt für eine blutgerinnselauflösende Herzinfarkt-Therapie verpaßt. Der zuständige Arzt hat einen Rettungswagen angefordert, der in drei Minuten vor Ort war. Die Feuerwehrleute haben – wie bei „akut lebensbedrohlichen Zuständen" vorgeschrieben – zusätzlich den Notarztwagen alarmiert. Der hat sechs Minuten gebraucht.

Zum Tempo moderner Notfallmedizin paßt das Verhalten der meisten Infarkt-Patienten nicht so recht. Auch wenn sie heftige Brust- und Armschmerzen haben, unter Engegefühl und Druck im Brustkorb leiden und ihre flache Atmung sie zum Hinsetzen zwingt, rufen sie zunächst einmal keinen Arzt. Sie erkennen die Symptome nicht oder wollen sie nicht er-

Große Tat für kleine Nöte

Oft sind es nur kleinste Wehwehchen, die Notärzte versorgen müssen: ein aufgeschlagenes Schienbein, Halsschmerzen oder leichte Schwindelgefühle. Viele, die abends oder nachts zum Telefon greifen, hätten auch bis zum nächsten Morgen warten können



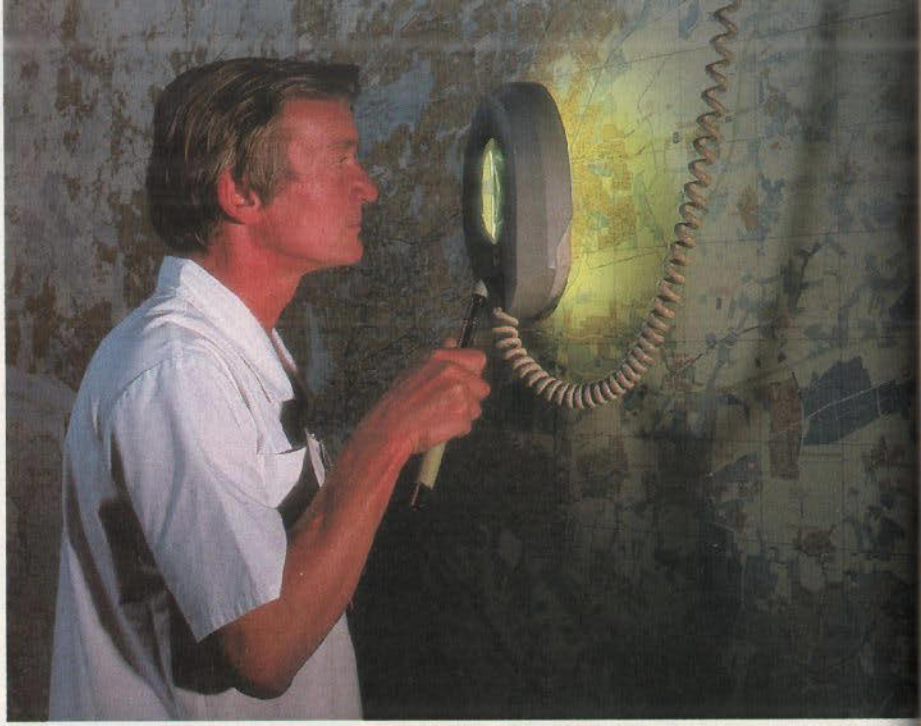
kennen – und warten ab. Dabei ist auch ein leichter Infarkt ein klassischer Fall für die Rufnummer 112: Wenn Teile des Herzgewebes absterben, weil ein Blutgerinnsel ein Herzkranzgefäß verstopft, kann schnelle medizinische Hilfe lebensrettend sein. Denn in den ersten Stunden nach dem Infarkt kommt das Herz häufig aus dem Takt. Es beginnt zu „flimmern", also mehr als 200mal pro Minute zu schlagen. Wenn diese Rhythmusstörung nicht sofort behoben wird, bricht der Kreislauf des Patienten zusammen.

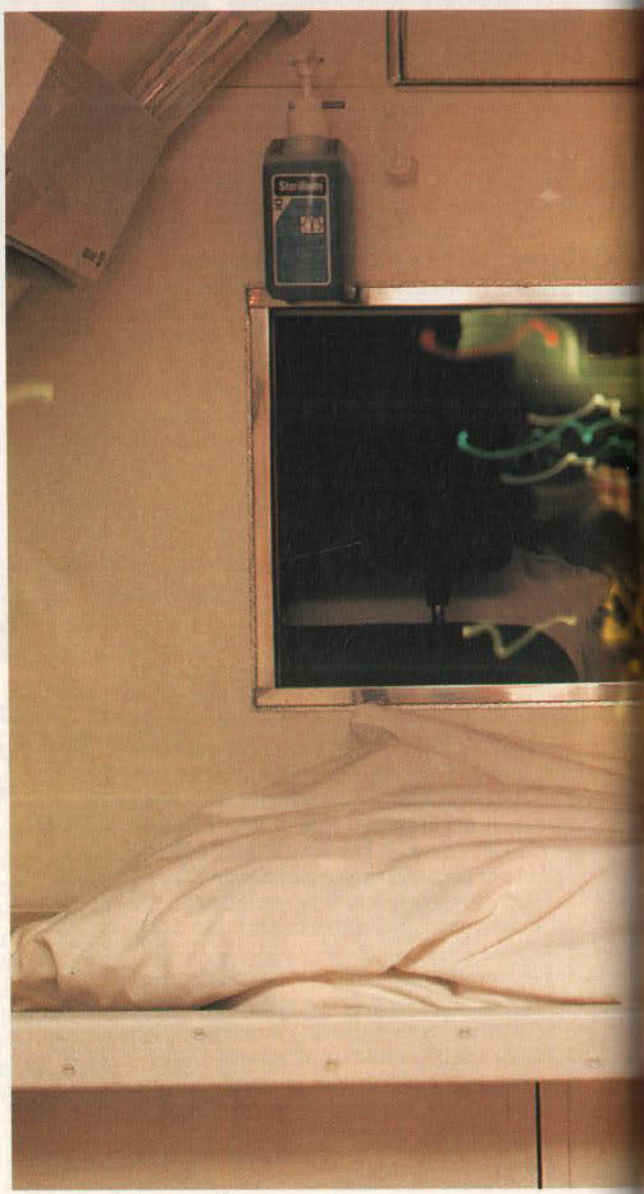
Der Defibrillator – ein Gerät, das mit einem Stromschlag ein flimmerndes Herz unter Umständen wieder zum rhythmischen Schlagen bringen kann – gehört deshalb zur Grundausstattung jedes Notarztwagens. Frau Verheugen braucht ihn diesmal nicht. Sie sprüht dem Fußballfan gefäßerweiterndes Nitroglycerin-Spray unter die Zunge, legt eine Kanüle in seine Armvene, verabreicht ein Schmerzmittel und läßt ihn auf die Intensivstation der nächsten Klinik fahren.

Sie bedauert den Patienten nicht, der durch das lange Zögern seine Therapiechancen verschlechtert hat. Nach ihrem Dienst, am nächsten Morgen, wird sie nicht mehr an die Ereignisse dieser Nacht denken. Nicht an den St.-Pauli-Fan. Nicht an den Alzheimer-Kranken mit Verdacht auf Angina pectoris, der seine Frau vor der Einlieferung unter Klagen gebeten hat, ihn noch ein einziges Mal in den Arm zu nehmen. Auch nicht an die verzweifelte Mutter des Sechsjährigen, der gegen ein Uhr röchelnd aufgewacht ist. Nur höchst selten forscht die Notärztin nach, was aus ihren Kurzzeit-Patienten und deren Angehörigen wird.

Des Nutzens ihrer Arbeit kann sie sich aber auch ohne Bestätigung sicher sein. „Etwa 13 bis 18 Prozent sonst verstorbener Notfallopfer" können, so steht es in einer 1985 veröffentlichten Untersuchung zur „Wirksamkeit und Wirtschaftlichkeit der Rettungsdienste", „durch schnelle und sachgerechte Hilfe vor dem Tode bewahrt werden". Medizinische Versorgung am Notfallort kann Folgeschäden wie dauerhafte oder vorübergehende Erwerbsunfähigkeit verhindern. Auch verkürzt rasche notärztliche Behandlung die Verweildauer auf der Intensivstation: Sie erspart 50 Prozent der Notfall-Patienten eine Woche Liegezeit. Jede im Rettungsdienst eingesetzte Mark, folgert der Verfasser der Studie, führt zu einem volkswirtschaftlichen Gewinn von mindestens 4,30 Mark.

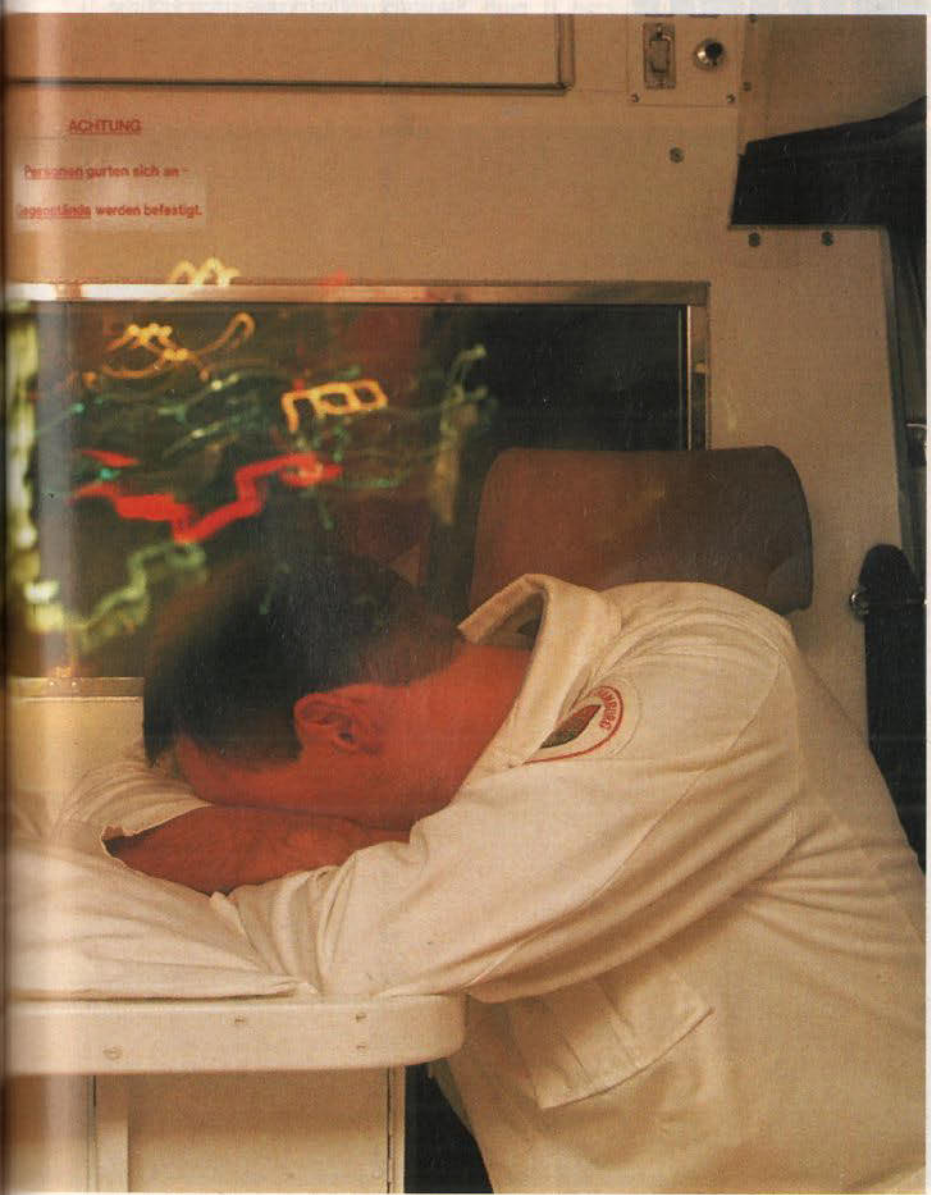
„Na, woll'n Sie auch Leben retten?" begrüßt der diensthabende Chirurg kurz nach Mitternacht eine angehende Ärztin. Sie begleitet das Team im Notarztwagen und wartet jetzt mit Isabell Verheugen auf die Röntgenaufnahme. Denn die Ärztin ist nicht sofort wieder abgefahren, nachdem sie ihren „Fall" übergeben hat. Vielleicht hat der junge Schußverletzte ihr zuviel aus seinem Leben erzählt. Vielleicht findet sie es auch nur spannend, ob die Ku-





Der nächste Anruf kommt bestimmt

Kampf gegen die Zeit: Blitzschnell suchen Sanitäter nach dem besten Weg zum Einsatzort. Von dort geht's mit Blaulicht zum Krankenhaus. In kurzen Ruhepausen dient der leere Rettungswagen als Entspannungsraum – vor dem nächsten Wettlauf um ein Leben



gel sich noch im Körper befindet – oder an der Rippe knapp über dem Herzen abgeprallt ist, wie sie vermutet.

Atempause im neonerleuchteten Vorzimmer. Der Chirurg berichtet von außergewöhnlichen Schußverletzungen und Unfällen, die er operiert hat. Er lacht, ein bißchen ironisch – und will seine Erinnerungen dennoch loswerden. Als mache das Erzählen sie erträglicher. Zum Schluß erinnert er an die „kleine junge Notärztin", die immer mit dem Hubschrauber kam. Einer ihrer letzten Patienten war jemand, der sich vor die U-Bahn geworfen hatte. Beide Beine mußten ihm amputiert werden. Vor kurzem habe die junge Kollegin Selbstmord begangen. Wohl aus Liebeskummer, meint der Chirurg.

Mit mehr Erster Hilfe wäre Schlimmeres zu verhindern

Wieder im Notarztwagen, läßt auch die stille Isabell Verheugen einige ihrer Rettungsdienst-Erinnerungen Revue passieren, eine blutiger und schrecklicher als die andere. Das also bleibt im Kopf zurück nach dem Dienst am Nächsten? „Im Grunde genommen ist man voller Ängste", gibt die Ärztin zu. Besonders wenn die Leitzentrale ein schwerkrankes Kleinkind melde, stocke ihr manchmal der Atem. Dann tröste sie sich auf der Fahrt zum Einsatzort damit, daß sich „die allermeisten Fälle Gott sei Dank als nicht so dramatisch herausstellen, wie es sich zuerst angehört hat". Oder daß sie zumindest „beherrschbar" waren.

Schlimm sei aber, daß sich viele Menschen zu sehr auf den Rettungsdienst verlassen. Nur bei etwa jedem fünften Notfall-Patienten, ergab eine Studie in Bonn, leisten Familienmitglieder, Freunde, Nachbarn oder Passanten ausreichende Erste Hilfe. Dabei können beispielsweise Mund-zu-Mund-Beatmung und Herzmassage in den allerersten Minuten nach einem Herzstillstand verhindern, daß ein Wiederbelebter Gehirnschäden davonträgt. Richtige Lagerung kann einen Bewußtlosen vor dem Ersticken bewahren.

Kein Wunder also, daß auch Peter Nielsen sich freut, wenn er ausnahmsweise einen Patienten in „stabiler Seitenlage" vorfindet. Abfahrt mit Blaulicht. Wer würde in diesem Moment ahnen, daß Nielsen manchmal genug hat von seiner Arbeit? „Nun bleib mal ruhig liegen", tröstet er den Blutenden und lächelt ein wenig, „es wird alles gut. Wir fahr'n ja nur ins Krankenhaus." □

Dr. Stephan Elleringmann, 30, hat im März 1991 seinen Arztkittel an den Nagel gehängt, um sich fortan ausschließlich der Fotografie zu widmen. **Susanne Paulsen** von der Hamburger Autorengruppe „Signum" ist eine „approbierte" GEO-Wissen-Autorin.

»Minimal invasive Therapie« verdrängt das Skalpell

DER TREND ZUM KLEINEN SCHNITT

VON HENNING ENGELN

Mit schwindelerregender Schnelligkeit saust der Betrachter durch ein Stahlrohr, dessen silbrige Wände gleißend hell das Licht zurückwerfen. Die kleine Öffnung am Ende des Tunnels wird größer. Hindurch geht die Rutschpartie, hinein in eine feucht glänzende Höhle. Bei zwei Schwenks tauchen die gelbe Gallenblase und die braunrote Leber auf, dann endet die Fahrt abrupt vor der weiß-rosa schimmernden Gebärmutter.

Was auf Laien wie eine Szene aus Hollywoods Trickstudios wirkt, ist der Beginn einer endoskopischen Operation. Am Uterus der Patientin wuchert ein Myom, ein gutartiger Tumor, der entfernt werden muß. Statt der vollnarkotisierten Frau je-

doch den Unterleib aufzuschlitzen, hat der Kieler Gynäkologie-Professor Kurt Semm bisher nur einen kleinen Schnitt in den Bauchnabel gemacht und eine Kanüle mit drei Bewegungen im Zickzack durch die Muskelschichten geschoben. Mit einem selbsterfundenen Apparat hat er den Bauch der Frau mit Kohlendioxid-Gas aufgeblasen, um sich Platz zum Arbeiten zu verschaffen.

Als Semm anschließend das gerade Führungsrohr seiner endoskopischen – „ins Innere (des Körpers) schauenden" – Optik durch den Nabel schiebt, beginnt die „Rutschpartie". Was das Objektiv an der Spitze des Sehrohrs erfaßt, gelangt über Glaslinsen und Videokamera auf den großen Farbmonitor des Operationssaales. Licht, über sogenannte Flüssigkeitskabel geleitet, erhellt die dunklen Körperhöhlen und damit das Terrain für die Weitwinkel-Linse an der Spitze des Endoskops. Durch sie gesehen, gerät Semms Routine-Inspektion von Gallenblase und Leber zur rasanten Kurverei unter der Bauchdecke.

Solche Techniken haben die Chirurgie in den letzten Jahren gründlich umgekrempelt. Statt „Skalpell, Schere, Tupfer!" heißt es heute immer häufiger „Endoskop, Mikroschere, Katheter!" Auf dem Weg zum Krankheitsherd vieler Leiden müssen die Mediziner keine „unschuldigen Organe" mehr verletzen. Statt Haut und Muskeln aufzuschneiden, schieben sie dünne Sonden durch kleinste Öffnungen bis zum Ort des Geschehens.

„Minimal-Chirurgen" entwickeln unablässig neue Methoden, um etwa entzündete Gallenblasen oder Blinddärme, Nieren- und Gallensteine oder kleine Unterleibsgeschwulste durch die dünnen Rohre herauszuholen. Meniskus- und Bandscheibenschäden können sie operieren, Magenblutungen stillen, ja sogar Speiseröhren und Dickdärme, die von Krebs befallen sind, per Endoskop entfernen. Neue Techniken helfen auch bei der Reparatur von Blutgefäßen.

Bei ihren Arbeiten im Inneren des Körpers benutzen die neuen Chirurgen zwar ein Arsenal altbekannter, jedoch extrem verkleinerter Werkzeuge: winzige Scheren, Zangen, Nadeln, Klammern, Pinzetten oder Schlingen, die sich durch starre oder flexible Führungsröhrchen in den Körper schieben lassen.

Schon kurz nach der Erfindung der elektrischen Glühlampe im Jahr 1879 dachten erfindungsreiche Ärzte daran, die neue Lichtquelle für das seit langem bekannte Endoskop zu nutzen. 1887 stellte der Dresdner Urologe Max Nitze ein Rohr mit vorn angebrachter Lampe vor, mit dem er das Innere einer Harnblase inspizieren konnte. Das starre Endoskop heißt heute Laparoskop, wenn es in der Bauchhöhle, und Pelviskop, wenn es im Bereich des Beckens eingesetzt wird. Das erste flexible Endoskop mit biegsamen Glasfasern konstruierte der Amerikaner Basil Hirschowitz im Jahr 1957.

Zunächst begnügten sich die Mediziner damit, durch das Endoskop zu schauen, um Anomalien zu erkennen. Dann begannen sie, auch Gewebeproben zur Diagnose abzuzwicken und durch das Rohr aus dem Leib zu holen, und schließlich – Anfang der siebziger Jahre –, per Endoskop zu operieren. Diese endoskopische Chirurgie gilt heute als wichtigster Teilbereich der „minimal invasiven Therapie", die auch nicht-chirurgische Methoden wie die Ballon-Dilatation von Blutgefäßen oder die Zertrümmerung von Nierensteinen einschließt.

Die Vorteile zeigen sich allerdings nicht bei der Operation selbst: Weder sind die Kosten des Eingriffs geringer, noch ist dieser kürzer oder weniger gefährlich für den Patienten als herkömmliche Schnitte per Skalpell. Teilweise ist das Risiko sogar größer, weil eine endoskopische Operation – und damit die Narkose – meist länger dauert.

Die Patienten haben dennoch viele Vorteile: „Wenn man Schmerz in irgendeiner Maßeinheit messen könnte", sagt Kurt Semm, „dann würde man Milliarden Einheiten von Schmerz durch die neuen Techniken ersparen können." Außerdem werden die Liege- und Genesungszeiten der Patienten von Wochen und Monaten auf nur wenige Tage reduziert, schrumpfen Narben auf unscheinbare Größe. Die bei Bauchoperationen auch heute noch nicht vermeidbaren „schweren Verwachsungsbäuche" treten nach endoskopischen Eingriffen kaum auf.

Auch die Wunden von Semms Patientin werden schnell verheilen. Einige Zentimeter vom Endoskop entfernt sticht er jetzt drei weitere Röhrchen von fünf und zehn Millimeter Durchmesser für seine Operationsinstrumente in den Bauchraum. Sein Blick haftet am Bildschirm, während er mit einer endoskopischen

Endoskopische Eingriffe zu lernen ist mühsam. Wie es geht, demonstriert Thomas Mötzung, Leiter des »Trainingszentrums für Minimal Invasive Chirurgie« der Universität Tübingen, am ersten Übungstag eines Fortbildungskurses: Er schiebt die beiden Röhrchen durch die Plexiglas-»Bauchdecke« eines Modells und führt vor, wie ein Rinderdarm vernäht wird. Später müssen die Lehrgangsteilnehmer das Führungsrohr für ihre Instrumente durch eine Schweinebauchwand stechen und im Team die Operation an einer tierischen Gallenblase im beleuchteten Bauchmodell üben

Zange den Uterus-Tumor packt. Das Myom, so groß wie die Faust der Frau, ist von einer Kapsel umgeben. Der Arzt injiziert eine gefäßverengende Flüssigkeit in die angrenzende Gebärmutterwand, die Blutungen verhindern soll. Anschließend verkocht Semm die Oberfläche der Kapsel teilweise mit einem elektrisch auf 100 Grad erhitzen Stab – ebenfalls um Blutungen zu vermeiden. Dann schneidet er die verschmorte Hülle auf, und das weiße Gewebe des Tumors wird sichtbar.

Mit der Endoskopie können verstümmelnde Operationen vermieden werden

„Bei der herkömmlichen Operationsmethode schwimmen Sie oft im Blut", erläutert Semm, während er das Myom mit einer Schlinge von den versorgenden Blutgefäßen abschnürt und anschließend losschneidet. „Wir machen das hier praktisch blutfrei."

Beim Bedienen der endoskopischen Instrumente hilft dem Gynäkologen eine Krankenschwester; ein Assistent richtet das Endoskop aus und sorgt für ein scharfes Bild. Der Monitor zeigt, wie der Arzt eine Art Korkenzieher in den Tumor dreht und versucht, ihn in das größte Rohr zu ziehen. Dazu ist dieser zwar viel zu groß, aber durch das Drehen und Ziehen wird ein fingerförmiger Gewebsbrocken ausgestanzt. So holt Semm Stück für Stück der Geschwulst aus dem Unterleib der Patientin heraus. Dann greift er zu Nadel und Faden, bugsiert sie mit endoskopischen Zangen in die Bauchhöhle und vernäht die Wunde an der Gebärmutter. Für die Naht braucht er rund 45 Minuten – etwa so lange wie für das Herausschneiden des Tumors.

Semm hat das endoskopische Nähen weltweit als erster praktiziert. Auch ein Großteil seines Instrumentariums ist von ihm erfunden und gefertigt worden. Gelernt ist gelernt: Der Arzt, Jahrgang 1927, war vor dem Medizinstudium Feinmechaniker.

Die Spezialwerkzeuge des Kieler Gynäkologen haben die Eingriffsmöglichkeiten dramatisch erweitert. „Mit einer klassischen Operation", sagt Semm, „ließen sich solch große Myome kaum herausschneiden." Früher hieß es dann: Raus mit dem Organ. „Mit der Endoskopie sind wir in der Gynäkologie erstmals in der Lage, verstümmelnde Operationen zu vermeiden."

Trotzdem sah Semm sich jahrelangen Anfeindungen seiner Mediziner-Kollegen ausgesetzt. Er wurde als Scharlatan beschimpft und beinahe aus der „Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie" ausgeschlossen. Heute sind die einstigen Außenseiter-Methoden medizinisches Allgemeingut. Und der Pionier wurde inzwischen von seinen Kollegen rehabilitiert und mehrfach ausgezeichnet.

Während Semm ausschließlich mit starren Endoskopen operiert, benutzt Nib Soehendra am Hamburger Universitätskrankenhaus Eppendorf flexible Geräte. Sie sind kleiner und können dank ihrer Beweglichkeit weiter ins Innere von Organen vordringen. Allerdings müssen die chirurgischen Werkzeuge durch ihre relativ dünnen Arbeitskanäle geschoben werden. Deshalb verfügt Soehendras Team bislang über ein weniger vielfältiges Instrumentarium als etwa Semm. Mit flexiblen Endoskopen trägt die Hamburger Gruppe vor allem Polypen im Verdauungstrakt ab – sie behandelt inzwischen mehr als 95 Prozent der Patienten mit solchen Wucherungen endoskopisch und ambulant. Außerdem stillt sie Blutungen des Magens und Zwölffingerdarms, öffnet verengte Gallengänge und holt Gallensteine heraus.

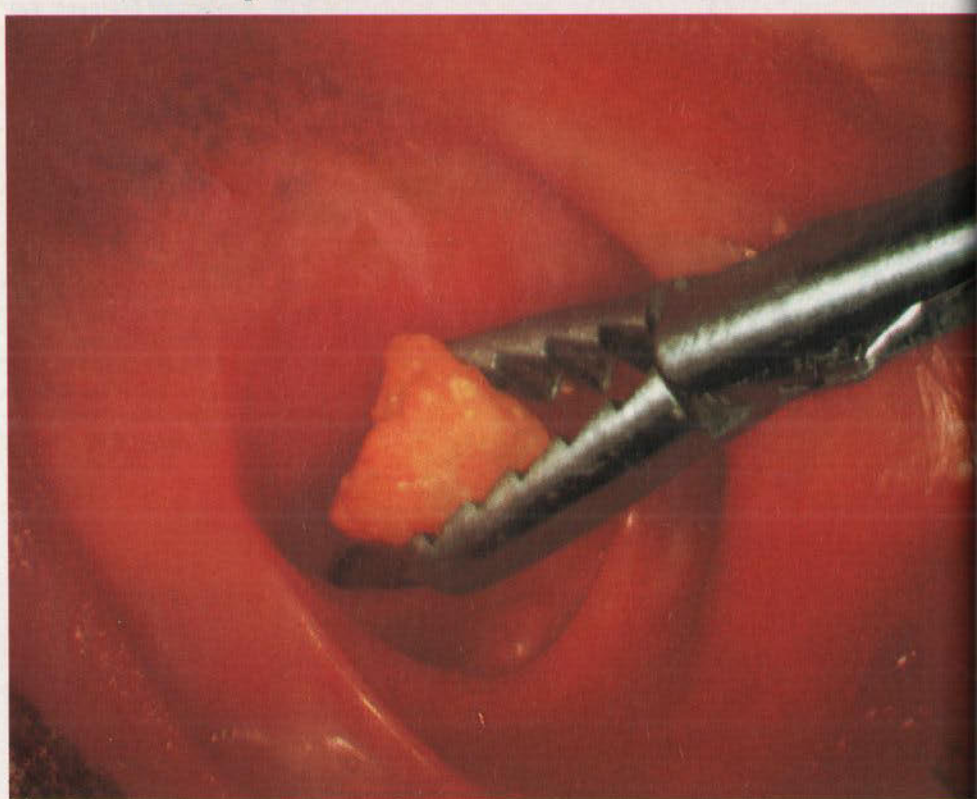
Bei den meisten Gallensteinleiden kommen die Hamburger Mediziner ganz ohne chirurgischen Eingriff aus. Mit einem Lithotripter genannten Stoßwellen-Zertrümmerer der jüngsten Generation gelingt es ihnen, 85 Prozent der Patienten schmerzlos und ohne Betäubung von ihren Gallensteinen zu befreien.

Ein Stockwerk höher, in der Urologischen Abteilung, werden mit der gleichen Methode Harnsteine in Niere und Harnleiter zertrümmert. Allein in Hamburg verlieren jedes Jahr weit über 1000 Patienten die meist schmerzhaften Steine mit der unblutigen Methode. „Drei bis vier Prozent aller Bundesbürger", erläutert der dortige Oberarzt Wolf Hartmut Meyer-Moldenhauer, „haben ein Harnsteinleiden – etwa so viel wie einen Diabetes." In den alten Bundesländern zerlegen Lithotripter inzwischen mehr als 90 Prozent aller Nierensteine. Die übrigen werden meist mit Endoskopen per Ultraschall oder Laser zertrümmert oder mit einer Zange zerkleinert. Lediglich in etwa ein Prozent der Fälle ist noch eine klassische Operation nötig.

Eine dritte minimal invasive Methode hat sich ebenfalls durchgesetzt: die Ballon-Dilatation. Sie macht viele gefäßchirurgische Operationen überflüssig und kürzt die noch nötigen Eingriffe drastisch ab. Mit der neuen Methode öffnen oder erweitern zum Beispiel der Nürnberger Röntgenarzt Eberhard Zeitler und sein Team im Laufe eines einzigen Vormittags: die verengten Gefäße im Arm eines Dialyse-Patienten, die Nierenarterie einer Frau mit Sklerose, die Beinarterien einer Diabetikerin und die Adern im Bein eines übergewichtigen starken Rauchers. Außerdem injiziert Zeitler einem Patienten mit Nierenkrebs eine Flüssigkeit, die Gefäße veröden und somit den Tumor von der Blutversorgung abschneiden soll.

Die Ballon-Dilatation beginnt gewöhnlich in der Leistengegend. Von dort aus

Durch das eine Rohr sieht der Arzt, was er durch das zweite packt



schiebt der behandelnde Arzt zunächst einen dünnen Führungsdraht oder „Guide" durch die Arterien bis zum kranken Gefäß, wobei er das Fortkommen des Guide ständig auf dem Monitor eines Röntgengeräts überwacht. Meist durchstößt schon der Führungsdraht die verengte Stelle. Ist der „Guide" gelegt, wird ein Katheter nachgeschoben. Nun lassen sich Draht und Kunststoff-Schlauch beliebig austauschen – beispielsweise um ein Kontrastmittel in das Gefäß zu spritzen, das Röntgenstrahlen absorbiert und somit die Arterien auf dem Monitor sichtbar macht.

Bläht sich der Ballon, verschwindet das Hemmnis meist in Sekundenschnelle

Das Weiten der verengten Gefäße besorgt ein doppelwandiger Ballon. Vor Ort geschoben, läßt er sich auf einer Länge von einigen Zentimetern zum Beispiel auf genau fünf Millimeter Durchmesser ausdehnen. Dabei preßt der Arzt mit einer Spritze Kontrastmittel durch den Katheter, so daß der sich blähende Ballon auf dem Röntgenmonitor gut sichtbar ist: Zunächst schnürt die Engstelle den Ballon ein, dann jedoch, meist innerhalb von wenigen Sekunden, verschwindet das Hemmnis – die Dehnung war erfolgreich.

Rund 80 Prozent der Verengungen lassen sich auf diese Weise beheben. In anderen Fällen inspizieren die Mediziner Gefäßwände mit optischen Endoskopen oder winzigen Ultraschallsonden und bohren per Laserstrahl verstopfte Adern auf. Oder sie setzen Katheter ein, die mit rotierenden Köpfen oder kleinen Messern die Ablagerungen zertrümmern oder wegraspeln. Und wenn es nötig ist, verpassen sie dem Patienten einen „Stent": ein maschendrahtähnliches Stützkorsett, das sich nach der Dehnung des Gefäßes im kurierten Aderabschnitt entfaltet und dort künftige Engpässe verhindern soll.

Gerade die Ballon-Dilatation verdeutlicht, wie grundlegend sich die Arbeitsweise und -teilung der Mediziner verändert. Während früher die Röntgenärzte verengte Gefäße diagnostizierten und die Chirurgen sie operierten, intervenieren viele Radiologen heute selbst am Krankheitsherd – der „Markt" wird enger. „Interventionelle Radiologie", konstatiert Eberhard Zeitler, „wird immer mehr an Bedeutung gewinnen, sie wird zunehmend Betten brauchen. Die müssen dann zum Teil aus dem Bereich der inneren Medizin kommen und vielleicht auch von der Chirurgie."

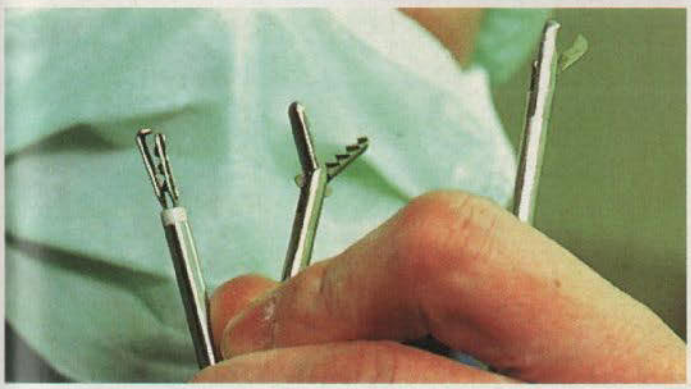
Andererseits haben Internisten und Chirurgen auch Arbeitsbereiche der Radiologen übernommen. Sie schauen mit ihren Endoskopen in Mägen, Därme oder Gallengänge und diagnostizieren, was bislang die Radiologen mit Röntgengerät und Kontrastmittel zu erkennen versuchten. Klassische Chirurgie, innere Medizin, Radiologie und Endoskopie – die Grenzen werden fließend. Das führt, wenn es um Finanzmittel und Personal geht, in manchen Fällen zu Kompetenzstreitigkeiten und Frustrationen. „Die Endoskopie wird insgesamt noch stiefkindlich behandelt", klagt Nib Soehendra, „weil ihre Bedeutung noch nicht allgemein anerkannt ist." Dabei würde heutzutage schon mindestens die Hälfte aller Operationen in der Bauch-Chirurgie durch endoskopische oder andere minimal invasive Verfahren vorgenommen. Und mit einem Blick auf das Provisorium um ihn herum – ein Durcheinander aus Schreibtischen, Computern und technischen Geräten, aus Büchern und Aktenordnern – fügt er hinzu, diese Verfahren hätten „bisher keine entsprechende personelle und instrumentelle Ausstattung erhalten".

Auch die Krankenkassen tun sich bislang schwer mit einer angemessenen Honorierung der neuen Methoden. Zwar sind die Kosten für den Eingriff hoch, aber die Patienten können schon wenige Tage später nach Hause gehen. Da die Krankenhäuser ihre Kosten jedoch vor allem über die Tagessätze decken, bringen schnell genesende Patienten sie zum Teil in rote Zahlen. Immerhin werden einige minimal invasive Eingriffe wie Nierenstein-Zertrümmerungen und Ballon-Dilatationen in Herzgefäßen schon mit Pauschalen honoriert. Ansonsten aber wird, so Kurt Semm, „nicht die ärztliche Leistung bezahlt, sondern das Liegen im Krankenhaus".

Bei der technischen Weiterentwicklung der minimal invasiven Chirurgie zählt das Team um Gerhard Bueß von der Chirurgischen Klinik der Universität Tübingen zur Weltspitze. Diese Chirurgie, sagt Bueß, „ist derzeit gekennzeichnet durch den Verzicht auf das dreidimensionale Sehen, auf das Tastgefühl und auf die Freiheitsgrade der Bewegung bei der Instrumentenführung. Deshalb nenne ich sie die archaische Phase". Er bevorzugt beim Operieren den direkten Blick mit beiden Augen durch ein stereoskopisches Okular, das räumliches Sehen ermöglicht: „Das Bild ist um Klassen besser als das auf dem Video-Schirm."

Der Tübinger Tüftler träumt bereits von einem flexiblen Endoskop mit völlig neuen Möglichkeiten: Bildübertragung nach der neuen, hochauflösenden Fernsehnorm HDTV, Tastsensoren und einem Kopf, der sich wie ein Roboterarm um drei Achsen bewegen läßt. Ein solches Gerät, das auch noch saugen, spülen und schneiden, Blutungen stillen und nähen können sollte, möchte Bueß eines Tages gemeinsam mit Karlsruher Mikrotechnik-Ingenieuren entwickeln (siehe Seite 116).

Schon heute eröffnet die minimal invasive Therapie den Patienten eine einst futuristische Vision: Einige US-Chirurgen versprechen ihren endoskopisch Operierten einen Videofilm des Eingriffs. So können die Genesenen später ihrer Familie einen Schocker ganz neuer Art präsentieren: „Mein Abschied von der Gallenblase". □



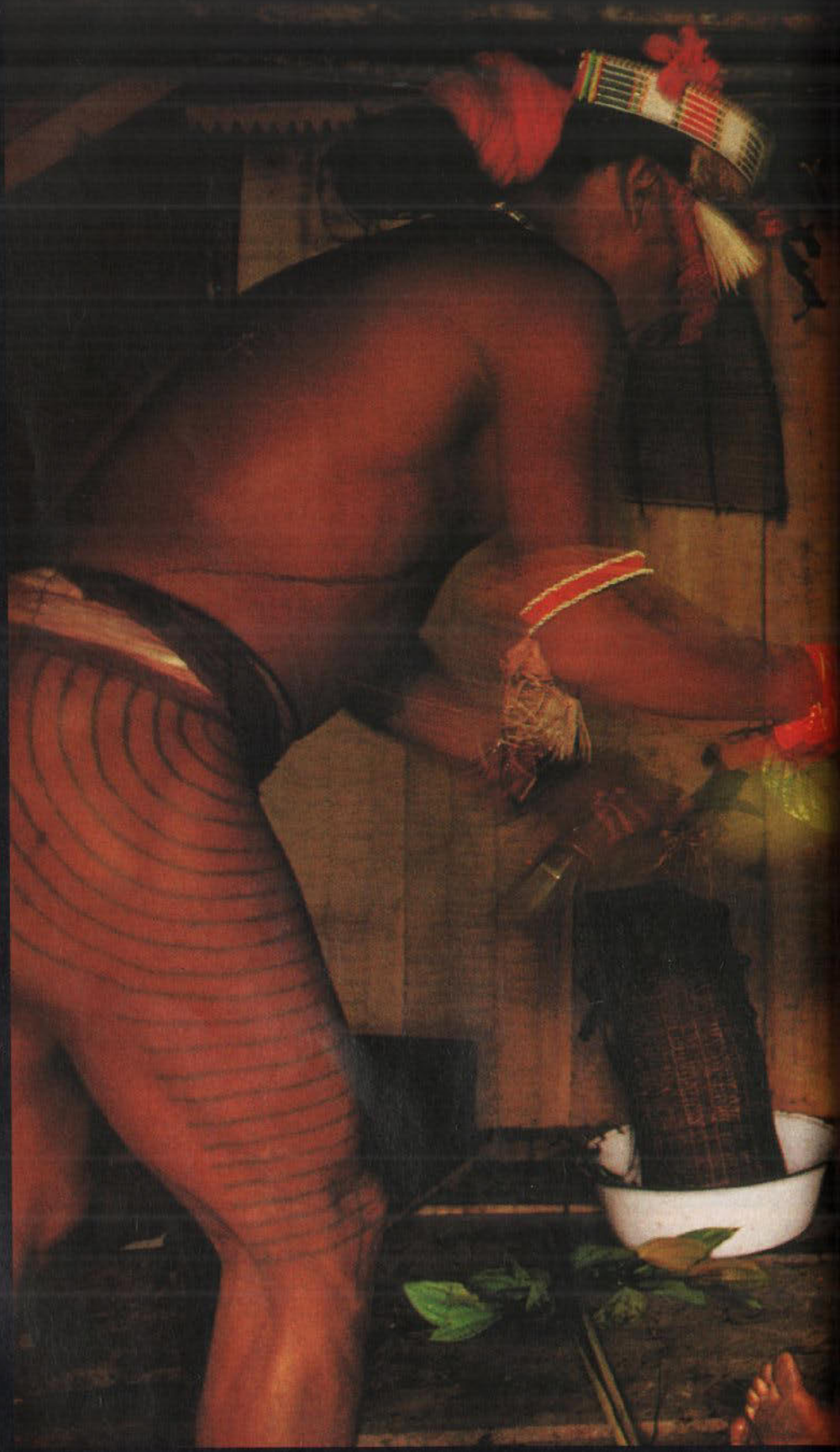
Wenn heutzutage Ärzte und Schwestern im OP nicht auf den Patienten, sondern nach oben starren, hat das einen guten Grund: Dort zeigt ein Monitor Bilder aus dem Körper während des endoskopischen Eingriffs, übermittelt durch ein weiteres Röhrchen. So können die Chirurgen kontrollieren, ob zum Beispiel die Zange den Nierenstein gefaßt hat. Ein vielfältiges miniaturisiertes Instrumentarium ermöglicht die unterschiedlichsten Operationen

Dr. Henning Engeln, 37, ist GEO-Redakteur.

Im Geiste der Natur

VON FRANZ MECHSNER

Wenn Àman Laut-Lau Mánai, Schamane der Mentawai im indonesischen Regenwald, sich seiner Patientin nähert, hat er nicht Bakterien oder Viren im Sinn: Er sieht Geister am Werk, die es zu vertreiben gilt. Obwohl der Schamane, sofern unsere abendländische Wissenschaft recht hat, somit auf der Grundlage einer »falschen Theorie« behandelt, sind die Zeiten vorbei, in denen westliche Ärzte die Heilmethoden der sogenannten Naturvölker als exotische Kuriositäten verachteten: »Ethnomediziner« bewundern heute nicht nur das mitunter immense Wissen »indigener«, also eingeborener Heiler über Pflanzen. Fasziniert erkennen sie, daß auch Tänze und Geisterbeschwörungen, Versöhnungsrituale und magische Zeremonien keineswegs nur fauler Zauber sind, sondern Kranken oft tatsächlich zur Genesung verhelfen – manchmal selbst in Fällen, in denen unsere High-Tech-Medizin machtlos ist: Die Wiederentdeckung der heilenden Kräfte von Geist und Natur, von Zuwendung und Selbstbesinnung stellt den Monopol-Anspruch der naturwissenschaftlich orientierten Medizin in Frage.



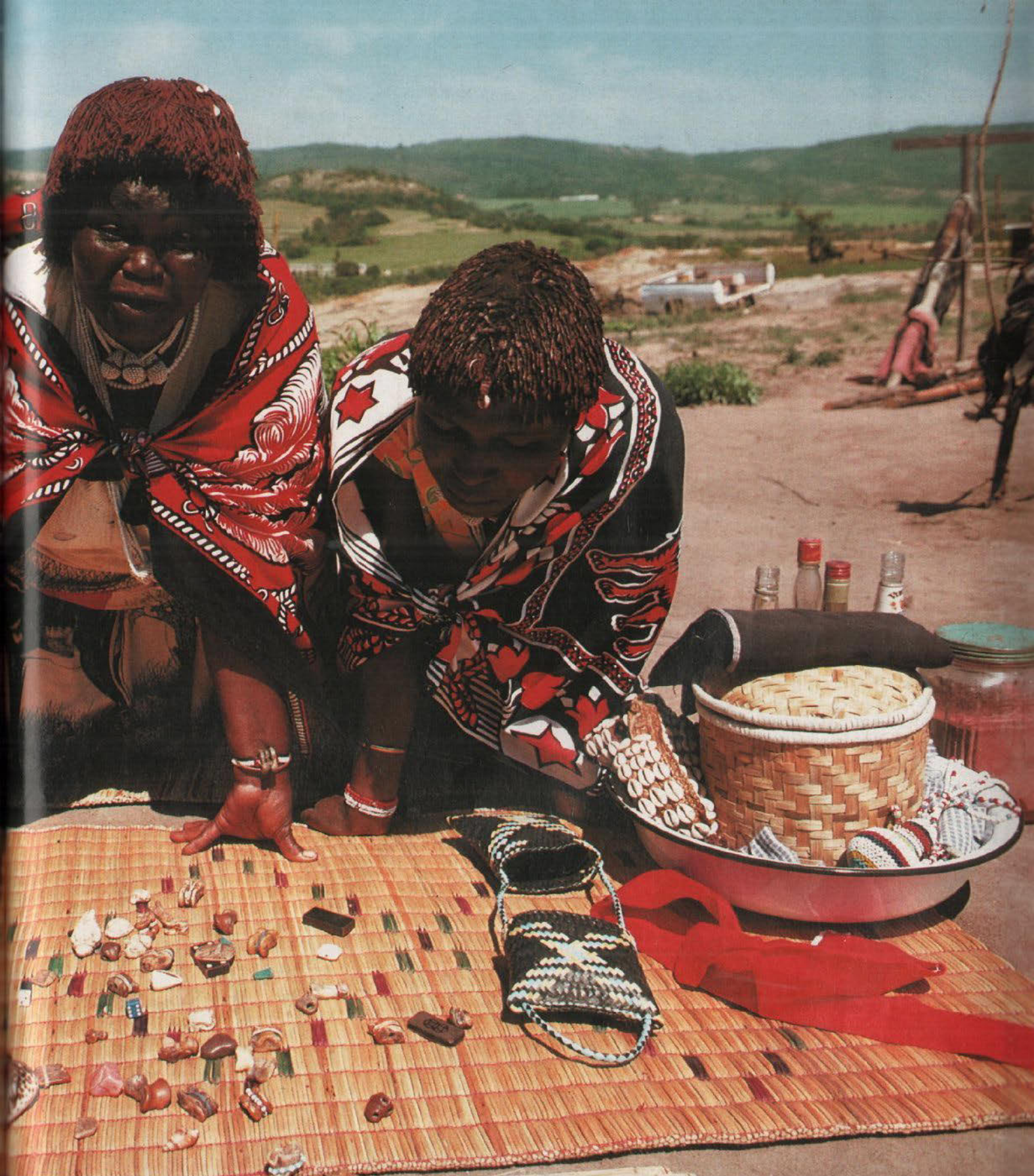
Tanz und Beschwörung statt Pille und Spritze: Mancher

Kranke gesundet allein durch die Kraft des Glaubens

Um die Krankheit eines Patienten zu diagnostizieren, studiert eine »Sangoma« im südlichen Afrika mit zwei Schülerinnen die Lage kleiner Gegenstände, die sie aus einer Tasche über eine Matte geschüttet hat: Aus dem Muster der Muscheln und Würfel, der Knochen, Perlen und polierten Steine liest sie heraus, woran der Kranke leidet und ob er wieder gesund werden kann. Der kleine Speer dient dazu, auf die Objekte zu zeigen: Dinge, welche die »verkehrte« Seite zeigen, gelten als schlimme Vorzeichen – auch des Todes. Schließlich verordnet die Sangoma eine Behandlung – etwa ein spezielles Bad oder das Schlachten einer Ziege. Mit einem Bündel aus Pferdemähnenhaaren vertreibt sie böse Geister.

Ohne Magie kommen geschickte zentralafrikanische Heiler aus, wenn es gilt, klaffende Verletzungen zu schließen: Sie drücken die Wundränder zusammen, lassen Ameisen sich darin festbeißen und knipsen dann deren Leiber bis auf den Kopf ab, der noch einige Tage als natürliche Klammer im Fleisch steckenbleibt.

Ob Knochen, Muscheln oder Ameisen: Was



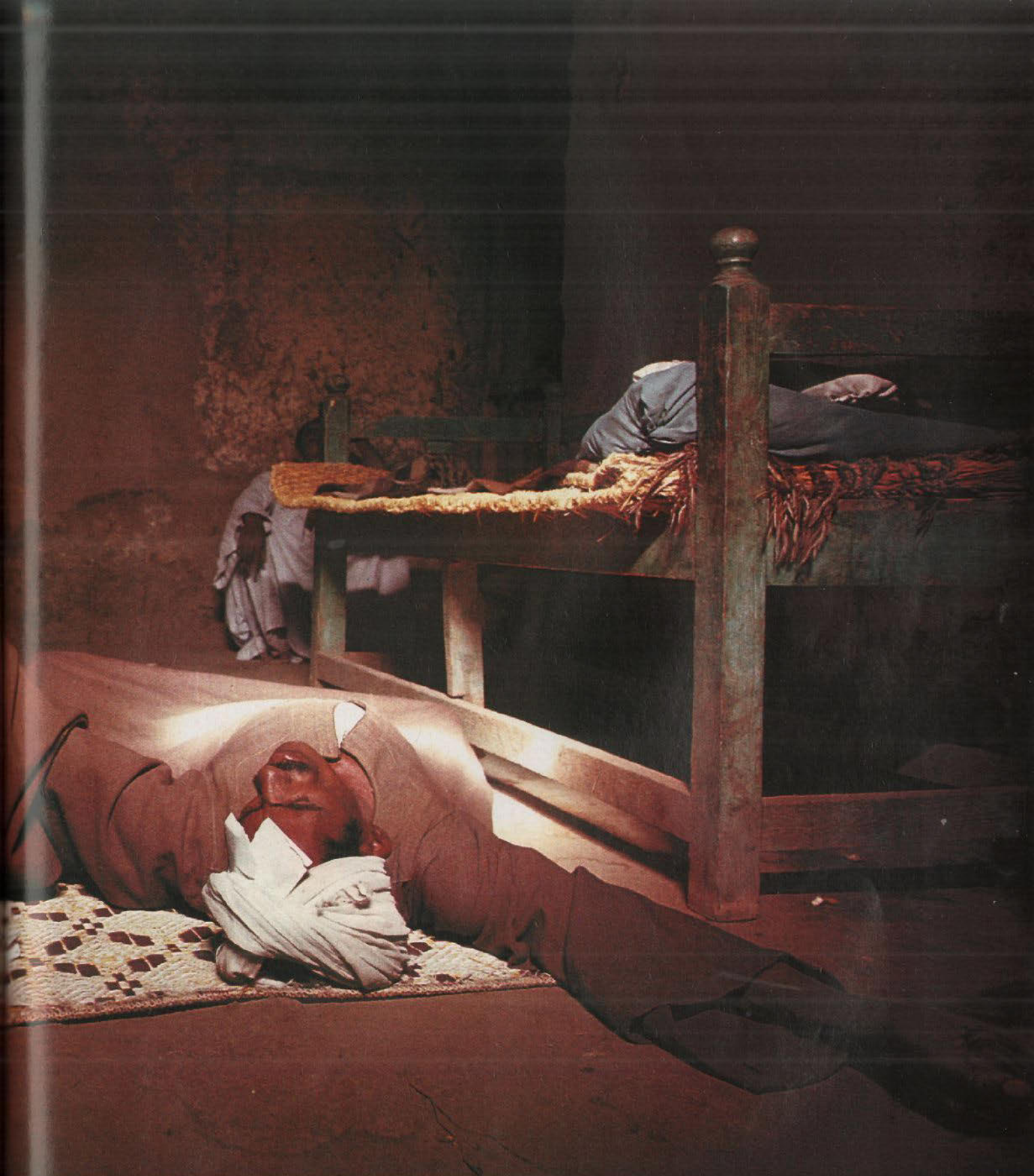
hilft, das wissen nur die Heiler – und die Götter

Auf die Wirkung seiner Persönlichkeit setzt der ägyptische Wunderheiler, der in seiner Bleibe in der Nähe der Tempelanlage von Karnak einen Epileptiker behandelt. Er hält die Hand des Patienten, der durch seine Berührung wie hypnotisiert zu Boden gefallen ist, und murmelt Sprüche – vielleicht eine Viertelstunde lang. Am Ende der Sitzung weckt er den Kranken durch ein paar Tropfen Wasser aus dem bereitstehenden Topf wieder auf.

Fürsorge ist eine besonders heilkräftige Arznei – eine alte Weisheit, die in der traditionellen Medizin vieler Völker nie in Vergessenheit geraten ist.

Der junge Mann, der in einer Ayurveda-Klinik in Bombay täglich eine Stunde lang mit reisgefüllten, in heiße Kräutermilch getauchten Beuteln massiert wird, spürt nicht nur das mechanische Reiben der Beutel, sondern auch die geduldige Zuwendung seines Helfers: Dessen menschliche Nähe aktiviert vielleicht seine Selbstheilungskräfte gegen den Muskelschwund infolge einer Kinderlähmung. Jedenfalls ist die Ayurveda-Massage gegen diese Polio-Folge erstaunlich wirksam.

Helfende Hände und beschwörende Worte:



Zuwendung und Berührung können Wunder wirken

Der Höhepunkt einer Voodoo-Zeremonie naht, wenn der haitianische »Priester« das flügelschlagende Huhn ganz in die Nähe des jungen Mannes hält, der von seiner krankhaften Streitlust befreit werden soll: Böse Geister, die den Heilungsuchenden in ihrer Gewalt haben und für dessen Zanksucht verantwortlich gemacht werden, weichen der Macht des Rituals – symbolisiert etwa durch das Schwert. Sie fahren, so erklärt der Priester, aus ihrem menschlichen Opfer heraus in das Huhn, ihre letzte Zuflucht. Auch diese ist nicht von Dauer: Wird das Huhn um Mitternacht getötet, sterben die bösen Geister – hoffentlich – mit ihm.

Auf ihre Weise nicht weniger ekstatisch verlaufen die »Glaubensheilungen« des amerikanischen Father DiOrio, der sich als »Instrument der Heilkraft Gottes« versteht. Wen er während solch einer Versammlung an der Stirn berührt, der geht zu Boden wie Saulus vor Damaskus – und stürzt dennoch sanft: Rotjackige »Catcher« stehen bereit, die reihenweise in Verzückung Fallenden aufzufangen.

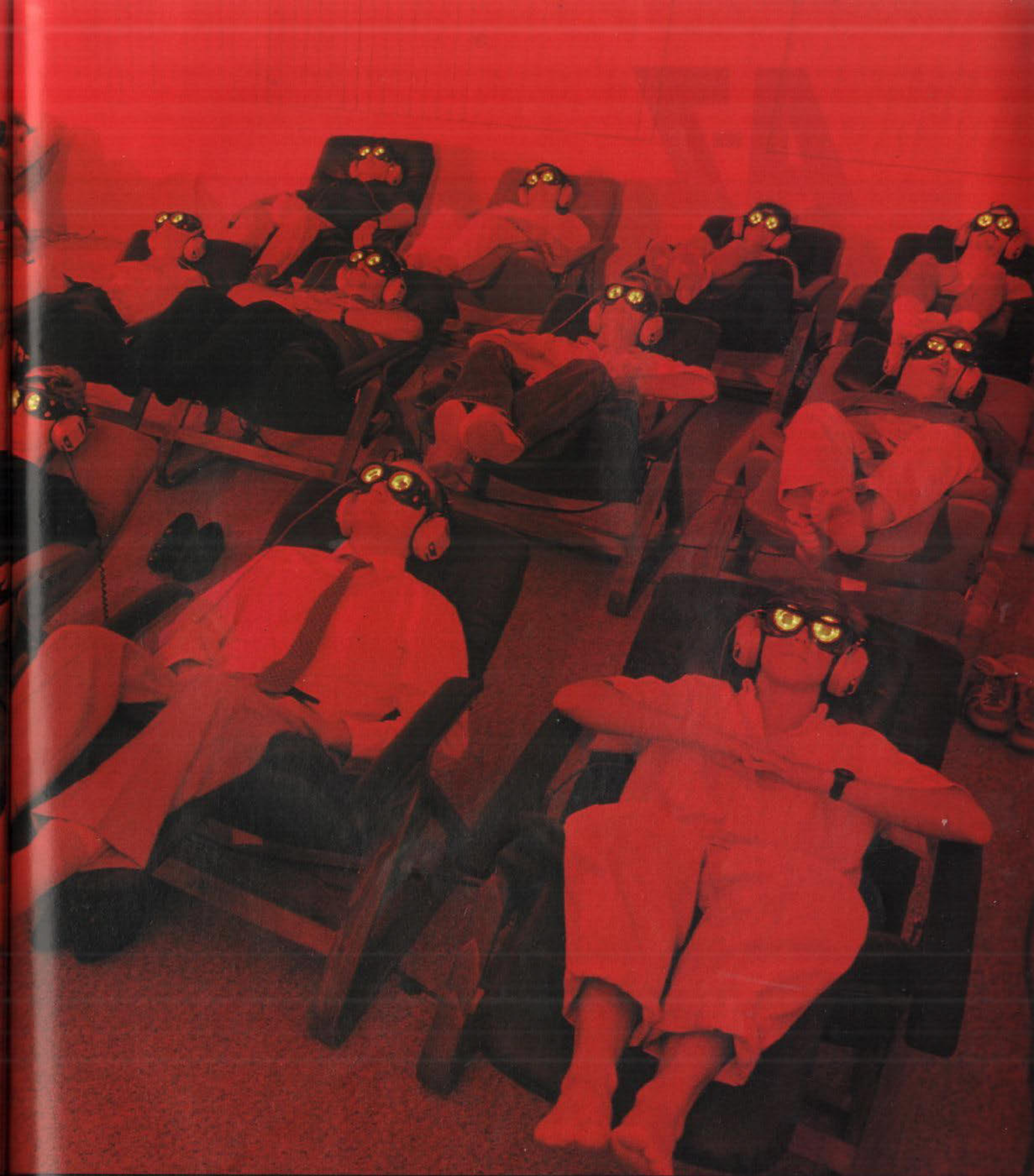
Ekstase, Trance und ritueller Rausch: Hoff

nung auf Genesung durch religiöse Verzückung

Augen zu, »Hirnwellen-Synchro-Energizer«-Brille und -Kopfhörer aufgesetzt – und auf geht's zum entspannenden »Geistesflug« im Stress-Behandlungszentrum »Mindworld« in Miami. Lichtblitze durch die geschlossenen Lider und Schmeichelmusik bringen die irrlichternden Gedanken zur Ruhe und erzeugen einen »perfekten Zustand der Meditation« – sagt jedenfalls der Leiter des Zentrums, der Psychologe Juan Abascal. Mehr und mehr »Patienten« schenken ihm Glauben: Das 20 Dollar pro Stunde teure »Geistesfliegen« gilt als letzter Schrei unter Amerikas Stress-Therapien.

Nicht nach Synchro-Hirnflügen, sondern nach tröstender menschlicher Nähe sehnen sich dagegen Aids-Kranke, die sich auf einer großen Demonstration in Washington umarmen. »Indem wir uns berühren«, hofft Judy Jacobs im Zentrum der Gruppe, eine der führenden Aktivistinnen der amerikanischen Aids-Szene, »können wir uns gegenseitig heilen.«

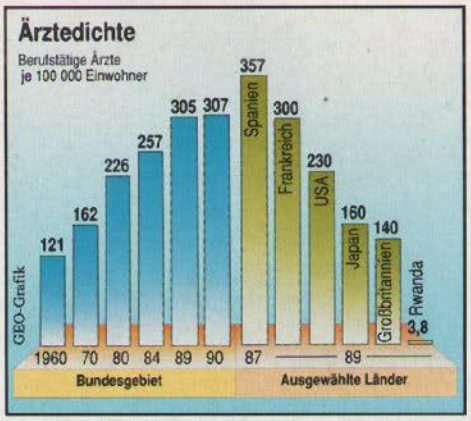
Geistesflug und stille Umarmung: Die Sehn



sucht nach Erlösung führt auf viele Wege

A-Z

Kursiv gedruckte Wörter sind Querverweise auf andere Stichwörter des Glossars



Obwohl Angaben über die »Ärztedichte« aufgrund unterschiedlicher Erfassungsmethoden nur bedingt vergleichbar sind: Der Unterschied zwischen Industriestaaten und einem Land der Dritten Welt ist dramatisch

Aderlaß

Seit Jahrtausenden wird Menschen zu Heilzwecken Blut abgezapft. Früher wurden meist Armvenen, manchmal auch Arterien geöffnet oder Blutegel und Schröpfköpfe auf Körperstellen gesetzt, in denen Krankheitsherde vermutet wurden. Bis ins 19. Jahrhundert unterstellten auch Ärzte in Europa, die Ursache von Leiden seien unreine „Säfte", die mit dem Blut ausgeschieden werden könnten.
In der modernen Medizin ist die durchblutungsfördernde und den Kreislauf entlastende Wirkung des Aderlasses bekannt – ebenso der Nutzen von Blutegeln: Sie sondern beim Saugen die Substanz Hirudin ab, die der Blutgerinnung entgegenwirkt. Dies wird jetzt durch Medikamente erreicht. Auf das Schröpfen besinnen sich in jüngster Zeit vor allem „alternative" Kliniken.

Anamnese

Um eine Diagnose stellen zu können, müssen Mediziner die Krankengeschichte ihrer Patienten kennenlernen. Sie fragen nach dem Grund des Praxis- oder Klinikbesuchs, nach früheren Erkrankungen und Untersuchungen, oft auch nach Problemen in der Familie oder am Arbeitsplatz – nach psychosozialen Belastungen, Stress und Frust. Um nicht schon bei der Anamnese ein Symptom zu übersehen, stellt der Arzt in der Regel elf Standardfragen, darunter die nach Appetit und Durstgefühl, Schlafverhalten und Stuhlgang, Alkohol- und Zigarettenkonsum. Aber auch „Familienkrankheiten", die erblich bedingt sein können wie Asthma oder Allergien, interessieren den Therapeuten. Eine Anamnese kann zwischen wenigen Minuten und anderthalb Stunden dauern und später noch ergänzt werden.
Im Krankenhaus nutzt jede Fachrichtung einen vorgedruckten Anamnesebogen.

Aufklärungspflicht

Ärzte haben die gesetzliche Pflicht, ihre Patienten auf verständliche Weise über Art, Zweck und mögliche Folgen eines medizinischen Eingriffs aufzuklären, damit sie Nutzen und Gefahren der Behandlung abschätzen können. Rechtlich gesehen ist jeder Eingriff eine Körperverletzung, ein Verstoß gegen die in Artikel 2 des Grundgesetzes garantierte körperliche Unversehrtheit. Operationen, aber auch diagnostische Maßnahmen wie Röntgenaufnahmen oder Vorsorgeuntersuchungen, bedürfen deshalb der Einwilligung des Patienten oder bei Unmündigen des gesetzlichen Vertreters.
Ohne vorherige Aufklärung ist die Zustimmung rechtlich unwirksam, und der Arzt macht sich strafbar. Ärzte sind von der Informationspflicht entbunden, wenn eine Verständigung mit dem – etwa bewußtlosen – Patienten nicht möglich ist oder wenn er durch die Information geschädigt werden könnte, so vor allem bei unheilbaren und bestimmten psychiatrischen Krankheiten.

Autoklav

Spritzen oder *Skalpelle*, mit denen Patienten in Berührung kommen, aber auch OP-Wäsche oder Verbandstoffe und selbst Arzneimittel müssen keimfrei sein. In Autoklaven, die nach dem simplen Prinzip eines Dampfkochtopfs arbeiten, werden temperaturbeständige Materialien wie Metall, Glas, Stoff oder bestimmte Flüssigkeiten mit heißem Dampf auf über 100 Grad Celsius erhitzt. Nach etwa 20 Minuten sind Pilze und Sporen, Bakterien und Viren in der feuchten Hitze des Autoklaven abgestorben. Kunststoffgegenstände, die sich bei hohen Temperaturen verformen, werden mit Chemikalien oder energiereicher Strahlung sterilisiert.

Beatmung

Die künstliche Beatmung mit oder ohne Maschine ist die wichtigste Maßnahme, um Menschen wiederzubeleben oder während einer *Narkose* mit Sauerstoff zu versorgen. Entscheidend ist, daß die Lungenbläschen ausreichend belüftet werden, damit genügend Sauerstoff ins und genügend Kohlendioxid aus dem Blut gelangt.
Bei der Mund-zu-Mund- oder Mund-zu-Nase-Beatmung bläst ein Helfer seine Atemluft in die Lunge des Verunglückten. Polizei-, Feuerwehr- und Notarztwagen verfügen über Sauerstoffmasken, die über Mund und Nase gestülpt werden können. Im Krankenhaus führen Ärzte meist einen Kunststoffschlauch – einen Tubus – in den Schlund des Patienten ein. Das Einblasen des Atemgases übernimmt eine Pumpe.
Bei modernen Beatmungsgeräten lassen sich Druck, Sauerstoffgehalt des Atemgases, Atemtiefe oder Frequenz an die jeweiligen Bedürfnisse anpassen. Bei einer Vollnarkose muß „vollkommen kontrolliert" beat-

Training der Mund-zu-Mund-Beatmung an Spezialpuppen

BIOSENSOREN

Auf Spurensuche mit sensiblen Fahndern

Das Ritual ist kurz und schmerzhaft, aber für Marathonläufer unabdingbar, wenn sie optimal trainieren wollen: Ein Betreuer sticht Ohrläppchen oder Fingerkuppe an, quetscht etwas Blut heraus und tropft den roten Saft auf ein kleines Analysegerät. In dessen Inneren mißt ein Biosensor den Lactatwert des Athleten. Besonders viel Milchsäure entsteht, wenn der Sportler seine Energiereserven angreift, die er eigentlich erst im Wettkampf mobilisieren soll. Doch da die Digitalanzeige nach 30 Sekunden einen niedrigen Wert zeigt, sagt der Trainer: „Los, Junge, ein paar Runden kannst du noch."

Das Herz des Analysegeräts von der Größe eines Taschenrechners ist ein Biosensor, der eine biochemische Reaktion in ein elektrisches Meßsignal verwandelt: Ein Tropfen Enzymlösung, eingeschlossen in ein Säckchen aus hauchdünnen Zellulose-Membranen, ist auf einer Platinelektrode von vier Quadratzentimetern fixiert. Wenn Blut auf den Sensor getropft wird, können die Lactat-Moleküle durch die Membran schlüpfen. Dort werden sie von einer Millionenschar von Molekülen des Enzyms Lactatoxidase zerlegt, das spezifisch nur Milchsäure umwandelt. Nach mehreren Zwischenschritten löst die Reaktion einen Stromfluß durch die Elektrode aus, der um so stärker ist, je mehr Lactat das Blut enthält.

Die tragbare Trainingshilfe, die demnächst in den Handel kommen soll, ist ein seltenes Beispiel für den Innovationstransfer von Ost nach West: Der Biosensor wurde von der Arbeitsgruppe um Frieder Scheller im Zentralinstitut für Molekularbiologie in Berlin-Buch entworfen, das einst zur inzwischen „abgewickelten" Akademie der Wissenschaften der DDR gehörte. Die Ost-Berliner Forscher haben auch ein Analysegerät entwickelt, dessen Biosensor ausschließlich auf Glucose anspricht. Die Vorteile solch spezifischer Meßtechnik sind offenkundig:

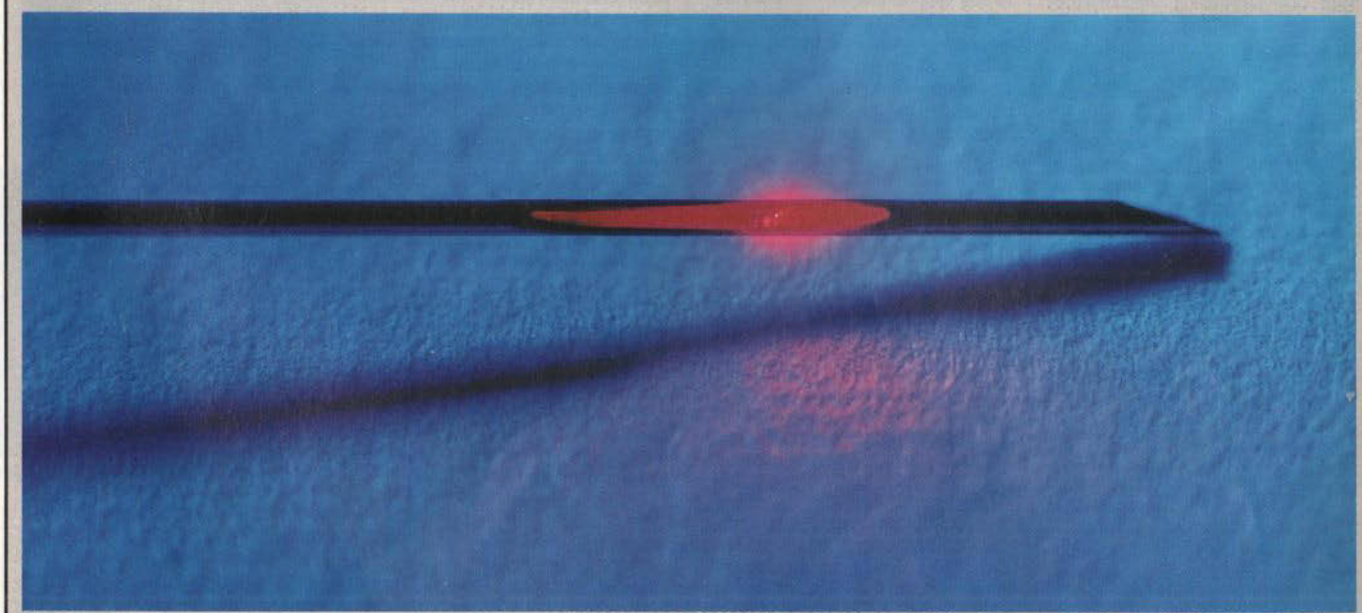
- Der Arzt hat die Ergebnisse schneller auf dem Tisch;
- die Messung ist narrensicher und kommt ohne Reagenzien aus, die bei herkömmlichen Analyseverfahren nötig sind;
- mobile Geräte entlasten die Zentrallabors der Kliniken, die sich dadurch um kompliziertere Fällen kümmern können.

Frühestens nach zehn Tagen oder 2000 Messungen muß die Enzymlösung samt Membransäckchen ausgewechselt werden. Die beiden schützenden Zelluloseschichten gewährleisten diese lange Lebensdauer, begrenzen jedoch zugleich die Einsatzmöglichkeiten: Zwar können kleine Moleküle wie Lactat oder Glucose durch sie hindurchschlüpfen, aber ins Innere gelangen weder Tumorzellen noch Aids-Viren. Für Mediziner und Patienten wäre es höchst interessant, wenn Biosensoren auch solche schweren und komplex geformten Gebilde mit hoher Trennschärfe nachweisen könnten.

Ansatzpunkt für eine Entwicklung von Krebs-Sensoren ist die Fähigkeit unseres Körpers, Abwehrstoffe gegen Eindringlinge und Fremdkörper zu bilden. Wie Schlüssel und Schloß verbinden sich diese Antikörper ausschließlich mit ihrem „Feind". Doch weil sie vorwiegend aus Proteinen bestehen, zerfallen sie außerhalb ihrer natürlichen Umgebung schnell. Deswegen suchen die Forscher nach geeigneten künstlichen Membranen oder versuchen, komplette Zellverbände samt Antikörpern auf den Elektroden zu verankern. In beiden Fällen könnten die Sensoren ihre Fühler für längere Zeit ausstrecken; allerdings funktionieren sie bisher in der Regel nur unter aufwendigen Laborbedingungen.

Deswegen bleibt die Entwicklung schneller Aids- oder Krebs-Sensoren, mit denen jeder praktische Arzt die Diagnose stellen könnte, wohl vorerst ein hehres Forscherziel.

Lutz Reidt



Diese Nadel, mit einem lichtempfindlichen Biosensor bestückt, dient dem Blutzucker-Nachweis. Mit Hilfe von Laserstrahlen mißt der Sensor die Zuckerkonzentration und leitet das Ergebnis an einen Detektor weiter

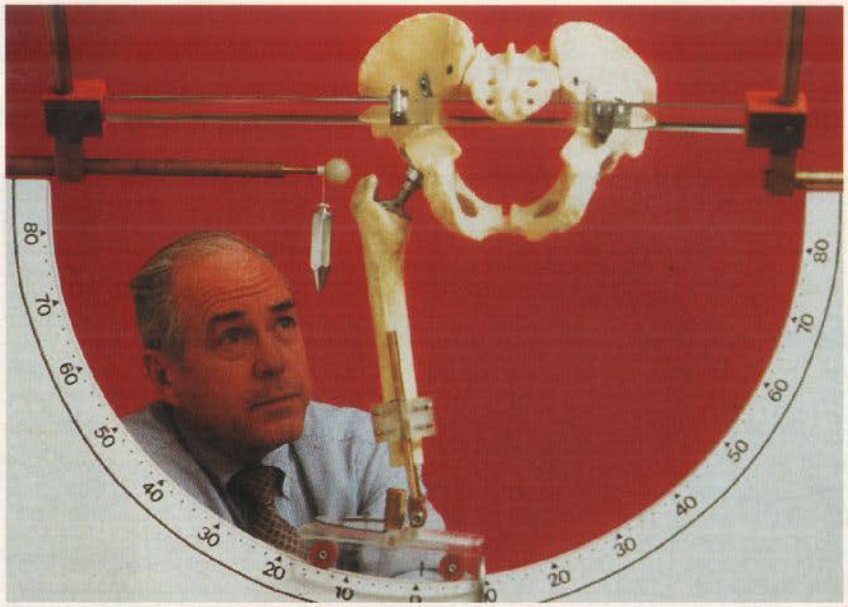
met werden, da durch Medikamente der Atemantrieb des Narkotisierten ausgeschaltet oder die Atemmuskulatur gelähmt ist. Bei Patienten, die zwar selbst, aber nicht ausreichend atmen können, werden die Luftzüge mit einer „assistierten" Beatmung unterstützt.
Beim natürlichen Einatmen wird im Brustkorb ein Unterdruck erzeugt, durch den die Luft in die Lungen gesogen wird. Beatmungsgeräte pressen mit Sauerstoff angereicherte Luft unter Überdruck in die Lungen, was das Herz-Kreislauf-System stark belastet und auch Nieren oder Gehirn mitunter schädigt. Patienten, die sehr lange beatmet worden sind, müssen von der Maschine regelrecht entwöhnt werden und üben, wieder selbständig Luft zu holen.

Bio-Ingenieur

Seit Anfang der siebziger Jahre arbeiten in einigen deutschen Krankenhäusern „Bio-" oder „Biomedizintechnik-Ingenieure". Ihre Aufgabe ist es, die Sicherheit und Qualität medizinischer Geräte zu gewährleisten. Sie tragen die Verantwortung für alle Maschinen, etwa für Überwachungsmonitore auf Intensivstationen oder Computer-Netzwerke. Sie schulen Schwestern, Pfleger und Ärzte darin, Apparate richtig zu bedienen, und beraten bei Neuanschaffungen.
Als förderlich für ihre Zunft erwies sich eine Studie des Gewerbeaufsichtamtes Nordrhein-Westfalen, die Mitte der siebziger Jahre vor Unfällen mit medizinischer High-Tech warnte. Daraufhin erprobten elf deutsche Krankenhäuser Servicestellen mit Technikexperten. Als 1986 die „Medizingeräteverordnung" in Kraft trat, die eine Sicherheitsüberprüfung zwingend vorschrieb, stellten viele Hospitäler Bio-Ingenieure ein. In den USA allerdings gibt es „clinical engineers" schon seit langer Zeit in allen Krankenhäusern.

Biomechanik

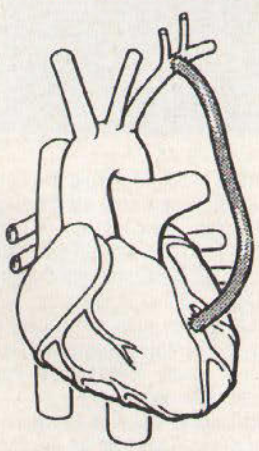
Mediziner, Physiker, Biologen und Ingenieure, deren Ziel die Verbesserung künstlicher Körperteile ist, gehen gemeinsam der Frage nach, welche Kräfte im Körper wirken. Biologische Systeme wie der menschliche Stütz- und Bewegungsapparat oder das Herz-Kreislauf-System unterliegen einer starken mechanischen Beanspruchung: Ein Hüftgelenk etwa wird im Jahr ein- bis zweimillionenmal be- und entlastet, eine Herzklappe rund 35millionenmal geöffnet und geschlossen. Dieser Belastung müssen auch künstliche Körperteile standhalten. In Deutschland sind zwei Lehrstühle für Biomechanik – als Bindeglied zwischen Medizin und Technik – eingerichtet worden: In Hamburg-Harburg und Ulm befassen sich Wissenschaftler vor allem mit Knochen- und Gelenkchirurgie.



Wieviel hält die menschliche Hüfte aus? Biomechaniker beantworten solche Fragen, um künstliche Ersatzteile so »standfest« wie möglich zu gestalten. Eine Hüfte wird beim Gehen mit dem Dreifachen des Körpergewichts belastet

Bypass

Das Herz wird von einem Gefäßkranz umschlossen, der den Pumpmuskel mit Sauerstoff versorgt. Ist eine der Kranzarterien blockiert, erhält der von ihr versorgte Muskelbereich nicht mehr genügend Sauerstoff – es droht ein Herzinfarkt. In solchen Fällen können Chirurgen einen Bypass (engl.: Umgehung) legen. Sie entnehmen ein kleines Stück aus der Beinvene oder – neuerdings häufiger – aus einer Brustwand-Arterie und überbrücken damit die blockierte Stelle. Das Ersatzstück wird mit einem Kranzgefäß so vernäht, daß der Blutstrom den verstopften Teil der Arterie umgeht und das notleidende Gewebe wieder versorgt.
Nach einer US-Langzeitstudie an 686 Patienten haben Bypass-Operationen die Zahl der Herzinfarkte zwar nicht gesenkt, doch die Chance der Betroffenen erhöht, die Attacke zu überleben. Im Laufe von zehn Jahren verschließen sich die verpflanzten Venen bei der Hälfte der Patienten wieder, transplantierte Arterien gelten dagegen als weniger anfällig.
Inzwischen öffnen Ärzte verengte Herzkranzgefäße auch ohne Bypass-Operation: Sie dehnen diese mit einem eingeführten kleinen aufblasbaren Ballon (Ballon-Dilatation), stützen die Adern bei Bedarf mit einem winzigen Gerüst („Stent"), verdampfen den Pfropf mit Laserlicht oder fräsen ihn mit einem Diamantbohrer weg.



Umleitung am Herzen: Ist eine Ader verstopft, legen Chirurgen mit einem Ersatzgefäß einen Bypass

Dialyse

Wenn die Nieren ihren Dienst versagen, muß das Blut mit Hilfe der Dialyse „entgiftet" und entwässert werden. Auf dieses Verfahren sind in Deutschland etwa 30 000 Menschen angewiesen, weltweit, so schätzen Experten, sind es mindestens 400 000. Gesunde Nieren filtern Wasser, Stoffwechsel-Endprodukte und Gifte aus dem Blutstrom. Gleichzeitig sorgen sie dafür, daß dem Körper wichtige Stoffe wie Mineralien, Hormone und Eiweißbestandteile erhalten bleiben. Wasser und Giftstoffe werden über den Urin ausgeschieden: bei gesunden Erwachsenen täglich etwa anderthalb Liter, bei Nierenkranken im Endstadium kein Tropfen mehr.
Seit der Niederländer Willem Kolff 1943 aus einer Art Waschtrommel und vielen Filtern das erste Dialysegerät bastelte, haben Techniker verschiedene Verfahren entwickelt, das Blut zu reinigen. Das älteste und am häufigsten angewandte ist die Hämodialyse. Bei ihr wird das Blut des Kranken drei- bis viermal wöchentlich jeweils für rund vier Stunden aus dem Körper durch die Dialysemaschine gepumpt.
Diese funktioniert nach dem Gegenstromprinzip: In ihrem Herzstück, einem schmalen Kunststoffzylinder, hängt ein Bündel von etwa 10 000 feinen Hohlfasern, durch die das Blut strömt, während außerhalb der Kapillaren die Spülflüssigkeit – das Dialysat – in Gegenrichtung fließt. Durch die Cellophan- oder Cuprophan-Haut der Fasern treten

Dialysepatientin während der Blutwäsche

die „harnpflichtigen Substanzen" in das Dialysat über. Die Poren der Membran sind gerade so groß, daß Giftstoffe, etwa Harnsäure, passieren können, während die voluminöseren Blutkörperchen sowie Eiweiße und Hormone zurückgehalten werden. Das aus dem Körper der Nierenkranken auszuscheidende Wasser – alle zwei Tage etwa drei Liter – passiert die künstliche Grenzschicht wegen des Druckunterschieds zwischen Blut und Dialysat. Bei der vierstündigen Prozedur strömt die gesamte Blutmenge des Körpers – bei einem erwachsenen Mann etwa fünf Liter – sechsmal durch die Maschine.

Ein alternatives Dialyseverfahren, die Hämofiltration, kommt vor allem bei akutem Nierenversagen auf der Intensivstation zum Einsatz. Eine weitere Methode, die Peritoneal-Dialyse, empfehlen Mediziner in Deutschland noch selten, obwohl Patienten diese schonende Blutwäsche durch das Bauchfell (Peritoneum) in eigener Regie zu Hause oder sogar am Arbeitsplatz erledigen können.

Dabei füllt der Nierenkranke durch einen Dauerkatheter zwei Liter angewärmtes Dialysat in seine Bauchhöhle. Das gut durchblutete Bauchfell dient als Membran, wodurch die Schlakkenstoffe aus dem Blut in die Spülflüssigkeit übertreten können. Das Dialysat bleibt vier bis acht Stunden im Bauchraum, dann wird es ausgetauscht. Als Folge dieser Methode kann durch die Dauerbelastung eine Bauchfellentzündung auftreten.

Auch wenn Blutreinigungsverfahren Patienten mit Nierenversagen vor dem frühen Tod bewahren, haben sie doch gravierende Nebenwirkungen. Am häufigsten sind Knochen- und Gelenkschmerzen, unter denen Dialyse-Patienten ähnlich stark wie Rheuma-Kranke leiden können. Die Gefahr eines Herzinfarkts oder Schlaganfalls steigt bei den Nierenkranken durch Bluthochdruck und einen gestörten Fettstoffwechsel stark an.

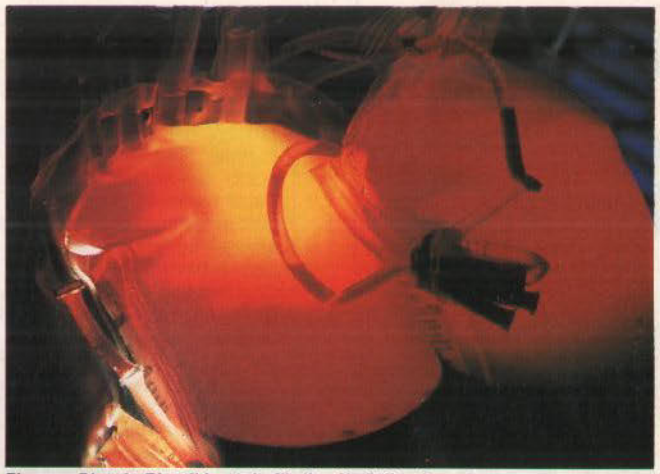
So liegt die Lebenserwartung eines 25jährigen Dialysepatienten um ungefähr 15 Jahre unter der eines Gesunden. Deshalb gilt die Dialyse vor allem bei jungen Menschen nicht als Dauerlösung, sondern als Überbrükkungshilfe, die das Überleben bis zu einer Nieren-*Transplantation* ermöglichen soll. Da Spenderorgane allerdings rar sind, verzweifeln viele der Kranken während des Wartens: Die Selbstmordrate unter Dialyse-Patienten ist deutlich höher als die unter der Gesamtbevölkerung.

Dosiersysteme

Eine optimale Therapie hängt vielfach davon ab, daß dem Körper eine genau dosierbare Medikamentenmenge zugeführt wird. Für diesen Zweck werden technische Dosiersysteme entwikkelt. So kann eine elektronisch gesteuerte Infusionspumpe die intravenöse Zufuhr größerer Mengen Flüssigkeit, zum Beispiel Wasser sowie fett-, eiweiß- oder glucosehaltige Lösungen, kontrollieren.

Mit Hilfe computergesteuerter Spritzenpumpen werden vor allem auf Intensivstationen winzige Mengen hochwirksamer Medikamente wie beispielsweise das Hormon Adrenalin verabreicht. Ähnlich funktionieren Insulin-Pumpen, die einige Diabetiker ständig am Körper tragen. Das Gerät von der Größe einer Zigarettenschachtel spritzt je nach Bedarf exakt vermessene Insulinmengen über einen dünnen Schlauch in das Unterhautgewebe.

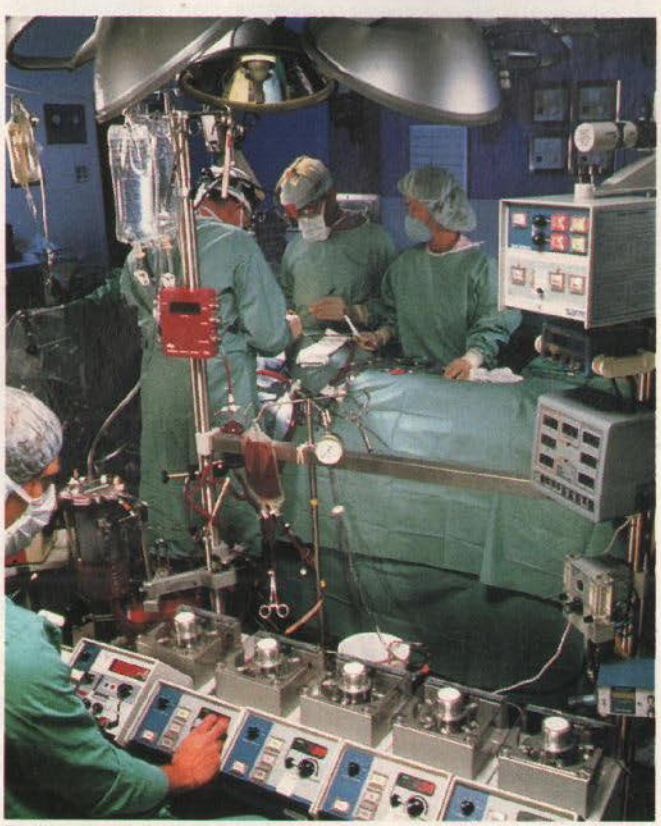
Zukunftsvision ist die „elektronische Pille". Diese „intelligente", von einem Mikrochip gesteuerte Medikamentenkapsel soll über einen *Biosensor* den Gehalt eines bestimmten Wirkstoffs im Blut oder Speichel messen und – falls erforderlich – die jeweils nötige Medikamentenmenge freigeben.



Eigenes Blut, in Plastikbeuteln für den Notfall gelagert

Eigenblutspende

Vor geplanten Operationen mit vermutlich hohem Blutverlust – etwa bei Eingriffen am Herzen – können sich Patienten, wenn keine anderen Krankheiten dagegen sprechen, ihr eigenes Blut entnehmen lassen. Es wird in einer Blutbank gelagert und bei Bedarf wieder verabreicht. Viele Mediziner empfehlen dieses schon 1818 beschriebene Verfahren, seit die Gefahr besteht, sich über Blutkonserven mit dem Aids-Virus zu infizieren. Sportler benutzen ihr eigenes Blut bisweilen als Doping-Mittel: Sie lassen es sich abzapfen und vor Wettkämpfen mit Sauerstoff angereichert wieder infundieren.



Dosiersysteme sind während größerer Operationen unverzichtbar

Eiserne Lunge

Die erste „eiserne Lunge", die der amerikanische Ingenieur Philip Drinker 1929 als Beatmungsgerät für Patienten mit Kinderlähmung entwickelte, bestand aus einer Metallkammer, die den Körper des Kranken bis zum Hals einschloß. Sie übertrug abwechselnd Unter- oder Überdruck auf die gelähmte Lunge des Patienten und erzeugte dadurch künstliche Atemzüge.

Nach Deutschland kamen eiserne Lungen erst mit englischen und amerikanischen Besatzungstruppen nach dem Zweiten Weltkrieg, als in Europa eine Polio-Epidemie grassierte. Seit der erfolgreichen Entwicklung von Impfstoffen in den fünfziger Jahren und der – in der Bundesrepublik seit 1962 – staatlich organisierten Schluckimpfung ist Kinderlähmung selten geworden. Und die eiserne Lunge ist inzwischen durch andere Techniken der künstlichen *Beatmung* ersetzt worden.

Endoskopie

Verfahren, bei dem Ärzte mit einem oder mehreren dünnen Röhrchen, die auch flexibel sein können, das Innere des Körpers inspizieren oder operieren. Endoskope sind wichtige Werkzeuge der „neuen Chirurgie" (siehe Seite 166).

Fieberthermometer

Einst bemühten sich Ärzte, Fieber mit Handauflegen zu erfühlen. Die erste objektive Bestimmung der Körpertemperatur versuchte der italienische Arzt und

Schuppenflechte

am Kopf

UV-Lichtkamm kann helfen

Führen Sie zu Hause eine Lichttherapie durch. Sie haben ein garantiertes Rückgaberecht von 30 Tagen (geringe Bearbeitungsgebühren im Rückgabefall)

Fordern Sie sofort Gratisprospekt an bei

METEC Medizin-Techn. Ges. mbH
Buttermelcherstraße 15-16
D-8000 München 5
Tel. 089/22 72 71-72, Fax 22 60 30

Phantastische Reise

Warum werden wir krank? Warum altern wir? Die Wissenschaft ist zu überraschenden Erkenntnissen gekommen. Dieses Buch ist eine fesselnde und verständliche Reise durch den Kosmos in uns.
GEO und NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY
Der Mensch
384 Seiten mit ca. 400 farbigen Abbildungen.
Format 20,5 x 28 cm, gebunden, DM 118,–

In jeder guten Buchhandlung erhältlich

Naturforscher Santorio Santorio Anfang des 17. Jahrhunderts: Er benutzte ein offenes Luftthermometer, ein „Thermoskop", das Galileo Galilei bereits 1592 erfunden hatte. Seine Patienten mußten eine Glaskugel mit der Hand umgreifen oder in den Mund nehmen, wodurch sich die Luft erwärmte, die den Wasserspiegel in einer angeschlossenen Röhre herabdrückte. Das Thermoskop besaß noch keine Skala und war nicht sonderlich präzise.
Der bis heute gebräuchliche Fiebermesser, zunächst mit Weingeist-, dann mit Quecksilberfüllung, kam im 18. Jahrhundert in Gebrauch. Heute haben elektronische Thermometer mit Digitalanzeige die klassischen Glasröhrchen zu verdrängen begonnen.

Genfer Gelöbnis

Im Jahre 1948 verabschiedete der Weltärztebund in Genf eine Neufassung des „hippokratischen Eids", der auf den griechischen Arzt Hippokrates (um 460 bis 370 v. Chr.) zurückgeht. Dieser Eid ist nicht rechtlich bindend, und kein Mediziner muß die Schwurformel jemals aufsagen. Aber das Gelöbnis definiert das ärztliche Ethos:
„Bei meiner Aufnahme in den ärztlichen Berufsstand gelobe ich feierlich, mein Leben in den Dienst der Menschlichkeit zu stellen. Ich werde meinen Beruf mit Gewissenhaftigkeit und Würde ausüben. Die Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit meiner Patienten soll oberstes Gebot meines Handelns sein. Ich werde alle mir anvertrauten Geheimnisse wahren. Ich werde mit allen meinen Kräften die Ehre und die edle Überlieferung des ärztlichen Berufes aufrechterhalten und bei der Ausübung meiner ärztlichen Pflichten keinen Unterschied machen, weder nach Religion, Nationalität, Rasse, noch nach Parteizugehörigkeit oder sozialer Stellung. Ich werde jedem Menschenleben von der Empfängnis an Ehrfurcht entgegenbringen und selbst unter Bedrohung meine ärztliche Kunst nicht in Widerspruch zu den Geboten der Menschlichkeit anwenden. Ich werde meinen Lehrern und Kollegen die schuldige Achtung erweisen. Dies alles verspreche ich feierlich auf meine Ehre."

Gewebekleber

Bereits vor 3000 Jahren arbeiteten ägyptische Ärzte nach der Devise „kleben statt nähen". Sie benutzten mit Gerstenschleim oder Honig bestrichene Leinenstreifen zum nahtlosen Wundverschluß. Heute besteht der gebräuchlichste Gewebekleber aus Fibrin, einem natürlichen Eiweiß des Blutes. Die Fibrinklebung imitiert den letzten Schritt der natürlichen Blutgerinnung: Wenn Ärzte den Kleber auf das Wundgebiet sprühen oder ihn über einen Katheter einspritzen, entsteht innerhalb von Sekunden ein „Fibrinfasernetz" genanntes Blutgerinnsel, das die Wunde luft- und wasserdicht verschließt. Nach etwa zwei Wochen ist die Wunde verheilt und der Kleber vollständig abgebaut. Diese gewebeschonende Methode wird seit Anfang der siebziger Jahre angewandt, auch bei *endoskopischen* Eingriffen. So können Ärzte etwa bei einem blutenden Magengeschwür noch während der Spiegelung die Blutung stillen und dem Patienten eine Operation ersparen.

Fiebermessen anno 1624 mit Glasballon im Mund

Harvey Cardialis

Spielend macht dieser begnadete Simulant den Ärzten 25 unterschiedliche Herz-Kreislauf-Krankheiten vor – vom Bluthochdruck über eine akute Herzbeutelentzündung bis zum Infarkt. Allerdings nicht umsonst: Über eine halbe Million Mark kostet der künstliche Herzpatient, von dem es inzwischen weltweit 29 Exemplare gibt. Der US-Herzspezialist Michael Gordon hat Harvey Cardialis gemeinsam mit Experten eines amerikanischen Elektronikkonzerns und der Nasa in zehnjähriger Arbeit entwikkelt. Die menschengroße Puppe ist 400 Kilogramm schwer und wird per Magnetkassette programmiert, worauf sie auf Knopfdruck Herztöne, Blutdruckwerte und Pulsschläge des gewählten Leidens simuliert. Röntgenaufnahmen, Elektrokardiogramm und Laborwerte liefern weitere Geräte gleich mit. Die elektronische Versuchsperson ermöglicht Medizinstudenten und Ärzten, Krankheiten wirklichkeitsgetreu zu erleben, um sie später schneller erkennen zu können (siehe Foto Seite 10).

Heil-Zittern

Gebrochene Knochen heilen um Wochen schneller, wenn sie durch leichte Schwingungen in Bewegung versetzt werden. Dazu wird eine etwa 30 Zentimeter lange Schiene auf die Haut gesetzt und durch diese mit dem gebrochenen Knochen verschraubt. An diesen sogenannten Fixateur externe kann eine Art Vibrator gekoppelt werden, der Bewegungsimpulse an den Knochen weiterleitet. Die so „gereizten" Bruchstellen wachsen rascher als im starren Gipsbett zusammen.
Der deutsche Arzt Bernhard Clasbrummel entwickelte die Methode weiter und gewann mit seinem Prototyp 1991 den ersten Preis auf der Erfindermesse in Bad Homburg. Das Gerät stimuliert die Knochen nicht mit gleichbleibender Frequenz, sondern stimmt die Schwingungen auf jede Phase des Heilungsprozesses ab. Ein im Fixateur eingebauter Sensor mißt fortlaufend, wie fest das Knochengewebe an den Bruchstellen bereits geworden ist. Im Laufe der Zeit wird der Knochen belastbarer, so daß die Mikrobewegungen entsprechend kräftiger dosiert werden können.

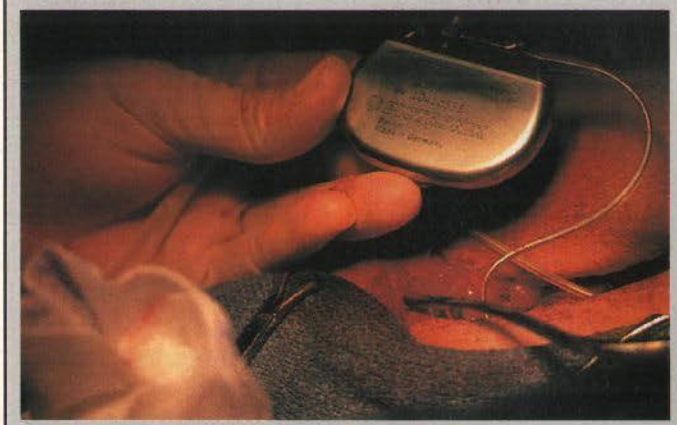
Herz-Lungen-Maschine

1953 operierte der amerikanische Chirurg John Gibbon zum erstenmal mit Hilfe einer Maschine, an deren Entwicklung er selbst über 20 Jahre lang mitgewirkt hatte. Sie übernimmt bei Operationen am offenen Herzen zwei Funktionen: Als „künstliches Herz" sorgen ihre Pumpen für den Transport des Blutes, ein „Oxygenator" reichert als Lungenersatz das Blut mit Sauerstoff an. Ein angeschlossener Wärmetauscher ermöglicht eine Unterkühlung des Körpers um bis zu acht Grad Celsius, wodurch der Kreislauf für maximal vier Stunden unterbrochen und somit die Operationsdauer entscheidend verlängert werden kann.

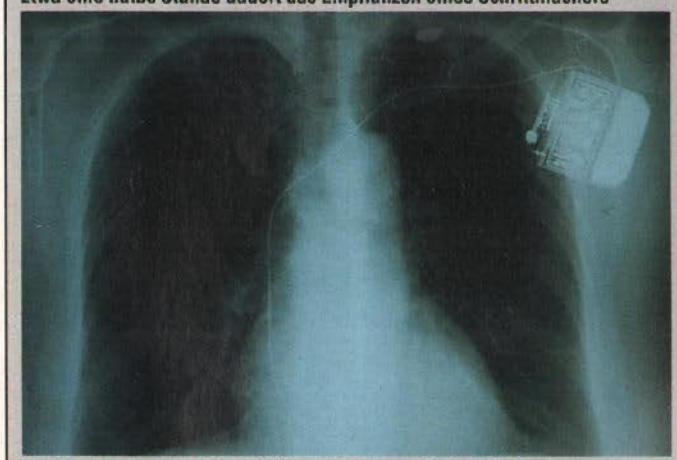
High-Tech-Tiermedizin

Im Prinzip war es schon immer möglich, für die Tiergesundheit dasselbe zu tun wie für das menschliche Wohlbefinden. Schließlich werden viele medizintechnische Neuheiten zuerst an Tieren getestet. Die Nachfrage nach *Herzschrittmachern*,

Die taktvollen Helfer



Etwa eine halbe Stunde dauert das Einpflanzen eines Schrittmachers



Über Röntgenbilder ermitteln Ärzte die richtige Lage des Taktgebers

Es ist der 8. Oktober 1958. Im Karolinska Hospital in Stockholm liegt Arne Larsson mit geöffnetem Brustkorb auf dem Operationstisch. Nachdem ihm der Chirurg Åke Senning zwei Elektroden am Herzmuskel befestigt hat, ist der Patient der erste Mensch mit eingepflanztem Herzschrittmacher. Der Apparat, ein rund 50 Millimeter breiter, 16 Millimeter hoher und etwa 100 Gramm schwerer Kasten unter der Bauchdecke, rettet Larsson das Leben. Denn er sendet elektrische Impulse aus, die das Herz des damals 43jährigen Ingenieurs nun 72mal in der Minute schlagen lassen – statt nur zehn- bis 20mal vorher. Heute ist Larsson 76 Jahre alt, trägt seinen 25. Schrittmacher und fühlt sich gesund und munter.

Mittlerweile haben solche Implantate weltweit die Herzen von mehr als fünf Millionen Kranken in Takt gebracht. In den alten Bundesländern tragen etwa 150 000 Menschen eines der heute nur noch streichholzschachtelgroßen Geräte; jährlich werden rund 30 000 implantiert. Je nach Ausstattung kostet ein Schrittmacher zwischen 2000 und 10 000 Mark. Welches der fast 200 Modelle der Arzt wählt, hängt von der Art der Herzkrankheit ab.

Im gesunden Herzen funktioniert der Sinusknoten am rechten Vorhof als Schrittmacher. Autonom, doch beeinflußt vom vegetativen Nervensystem, sendet er beim Erwachsenen durchschnittlich 70 elektrische Impulse pro Minute aus und hält so den faustgroßen Herzmuskel in Bewegung. Ist der natürliche Taktgeber „krank" und sendet seine Signale im falschen Rhythmus aus oder ist die Weiterleitung der Reize vom Sinusknoten zur Herzkammer gestört, raten Spezialisten zum elektronischen Implantat.

Heute genügt ein kleiner Schnitt, um den künstlichen Helfer in einer Bauchfalte oder nahe dem Schlüsselbein unter der Haut verschwinden zu lassen. Moderne Schrittmacher stecken in einem widerstandsfähigen Titan-Gehäuse und verfügen über eine Lithium-Batterie, die bis zu zehn Jahre hält. Früher mußten die Apparate spätestens alle vier Jahre wegen erschöpfter Batterien ausgetauscht werden. In den siebziger Jahren erhielten in der Bundesrepublik 300 Patienten atomar angetriebene Herzschrittmacher, die mit 150 Milligramm Plutonium in der Batterie jahrelang laufen sollten. Doch die Abschirmung nach außen blieb ebenso ein Problem wie die Entsorgung der strahlenden Energiespender nach dem Tod der Patienten. Die radioaktiven Batterien wurden wieder verboten.

Das Gewicht der Taktgeber konnte im Laufe von drei Jahrzehnten auf fast ein Sechstel reduziert werden. Der leichteste wiegt heute nur noch 17 Gramm und ist nicht größer als ein Fünfmarkstück. Die Elektronik ist nicht nur kleiner und leichter geworden: Im Laufe der Jahre wandelten sich die sturen Taktgeber von gestern zu feinfühligen Dirigenten des Herzrhythmus.

Die ersten Schrittmacher pulsten mit einer monotonen Taktfolge von etwa 70 Schlägen in der Minute – auch im Schlaf, wenn das Herz viel weniger Anstöße brauchte. Unruhige Nächte konnten die Folge sein.

Die Bedarfsschrittmacher wurden Mitte der sechziger Jahre entwickelt. Sie „erfühlten" den Eigenrhythmus des Herzens und pulsten erst, wenn das Organ eine bestimmte Mindestfrequenz nicht erreichte. Wer jedoch radfahren oder joggen wollte, mußte passen. Denn erhöhte körperliche Aktivität zu unterstützen und den Herzschlag über die – vor der Implantation – programmierte Frequenz hinaus zu beschleunigen, das vermochten auch die Schrittmacher der zweiten Generation nicht.

Erst seit den siebziger Jahren lassen sich an multiprogrammierbaren Geräten Frequenz, Impulsdauer oder Impulshöhe auch nach der Implantation verändern: Der Arzt setzt ein Programmiergerät dort auf, wo der Herzschrittmacher unter der Haut sitzt, steuert einen magnetfeldempfindlichen Schalter im Inneren des Metallgehäuses an und sendet eine Folge langer und kurzer Magnetimpulse. Der Schrittmacher entschlüsselt den Code, erkennt beispielsweise »Programm Dauerlauf« und erhöht seine Taktfolge auf 120 Schläge pro Minute.

Ohne Arzt geht es in aller Regel nicht. Denn obwohl die Träger wissen, wie der Schrittmacher technisch funktioniert, wagen es die wenigsten, selber Hand anzulegen und etwa das Programm „Dauerlauf" in „Ruhepause" zu ändern. Ausschalten können sie das Gerät zwar nicht, doch vor einem Dauerlauf die Frequenz versehentlich auf „Schlaf" – etwa 45 Impulse pro Minute – herunterzusteuern, kann unangenehm werden. Die Herzhelfer der vorletzten Generation müssen also trotz technischer Raffinesse stets von außen programmiert werden.

Erst vor fünf Jahren begann die Ära der frequenzadaptiven Taktgeber. Diese biologisch sensiblen Schrittmacher – zum Teil noch in der Entwicklung – steuern sich selbst. Sie nutzen körpereigene Signale wie Muskelaktivität, Atemfrequenz, Temperatur oder Sauerstoffsättigung des Blutes, um die Herzschlagfolge der Belastung anzupassen.

Wenn zum Beispiel die Muskeln arbeiten, durchlaufen mechanische Schwingungen, Wasserwellen vergleichbar, den Körper. Diese Druckwellen sind niedrig, wenn der Mensch schläft – und höher, wenn er Treppen steigt. Ein winziger sogenannter Piezo-Kristall im Herzschrittmachergehäuse arbeitet als Sensor. Dieser Kristall hat die Fähigkeit, Druckwellen in elektrische Spannung umzuwandeln. So kann sich die Frequenz des Schrittmachers an die jeweilige Aktivität anpassen. Nachteil: Das Gerät reagiert nicht nur auf innere, sondern auch auf äußere Erschütterungen. Er erhöht daher etwa beim Bahn- oder Autofahren seine Frequenz.

Die Herzschrittmacher der Zukunft sollen deshalb die Biosignale aus unterschiedlichen Sensoren kombinieren. Erst wenn sowohl die Muskeln in Bewegung sind als auch die Bluttemperatur steigt, hat der künstliche Taktgeber verläßlichere Indizien dafür, daß schneller gepulst werden muß. Allerdings steht der Entwicklung ein entscheidendes Handicap im Weg: die Natur. Um etwa zu messen, ob ein Mensch kaltes Blut bewahrt, müßte ein Sensor im Körpersaft schwimmen. Gerade das aber bereitet den Ingenieuren Kopfzerbrechen. Blut reagiert aggressiv auf Eindringlinge, und noch weiß niemand, wie die winzigen Sonden auf Dauer im Blutstrom zu halten sind.

Kirsten Brodde

künstlichen Gelenken, Zähnen oder Augenlinsen bei grauem Star, mit denen Haustiere kuriert werden sollen, hat jedoch erst in den vergangenen Jahren erheblich zugenommen; in Deutschland gibt es knapp acht Millionen, in Amerika gar 117 Millionen Hunde und Katzen.

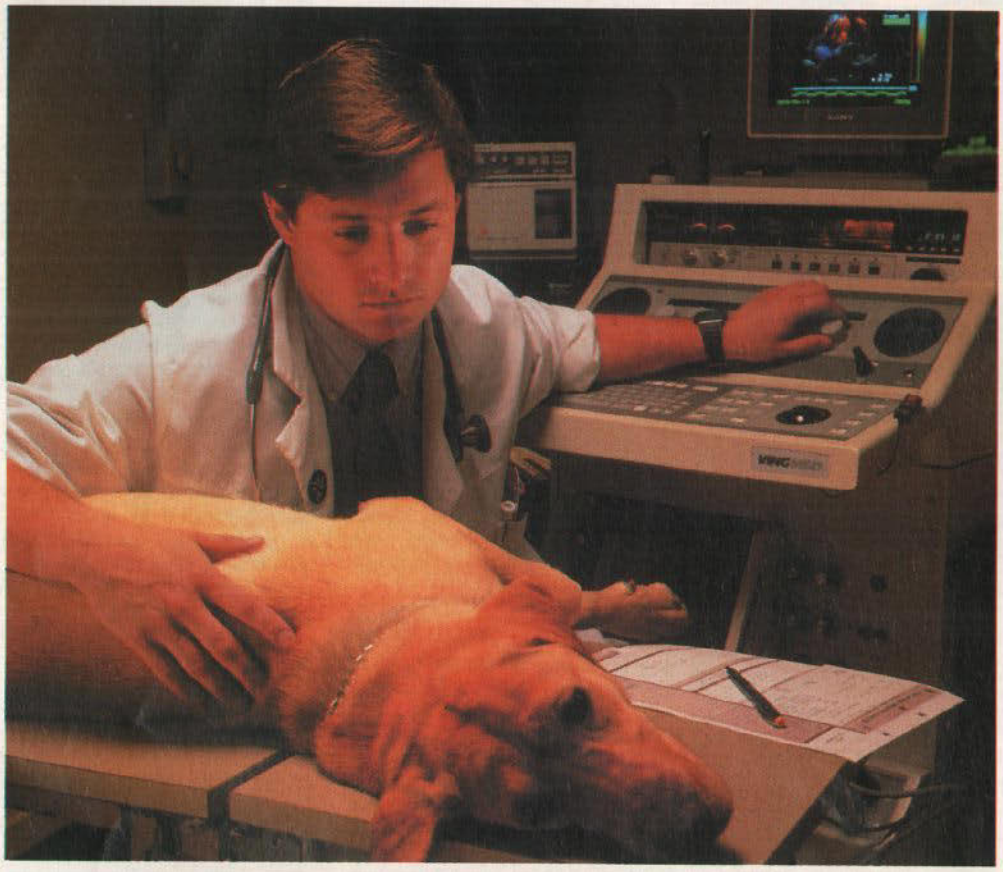
Die Liebe zum Tier ist nicht billig: Medikamente für die Chemotherapie eines krebskranken Hundes an der Tierärztlichen Hochschule Hannover verschlingen in den ersten drei Monaten 800 bis 1200 Mark; ein Herzschrittmacher kostet – ohne Arztkosten für die Implantation – etwa 3000 Mark. Trotzdem boomt das Geschäft der etwa 7000 niedergelassenen Tiermediziner. Immer neue private Tierkliniken öffnen ihre Pforten.

Manche im Tierschutz engagierte Veterinäre halten viele Eingriffe für überflüssig: Hunde beispielsweise können sich mit ihrer Nase so gut orientieren, daß eine künstliche Augenlinse bei ihnen unnötig sei. Auch herausgebrochene Reißzähne müßten nicht ersetzt werden, da ein Haushund sein Futter nicht mühsam erbeuten muß. Deshalb sollte sich jeder Veterinär – aber auch jedes Herrchen oder Frauchen – stets die Frage stellen: Nutzt der Eingriff dem Tier oder nur dem Besitzer?

Hirntod

Der Stillstand des Herzens hat als Indikator für den Tod eines Menschen ausgedient, seit die Intensivmedizin den Kreislauf eines Menschen künstlich aufrechterhalten kann. „Mit dem Organtod des Gehirns", definiert der Wissenschaftliche Beirat der Bundesärztekammer, „sind die für jedes personale menschliche Leben unabdingbaren Voraussetzungen, ebenso aber auch alle für das eigenständige körperliche Leben erforderlichen Steuerungsvorgänge erloschen." Für die Diagnose „Hirntod" müssen zwei zentrale Bedingungen erfüllt sein: 1. der völlige Ausfall der Groß- und Stammhirnfunktionen; 2. die Unwiderruflichkeit dieses Ausfalls.

Nach den in der Bundesrepublik gültigen Kriterien müssen zwei Ärzte – die keinem *Transplantations*team angehören dürfen – in verbindlichen Untersuchungsschritten zu derselben Diagnose kommen. Als eines von mehreren Beweismitteln dient das Elektroenzephalogramm (EEG), das die Hirnstromkurven registriert: Zeigt es nur noch die „Null-Linie", ist das Gehirn tot.



Ob Haushunde mit Herzbeschwerden oder Zirkuslöwen mit Zahnschmerzen: Auch Veterinäre nutzen zunehmend modernste Apparate und Methoden. Die Tierbesitzer müssen dafür tief in die Tasche greifen

Kardiomyo-Plastik

Ein Rückenmuskel kann herzkranken Menschen eine *Transplantation* ersparen. Durch elektrische Signale läßt sich ein – normalerweise schnell ermüdender – Skelettmuskel derart stimulieren, daß er wie ein ausdauernder Herzmuskel arbeitet. Chirurgen „schlingen" den aus dem Rücken des Patienten entnommenen Muskel um das kranke Herz, so daß die Gewebe miteinander verwachsen. Zusätzlich wird ein Stimulator unter die Bauchdecke implantiert, der über zwei Elektroden mit dem ehemaligen Rückenmuskel verbunden ist und diesen, einem *Herzschrittmacher* ähnlich, in Gleichtakt mit dem Herzen bringt. Der Taktgeber wiederum wird über eine dritte Elektrode angeregt, die in der Herzwand sitzt und dort den Schlagrhythmus registriert. Nach der Operation dauert es einige Wochen, bis sich der Rückenmuskel „anpaßt" und jeden der täglich 100 000 Schläge unterstützt. Bisher ist die Kardiomyo-*Plastik* weltweit bei etwa 120 Patienten angewandt worden.

Kunstblut

Substanzen, die – den roten Blutkörperchen ähnlich – Sauerstoff aufnehmen und wieder abgeben können, sind seit Jahrzehnten bekannt: fluororganische Verbindungen, die zur selben chemischen Familie zählen wie der Bratpfannenbelag Teflon. Sie sind wasserunlöslich und lassen sich zu feinsten Tröpfchen emulgieren.

Allerdings provoziert dieses Kunstblut oft allergische Reaktionen. Dennoch wurde damit schon in den siebziger Jahren

KONTAKTLINSEN

Schalen für den scharfen Blick

Sie waren etwa so groß wie ein Einpfennigstück und bedeckten auch etwas vom Weißen im Auge: Die ersten „Contactbrillen" ließ der Optiker Ernst Abbe 1887 bei der Firma Zeiss in Jena aus Glas blasen. Zur gleichen Zeit experimentierte der Kieler Augenarzt August Müller mit geschliffenen Glaslinsen. Selbst stark kurzsichtig – 14 Dioptrien – sann er nach einer Möglichkeit, seine dicke Brille loszuwerden. Zur genaueren Anpassung der „Kontaktgläser" versuchte er sogar, „einen Gipsabguß vom menschlichen Auge zu gewinnen", was ihm nach zwei Fehlversuchen tatsächlich gelang.

Diese rauhen Zeiten sind vorbei. Keiner der rund 1,2 Millionen Kontaktlinsenträger der alten Bundesrepublik setzt sich heute Glas ins Auge. Vielmehr stellen über 40 Firmen im In- und Ausland mehr als 100 Typen aus rund 30 Kunststoff-Materialien her. Fachleute unterscheiden zwei Hauptklassen: stabile und weiche Linsen. Die „Stabilen" – Marktanteil 40 Prozent – sind schon seit den fünfziger Jahren im Angebot. Damals entdeckten Optiker, daß die durchsichtigen Gebilde auch dann haften, wenn sie – auf einem Tränenfilm schwimmend – nur die Hornhaut bedecken. Ihr Vorteil: Die Hornhaut wird besser mit Sauerstoff versorgt. Statt wie früher aus dichtem Plexiglas bestehen heutige „Hartlinsen" aus gasdurchlässigen Materialien wie Fluorsilikon-Verbindungen. Zwar kann es zu allergischen Reaktionen kommen – vor allem auf die Reinigungs- und Konservierungsmittel –, aber viele Augenärzte halten die stabilen Haftschalen für die auf lange Sicht verträglichsten Sehhilfen.

Angenehmer zu tragen und damit beliebter, jedoch mit größeren Nebenwirkungen behaftet, schätzen Fachleute die „weichen" Linsen ein. Sie bestehen auch aus Kunststoff, etwa flexiblem Polyacrid, und lagern bis zu 85 Prozent Wasser ein, durch das der Luftsauerstoff bis zur Hornhaut dringen kann. Dennoch scheint dies nicht immer zu genügen. Neben Entzündungen konnten auch Hornhautveränderungen

Stabile Linsen aus Kunststoff halten am längsten

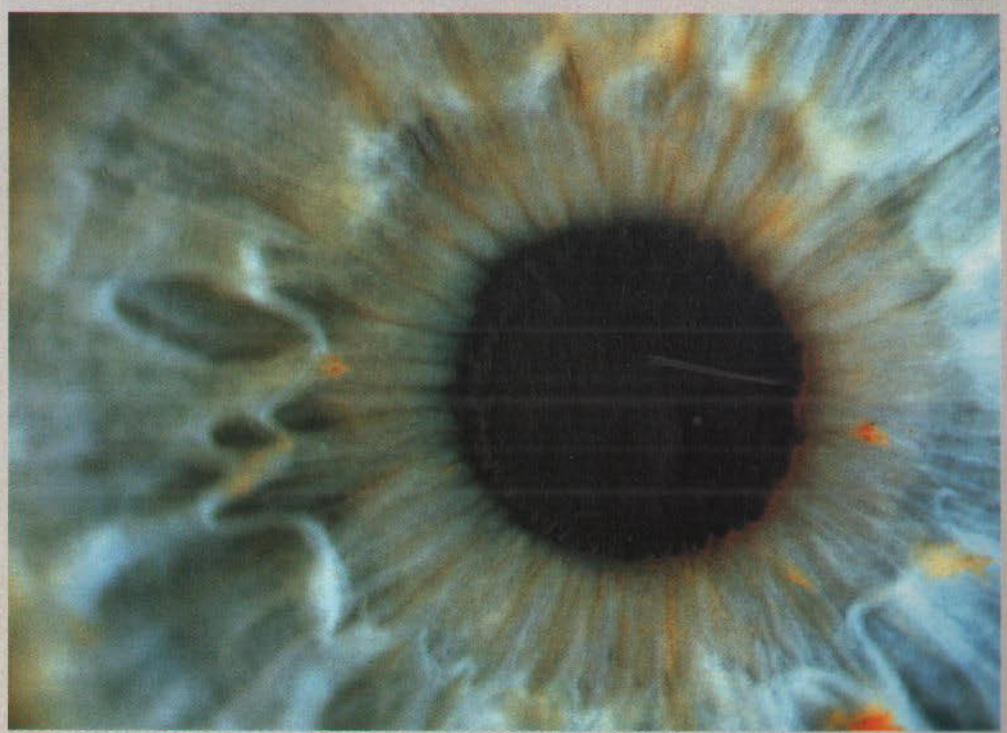
nachgewiesen werden. Den Grund dafür sehen Experten im „Saugglokkeneffekt": Die meisten weichen Linsen liegen direkt auf der Hornhaut und werden nicht von Tränenflüssigkeit unterspült. Dadurch kommt es häufig zu chronischem Sauerstoffmangel, der zu Hornhaut-Ödemen oder Gefäßeinsprossungen aus der Bindehaut führen kann.

Dennoch sind die Vorteile der Kontaktlinsen gegenüber der Brille nicht immer nur ästhetischer oder praktischer Art. Als überlegen erweisen sie sich etwa bei Hornhautkrümmungen, die eine Brille selbst bei raffiniertestem Schliff nur unvollkommen ausgleichen kann. Auch bei einem großen Sehschärfe-Unterschied der Augen tun sie gute Dienste. Nach Unfällen oder Operationen sind „therapeutische" Linsen von großem Nutzen, die wie ein Pflaster das Auge schützen. Und jene Unfallopfer, deren Regenbogenhaut – etwa durch einen ins Auge gegangenen Sektkorken – zerstört ist, können ihre Entstellung durch „Irislinsen" kaschieren, die kleinen handbemalten Kunstwerken gleichen.

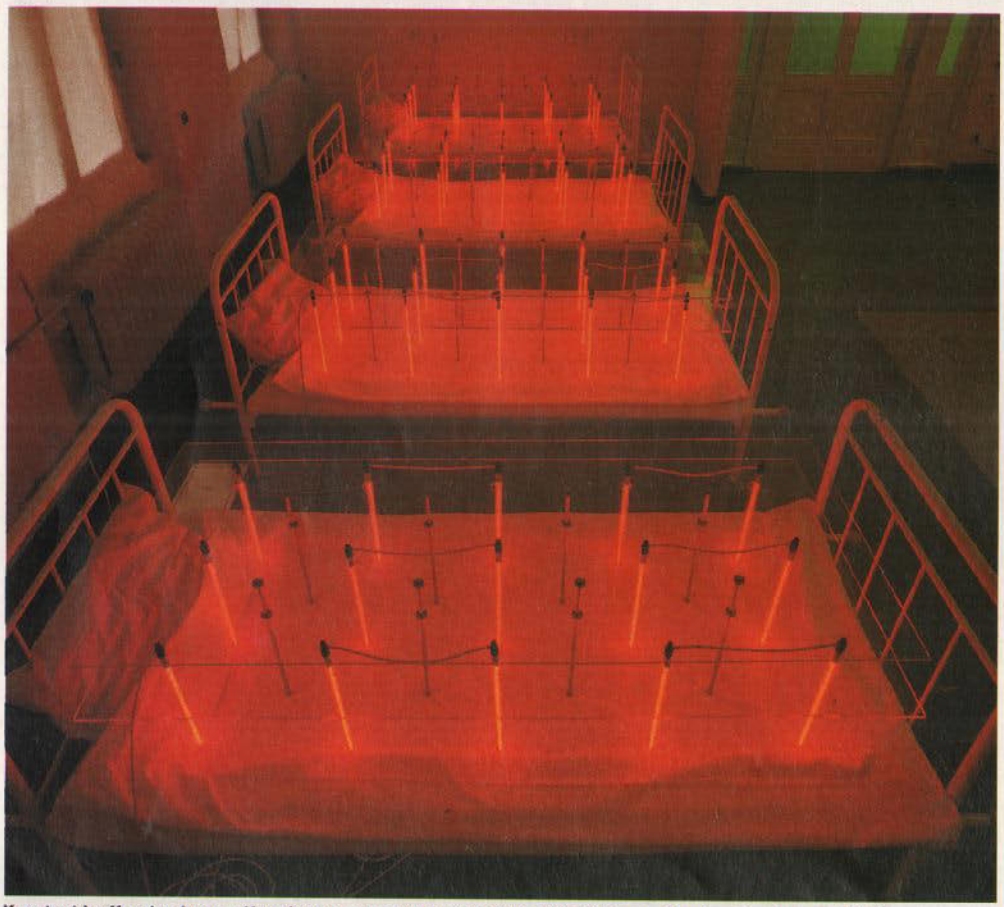
Statt mit Gipsabdrücken passen moderne Optiker Linsen mit Hilfe computergesteuerter Ophthalmometer an. Diese vermessen die Hornhaut des Patienten punktgenau und ermöglichen eine individuelle Einzelanfertigung. Das hat seinen Preis, jedoch sind die Kosten für Brillen und Haftschalen in der Regel vergleichbar. In Deutschland, wo mehr als die Hälfte der Bevölkerung kurz- oder weitsichtig ist, greifen allerdings nur zehn Prozent der Fehlsichtigen zu den kleinen Plastikschalen. In den USA sind es 30 bis 40 Prozent; dort haben vor allem junge Frauen die Brille abgelegt.

Der neueste Trend auf dem hundertjährigen Kontaktlinsen-Markt sind sogenannte Wegwerflinsen: „weiche" Billigware, etwa zehn Mark das Paar, die nach zwei Wochen in den Müll wandern und durch ein frisches Paar ersetzt werden. Daneben gibt es auch „Quartalslinsen", das Jahresabonnement – vier Paar – zum Preis von 450 bis zu 700 Mark. „Haftschalen von der Stange" bergen allerdings Gefahren: Die hornhautschonende individuelle Maßarbeit fällt weg. Die extrem dünnen Einweglinsen schmiegen sich – so vermuten Spezialisten – überdies so gut an, daß Stoffwechselprodukte aus dem darunterliegenden Gewebe schlechter abgeführt werden. Diese „Schlacken" reichern sich in der Hornhaut an und können unter anderem zu Schwellungen und zur Bildung von Mikrozysten führen. Solche winzigen Bläschen entstehen im Hornhautinneren, wandern an die Oberfläche und rauhen sie auf – ein Signal für Sauerstoffmangel an der Augenoberfläche. *Judith Rauch*

Linsenträger müssen viel Disziplin aufbringen, um Schaden für ihre Augen zu umgehen. Vor allem neuartige Wegwerflinsen können die Hornhaut reizen



das Blut von Ratten vollständig ersetzt. Die neueren Mixturen, die für normale Transfusionen geeignet sein sollen, müssen noch klinische Tests bestehen.
Das gleiche gilt für Hämoglobin, das in den roten Blutkörperchen (Erythrozyten) den Sauerstoff transportiert. Es kann zwar in großen Mengen aus verfallenen Blutkonserven gewonnen werden, ist aber als Blutersatz vorerst nicht brauchbar. Hämoglobin bindet den Sauerstoff außerhalb der Erythrozyten so fest, daß dieser nicht mehr ans Gewebe abgegeben werden kann.
Neuerdings versuchen Wissenschaftler, mit genetisch manipulierten Hefezellen ein leicht variiertes menschliches Hämoglobin-Molekül zu erzeugen, das Sauerstoff etwas schwächer bindet. Alle Ersatzstoffe können indessen – falls überhaupt – nur eine Funktion des Blutes übernehmen: den Sauerstofftransport. Der besondere Saft verteilt jedoch auch Nährstoffe, Vitamine und Hormone im Körper. Er vermag Wunden per Blutgerinnung zu schließen und ist zugleich – als Träger der weißen Blutkörperchen – ein entscheidender Bestandteil der Immunabwehr.



Kunstgut im Krankenhaus: »Neonbetten« des Aktionskünstlers Valerij Bugrov in einer Hamburger Klinik

Mitternachtsstatistik

Statistiker, die ermitteln wollen, wie viele Patienten jährlich in den rund 3000 deutschen Kliniken liegen, berücksichtigen bei ihrer Zählung nur die Bettenbelegung um 24 Uhr. 1989 waren es 13 Millionen Menschen, die mindestens einen Tag und eine Nacht stationär behandelt wurden – nur sie gehen in die Mitternachtsstatistik ein. Notfallpatienten, die um vier Uhr morgens in die Ambulanz kommen und abends wieder gehen, spielen in dieser Rechnung keine Rolle.

Morbidität

Die Erkrankungsrate (lat. morbus = Krankheit) gibt an, wie häufig ein Leiden in der Bevölkerung auftritt. Eine hohe Morbidität haben Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems: Etwa jeder fünfte bis siebte Deutsche leidet unter erhöhtem Blutdruck, jeder vierte hat einen erhöhten Cholesterinspiegel, der die Gefahr eines Herzanfalls vergrößert. Jährlich erleiden mehr als eine halbe Million Menschen in den alten Bundesländern einen Infarkt, 150 000 sterben daran.

Mortalität

Mit diesem Begriff (lat. mortalitas = Sterblichkeit) bezeichnen Statistiker das Verhältnis der Zahl der Todesfälle zur Gesamtzahl der Bevölkerung oder einer bestimmten Bevölkerungsgruppe. Die Säuglingssterblichkeit – „perinatale Mortalität" – erfaßt beispielsweise die Sterberate von Neugeborenen, meist auf ein Kalenderjahr bezogen. Die Mortalität bei einzelnen Krankheiten, etwa bei Lungenkrebs oder Herzinfarkt, läßt – über Jahre verglichen – den Erfolg oder den Mißerfolg neuer Therapien sowie Früherkennungsmaßnahmen erkennen.

Narkose

Trotz ungezählter Versuche mit schmerzlindernden Kräutermixturen aus Bilsenkraut, Hanf, Nessel, Mohn oder hochprozentigem Alkohol gelang es den Ärzten bis in die Neuzeit nicht, Patienten die Qualen bei einer Operation zu ersparen. Die erste erfolgreiche Äther-Inhalationsnarkose verabreichte der Zahnarzt William Morton bei einer Kieferoperation 1846 im amerikanischen Boston.
Heute gibt es viele unterschiedliche Narkosemittel, die entweder gespritzt oder inhaliert werden. Auf welche Weise die Narkotika ihre Wirkung auf molekularer Ebene im Zentralen Nervensystem entfalten, ist weithin unbekannt. Wissenschaftler diskutieren Veränderungen von Membran- und Enzymfunktionen, Einflüsse auf Botenstoffe des Nervensystems oder auf körpereigene Opiate.
Anästhesisten wählen das geeignete Narkoseverfahren je nach Alter und Verfassung des Patienten sowie nach Art und Dauer der geplanten Operation. Sie kombinieren für eine Vollnarkose – bei ihr sind Bewußtsein und Schmerzempfinden erloschen sowie unwillkürliche Abwehrreaktionen ausgeschaltet – drei oder vier Mittel, die einander ergänzen oder verstärken. Bei Eingriffen im Brustkorb, Bauchraum und an den Extremitäten wird zur Muskelerschlaffung zusätzlich ein relaxierendes – entspannendes – Präparat verabreicht, das dem Curare-Pfeilgift der Amazonas-Indiander ähnelt. In diesen Fällen muß der Patient maschinell *beatmet* werden, da das Mittel die Lungenfunktion einschränkt. Während der Vollnarkose werden die wichtigsten Körperfunktionen überwacht, vor allem Herzfrequenz und Blutdruck sowie Narkosetiefe.
Ist eine Vollnarkose nicht nötig oder aus medizinischen Gründen nicht möglich, stehen verschiedene Techniken der Lokal- und Regionalanästhesie zur Verfügung, darunter die auch „Rückenmarksspritze" genannte Epidural-Anästhesie.
Statistiker verzeichnen einen tödlichen Narkosezwischenfall pro 10 000 Vollnarkosen.

Narkosemaske, Ende 19. Jahrhundert

Pathologie

Pathologen sezieren Verstorbene vor allem, um die Todesursache festzustellen. In Krankenhäusern dient ihre Arbeit – Autopsie, Sektion oder Obduktion genannt – auch mit zur Qualitätskontrolle, der Überprüfung der vorher gestellten Diagnosen. In mehreren Ländern verringerte sich zwar die Zahl der Sektionen – nicht zuletzt, weil es, wie viele Kliniker meinen, dank moderner Diagnose-Techniken wie den bildgebenden Verfahren kaum noch Fehldiagnosen gebe. Als Koblenzer Pathologen aber Sektionsbefund und klinische Diagnose in 780 Fällen verglichen, stellte sich ein Viertel der Diagnosen als falsch oder zumindest unvollständig heraus. Die Zahl der Fehldiagnosen blieb im Verlauf der Studie – sie umfaßte den Zeitraum von 1977 bis 1990 – trotz aufwendiger werdender Technik konstant. Am häufigsten wurden Tuberkulose, Krebserkrankungen der Bauchspeicheldrüse sowie Aussackungen der Hauptschlagader („Aortenaneurysem") verkannt.

Obduktion im Seziersaal der Medizinischen Hochschule Paris

Patientenberatung

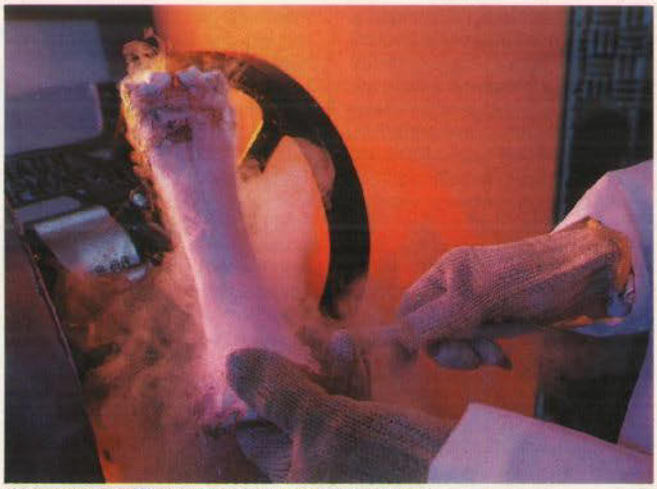
Die Zahl jener Patienten wächst, die vermeintliche oder tatsächliche Fehler des Arztes nicht als Schicksal hinnehmen wollen. Beratungsstellen verzeichnen einen starken Zuwachs an Hilfesuchenden, die Schadensersatzansprüche prüfen lassen. Mitte der siebziger Jahre richteten die Landesärztekammern zu diesem Zweck Schlichtungsstellen ein. Seit kurzem bieten die Verbraucherzentralen in Hamburg und Berlin kostenlose Hilfe bei Problemen mit Ärzten oder Versicherungen an. Auch bundesweite Patientenvereinigungen, die sich auf „Medizinschäden" spezialisiert haben, helfen in solchen Fällen. Sie erheben allerdings Mitgliedsbeiträge.

● Schlichtungsstellen: Adressen werden von den jeweiligen Landesärztekammern vermittelt. Für acht Bundesländer – Berlin, Brandenburg, Bremen, Hamburg, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Sachsen-Anhalt und Schleswig-Holstein – ist die Schlichtungsstelle Hannover zuständig. Dort kann ein Merkblatt angefordert werden (Schlichtungsstelle für Arzthaftpflichtfragen der norddeutschen Ärztekammern, Berliner Allee 20, 3000 Hannover 1).

● Verbraucherzentrale Hamburg: Große Bleichen 23, 2000 Hamburg 36, Tel. 040/3500-1486, Telefonanfragen: Dienstag und Donnerstag 9 bis 13 Uhr; Besuche: Mittwoch 14 bis 18 Uhr.

● Verbraucherzentrale Berlin: Bayreuther Straße 40, 1000 Berlin 30, Tel. 030/21907-232, Telefonanfragen Mittwoch 14 bis 17 Uhr; Besuche: Donnerstag 15 bis 20 Uhr mit Anmeldung, Tel. 030/219070.

● Patientenvereinigungen: Allgemeiner Patienten-Verband, Postfach 1126, 3550 Marburg 1, Tel. 06421/64735, Sprechzeiten: Montag bis Freitag 9 bis 12 Uhr. Deutscher Patienten-Schutzbund, Adenauerallee 11, 5300 Bonn; Tel. 0228/218801, Sprechzeiten: Montag, Dienstag, Donnerstag 10 bis 13 Uhr.



Kuhknochen: Kollagen-Quelle für »Xenoplastiken«

Plastik

Wenn sie „Ersatz" meinen, sprechen Mediziner von Plastik. Ersetzen sie bei plastischen Operationen krankes durch gesundes körpereigenes Gewebe, handelt es sich um eine „Autoplastik" – etwa um einen Hautlappen, der von der Schulter ins Gesicht transplantiert wird. Bei einer „Homoplastik" benutzen Ärzte Gewebe eines anderen Menschen. Bei einer „Xeno-" oder „Heteroplastik" wird tierisches Gewebe – etwa eine Herzklappe vom Schwein – auf den Menschen übertragen. Ein Ersatz aus synthetischen Stoffen – beispielsweise Kunststoffe für Gefäße und Sehnen oder Metall und Keramik für Gelenke – wird „Alloplastik" genannt.

Poliklinik

In der ehemaligen DDR durften Ärzte sich nicht privat niederlassen. Statt zum Hausarzt ging der DDR-Bürger in die Poliklinik. In diesen vom Staat unterhaltenen „Gemeinschaftspraxen" arbeiten Mediziner unterschiedlicher Fachrichtungen, von Zahnarzt bis Internist. Unter einem Dach versammeln sich diverse Gesundheitsberatungsdienste und Therapie-Einrichtungen. Im Einigungsvertrag zwischen DDR und Bundesrepublik wurde den Polikliniken sowie den kleineren, aber ähnlich funktionierenden „Ambulatorien" ein Existenzrecht bis 1995 zugestanden. Bis Mai 1991 waren allerdings schon 400 der ehemals 1250 Polikliniken verschwunden. Etwa die Hälfte der ungefähr 20 000 Ärzte, die einst ambulant arbeiteten, hat sich mittlerweile niedergelassen. Der finanzielle Druck auf die übriggebliebenen Polikliniken ist groß, denn die Krankenkassen vergüten deren Leistungen nur mit einem Pauschalsatz. Davon müssen ärztliche Beratungsdienste und Behandlungen, Schwestern und Pfleger, Physiotherapeuten und Zahnärzte, Fahrer, Hausmeister und Verwaltungsangestellte bezahlt werden.

Kritiker äußern den Verdacht, daß die Kassenärztliche Bundesvereinigung den Polikliniken keine faire Chance geben möchte, da sie die Gefahr fürchte, diese könnten sich nach einer Reform als patientenfreundlichere und wirtschaftlichere Alternative zur lukrativen Einzelpraxis erweisen. Gegen den Widerstand westdeutscher Ärztefunktionäre versuchen mittlerweile einige ostdeutsche Gemeinden, Polikliniken zumindest teilweise und in gewandelter Form als ambulante Gesundheitszentren zu erhalten, sie jedoch gleichzeitig auf wirtschaftlicheres Arbeiten zu verpflichten.

Prothesen-Prüfstelle

Im Auftrag des Bundesministeriums für Arbeit und Sozialordnung testen 20 Mitarbeiter der Berliner „Prüfstelle für orthopädi-

Härtetest für Rollstühle

sche Hilfsmittel" Lebensdauer und Sicherheit von Gliedmaßenprothesen, Rollstühlen und einfacheren technischen Hilfen wie etwa Gehgestellen. Erst wenn die Berliner ihr Einverständnis geben, werden die Produkte vom Ministerium genehmigt; das Gütesiegel ist zwar nur für den Verkauf von Hilfsmitteln für Kriegsversehrte bindend, wird aber von den Herstellern allgemein beachtet.

Bevor die Berliner Prüfstelle einen Rollstuhl-Typ für gut befindet, müssen dessen Räder einemillionmal unbeschadet über simuliertes Kopfsteinpflaster und Asphalt gerollt sein. Eine Kunsthand muß 500 000mal pannenfrei zupacken, Ersatzfüße und -kniegelenke müssen sich dreimillionenmal beugen und strecken, bevor die Experten ihnen eine Haltbarkeit von drei Jahren bescheinigen. Außerdem entwickelt das Team neue Verfahren, zum Beispiel eine programmierbare Teststraße für Rollstühle.

Ob die Prothesen im Alltag etwas taugen, darüber berichten körperbehinderte freie Mitarbeiter rund ein halbes Jahr lang. Entsprechen etwa Ersatzfüße nicht den Herstellerangaben, muß das Produkt überarbeitet werden.

Selbstversuche

Der junge Assistenzarzt schob sich in Windeseile den Katheter in die Ellenbeuge. Dann erst befreite er die Krankenschwester, die er zuvor unter dem Vorwand, das Experiment an ihr ausführen zu wollen, auf dem Operationstisch festgebunden hatte. Gemeinsam gingen sie in den Keller, wo der Röntgenschirm enthüllte, daß es Werner Forßmann tatsächlich gelungen war, mit dem Plastikschlauch bis in sein eigenes Herz vorzustoßen. Rund 27 Jahre später, im Jahr 1956, bekam der Deutsche den Nobelpreis für seine medizinischen Forschungen.

Spektakuläre Selbstversuche sind in der Medizingeschichte keine Seltenheit. An die 140 Fälle aus vier Jahrhunderten hat der amerikanische Arzt und Medizinjournalist Lawrence Altman zusammengetragen. Zur Prüfung wissenschaftlicher Hypothesen wie zur Erprobung neuer Medikamente und Techniken reichten, so der Autor, Tierversuche nicht immer aus. Gerade verantwortungsvolle Mediziner legten dann lieber Hand an sich selbst als an ihre Patienten.

Manche haben ihren Mut mit dem Tod bezahlt, etwa die amerikanischen Gelbfieber-Forscher Jesse Lazear und Clara Louise Maass. Andere erwiesen sich und der Wissenschaft einen Bärendienst. So glaubte der britische Chirurg John Hunter fest daran, daß Tripper und Syphilis die gleiche Krankheit seien. Im Jahr 1767 rieb er sich zur Beweisführung den eitrigen Ausfluß eines Tripperkranken unter die eigene Vorhaut, woraufhin er prompt an Syphilis erkrankte. Sein tragischer Irrtum: Der Patient hatte an beiden Geschlechtskrankheiten zugleich gelitten.

Die heroische Tradition des Selbstversuchs wird auch heute noch gepflegt. Bei einer Umfrage unter 102 Mitgliedern der holländischen Gesellschaft für Klinische Pharmakologie gab kürzlich gut die Hälfte an, Medikamente am eigenen Leib getestet zu haben. Viele Forscher halten ihre Experimente geheim, weil sie um ihr wissenschaftliches Renommee fürchten, juristische Folgen scheuen oder die Seelenruhe ihrer Angehörigen nicht stören wollen.

WEGWERFARTIKEL

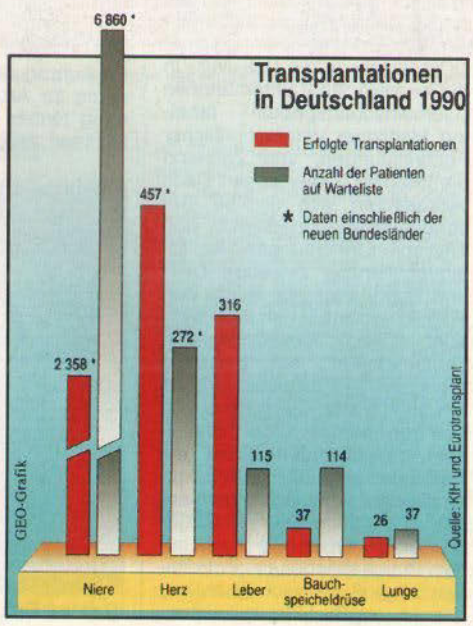
Die Hygiene, die Verpackung und der Müll

Ex und hopp lautet bisher die Devise in den meisten der etwa 3000 deutschen Krankenhäuser: Eine Million Tonnen Müll türmen sich jährlich auf ohnehin überfüllten Deponien oder gehen in Verbrennungsanlagen in Rauch und Asche auf. Jeder Patient „produziert" am Tag im Schnitt etwa drei bis fünf Kilogramm Abfall. Allerdings ist der größte Teil davon schlichter Hausmüll wie Glas, Papier oder Küchenreste – „krankenhausspezifische Abfälle" wie blutverschmierte Pflaster oder eitrige Mullbinden ergeben lediglich etwa 100 000 Tonnen. Weitere 23 000 Tonnen gelten laut Richtlinie des Bundesgesundheitsamtes als Sondermüll: Organteile, Reste von Krebsmedikamenten, Versuchstiere oder Chemikalien, die in Plastikbehältern verschraubt und verbrannt werden müssen.

Die Halden wachsen läßt vor allem die Flut oft überflüssiger – und teurer – Einwegprodukte. Rechnungsprüfer des Landes Nordrhein-Westfalen monierten im Jahresbericht 1989/90 die Wegwerf-Mentalität der sechs Unikliniken in Aachen, Bonn, Düsseldorf, Essen, Köln und Münster: Fünf der sechs Kliniken bestellten 1989 insgesamt 1,63 Millionen Einmal-Nierenschalen aus Preßpappe – zusammen fast 37 Tonnen schwer. Ein Hospital verpflegte seine Patienten aus 908 000 Menüschalen und verbrauchte außerdem 1,1 Millionen Plastikdosen.

Skalpell

Schon die alten Ägypter benutzten vor mehr als 3000 Jahren ein kleines Operations- und Seziermesser. Die Römer gaben dem Schneidewerkzeug den Namen scalpellum. Die Form der – zum Teil auswechselbaren – Klinge orientiert sich seit je am Verwendungszweck: ein- oder beidsei-



Bei Transplantationen gilt es häufig, einen Wettlauf mit der Zeit zu gewinnen, wenn Organe, wie etwa eine Niere, von weither zum Empfänger gebracht werden müssen. Nur sechs Prozent der Westdeutschen besitzen einen Spenderausweis, obwohl 35 Prozent von ihnen ernsthaft daran gedacht haben, sich einen Ausweis zu besorgen. Für 36 Prozent kommt ein solches Dokument nicht in Frage

Sorglosigkeit ist auch beim Umgang mit Sondermüll zu registrieren: Radioaktive Abfälle wurden häufig zusammen mit anderem Müll gelagert, giftige Chemikalien aus Laboratorien ungeklärt in die Kanalisation gekippt. Von 1986 bis 1989 wuchsen die Kosten für die Abfallbeseitigung der sechs Krankenhäuser von 4,8 Millionen auf 7,6 Millionen Mark.

Damit der Begriff „Öko-Bilanz" nicht auch künftig in Kliniken ein Fremdwort bleibt, entwickelt die Deutsche Krankenhausgesellschaft gegenwärtig Vorschläge zur „umweltverträglichen Beschaffung und Entsorgung im Krankenhaus". Finanziert wird das Projekt vom Umweltbundesamt. Auf der Wunschliste der Experten stehen wiederverwendbare Metall-Nierenschalen, PVC-freie Infusionsbestecke oder Magensonden sowie Wäschesäcke aus Stoff. Auch von einem sparsameren Umgang mit Desinfektionsmitteln bei der Fußbodenreinigung ist die Rede. Bisher ist die Resonanz allerdings schwach: Von 1800 Kliniken, die zu ihrem Umweltverhalten befragt wurden, reagierten lediglich 340.

Mit einer Million Tonnen Abfall pro Jahr belasten Krankenhäuser die Müllhalden. Deshalb lautet heute die Devise einiger Kliniken: »Einweg ist kein Weg«

Diejenigen Hospitäler allerdings, die der Devise „Einfälle statt Abfälle" folgen, schonen außer der Umwelt auch ihre Finanzen. Im Bethesda-Krankenhaus in Essen-Borbeck etwa schlägt der Verzicht auf Papp-Nierenschalen mit 3000 Mark Minderausgaben zu Buche; Mehrwegfläschchen und -schnuller sparen 8000, Elektro- statt Quecksilberthermometer sogar 9000 Mark – außerdem brauchen jährlich drei Kilogramm giftigen Quecksilbers weniger entsorgt zu werden. Auch manche bayerische und hessische Kliniken haben sich zu Arbeitskreisen für Müllvermeidung und -entsorgung zusammengeschlossen.

Der „wichtigste Ökofilter" ist nach Meinung von Experten ein „kluger Einkauf". Und mit Recycling läßt sich die dennoch anfallende Müllmenge vermindern. So werden über 40 Prozent des Abfalls des Essener Bethesda-Krankenhauses wiederverwertet: Ein Zivildienstleistender sortiert täglich rund 100 Müllsäcke – Speisereste kommen in eine Schweinemästerei und Glasflaschen in den städtischen Container; Kartons, Kisten, Plastikkannen holt ein Hersteller ab und verarbeitet sie zum Beispiel zu Paletten.

Was in Essen bereits Routine ist, wird vom 1. Dezember 1991 an auch in anderen Kliniken Pflicht: Dann tritt der erste Teil der Verpackungsverordnung in Kraft, die vorschreibt, daß alle Behältnisse wiederverwertet werden müssen. Ob die Hersteller die Kartonagen abzuholen haben, ob die Krankenhäuser die Behältnisse nach Lieferanten trennen sollen und wer die Kosten trägt, steht jedoch noch zur Debatte.

Horst Pomp, Chefarzt der Gynäkologie in der Essener Klinik, hofft, daß die Verordnung dem „Verpakkungswahn" ein Ende setzt. Denn allein die Hälfte des Volumens deutschen Krankenhausmülls besteht aus Verpackungen. Pomp zufolge, in dessen Klinik sich seit kurzem ein Krankenhausökologe hauptberuflich um den Umweltschutz kümmert, könnte beispielsweise ohne weiteres darauf verzichtet werden, Scheren und Pinzetten zum Fädenziehen einzeln einzuschweißen. Auch Nahtmaterial in übergroße Hartplastik-Behälter einzupacken sei überflüssig. „Manche übertriebenen hygienischen Ansprüche", schimpft der streitbare Mediziner, „sorgen dafür, daß selbst Meßbecher für Wasser eingeschweißt werden."

Kirsten Brodde

Nicht immer ist es der Schuh, der drückt.

Langes Sitzen, Gehen oder Stehen belastet die Beine. Es kommt zu Stauungen und Schwellungen. Die Beine werden dick und schwer. Manchmal schmerzen sie sogar. Für wohltuende Linderung und Entspannung sorgt hier die Arnica Kneipp Salbe. Die wertvollen natürlichen Inhaltsstoffe hemmen Entzündungen, entspannen die Gefäße und regen so die Durchblutung an. Zusätzlich pflegt die Arnica Kneipp Salbe die Haut. Sie fühlen sich rasch wieder wohl auf Ihren Beinen.

Kneipp® Natur-Arznei aus der Apotheke

Arnica Kneipp Salbe bei Schwellungen, Stauungen, müden, schweren, schmerzenden Beinen, Verstauchungen, Prellungen, Blutergüssen.

KNEIPP-WERKE Würzburg und Bad Wörishofen.

Arnica Kneipp Salbe: Die lindernde Wohltat für die Beine.

tig schneidend, gebogen, lanzett- oder sichelförmig. Der Griff bestand bis in die achtziger Jahre des vorigen Jahrhunderts aus Holz, Knochen, Elfenbein oder Schildpatt, danach setzte sich sterilisierbarer und nichtrostender Stahl durch.

Rettungssanitäter bei einem Wiederbelebungsversuch

Wiederbelebung

werden alle Versuche genannt, einen akuten Herz- und/oder Atemstillstand rückgängig zu machen. Im Notfall folgen Helfer dem sogenannten ABC-Schema: 1. Atemwege freimachen – Mund und Rachenraum reinigen, Patient in eine Seitenlage bringen und Kopf nach hinten überstrecken. 2. *Beatmung* – Mund-zu-Mund, Mund-zu-Nase oder mit Hilfe von Apparaten. 3. Cirkulation – mit Herzdruckmassage den Kreislauf wieder in Gang bringen.

Für das Überleben und die völlige Gesundung des Kranken ist von größter Wichtigkeit, wie schnell die Wiederbelebungsmaßnahmen eingeleitet werden. Denn bereits nach drei bis sechs Minuten ohne Sauerstoffversorgung treten irreversible Schäden am Gehirn auf; das Herz wird nach 15 bis 30 Minuten in Mitleidenschaft gezogen.

Die Herzdruckmassage wurde 1959 zum erstenmal an Menschen getestet. Amerikanische Ärzte hatten deren Wirksamkeit zuvor eher zufällig bei Versuchen mit Hunden entdeckt. Bis zu diesem Zeitpunkt gab es bei Herzstillstand nur die Wahl, Adrenalin direkt ins Herz zu spritzen oder – nach einer Brustkorb-Öffnung – das Herz mit der Hand wieder zum Schlagen zu bringen. Heute kann ein Kreislaufstillstand, der durch Herzrhythmusstörungen verursacht wird, mit Elektroschocks behandelt werden.

Zahnspange

Von Kieferorthopäden angepaßte stählerne Spangen rücken die schiefstehenden Zähne vor allem von Kindern und Jugendlichen allmählich in Reih und Glied. Die oft jahrelange Plage dient nicht nur der Ästhetik, sondern hilft auch, Krankheiten zu vermeiden. Denn schiefe Zähne können unter anderem zu falschem Kauen führen, was Magen- und Darmbeschwerden zur Folge haben kann.

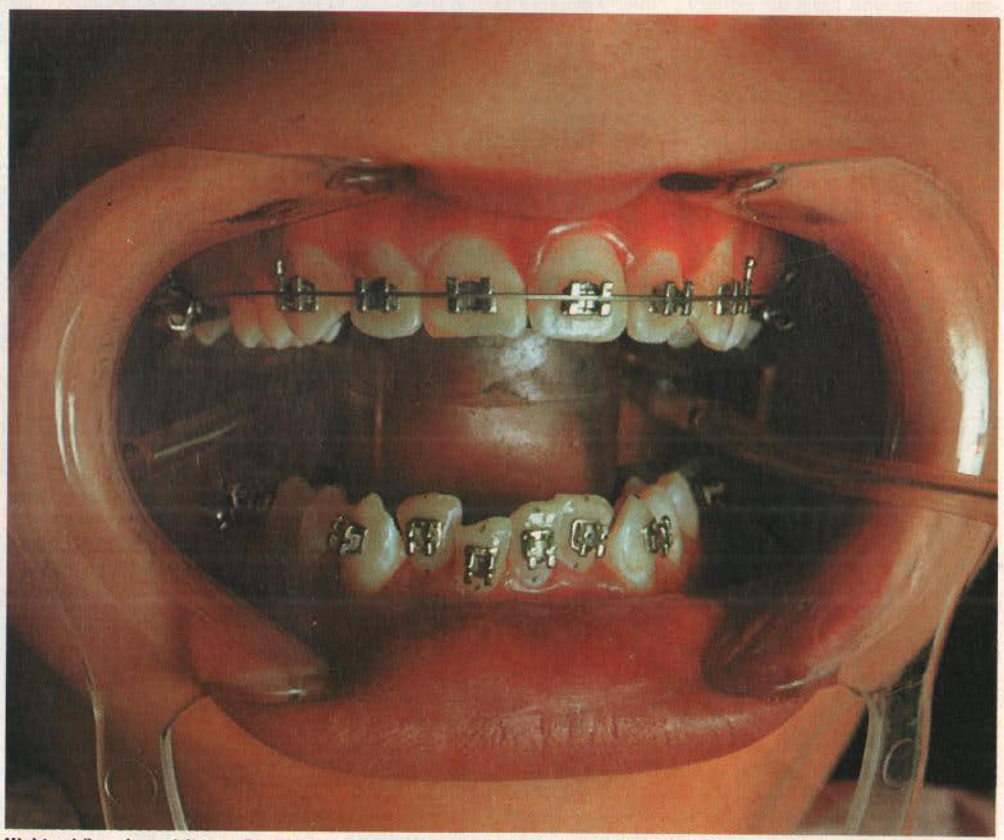
Mit festsitzenden Spangen lassen sich Zähne besser kontrolliert verschieben als mit herausnehmbaren. Häufig setzen Kieferorthopäden heute die „Multi-Band-" oder „Multi-Bracket-Technik" ein. Dabei bringen sie in der Mitte eines jeden Zahnes mit einem Spezialkleber „Brackets" an. In diese flachen, etwa ein Viertelquadratzentimeter großen Edelstahl- oder Keramikplättchen wird ein Metalldraht verankert, der ein „Formgedächtnis" besitzt: Eine spezielle Metallegierung sorgt dafür, daß der Draht immer wieder seine ursprüngliche Paßform einnimmt – auch nach einer ausgiebigen Mahlzeit. Für den nötigen Halt des Drahts sorgen außer den Brackets dünne Metalldrähtchen oder Gummibänder. Letztere gibt es in den poppigsten Farben – was die Jugendlichen, die ihre Zähne so lange in ein solches stählernes Korsett stekken müssen, vielleicht ein bißchen trösten wird.

Zufallsbefund

Dr. med. Zufall ist ein sehr erfolgreicher Kollege. Wie viele – oft schwerwiegende – ärztliche Befunde auf sein Konto gehen, ist kaum zu schätzen, obwohl nahezu jeder Mediziner sofort Beispiele parat hat – etwa dieses: Eine 60jährige Frau wird wegen ihres schwachen Herzens ins Krankenhaus überwiesen. Dort stellt ein Arzt unerwartet eine Blutarmut fest, sucht die Ursache und findet schließlich per Darmspiegelung ein Krebsgeschwür im Darm. Vor allem die Zuckerkrankheit wird häufig per Zufallsbefund entdeckt – zum Beispiel bei routinemäßigen Blutuntersuchungen von Herzinfarktpatienten im Krankenhaus.

Zweite Meinung

Es ist fast immer klug, eine zweite Meinung (engl. „second opinion") einzuholen. Für Mitglieder einer gesetzlichen Krankenkasse ist es allerdings nicht ganz leicht, innerhalb eines Quartals einen zweiten Experten zu Rate zu ziehen. Von einem praktischen Arzt zum anderen oder von einem Facharzt zu einem Spezialisten desselben Fachs können Patienten nur wechseln, wenn sie den behandelnden Arzt um einen Überweisungsschein ersuchen. Wenn der ihn – aus welchem Grund auch immer – nicht ausstellen will, kann sich der Patient an seine Krankenkasse wenden. Als ausreichende Gründe für einen Arztwechsel gelten etwa mangelnder Erfolg der Behandlung oder fehlendes Vertrauen des Patienten. □



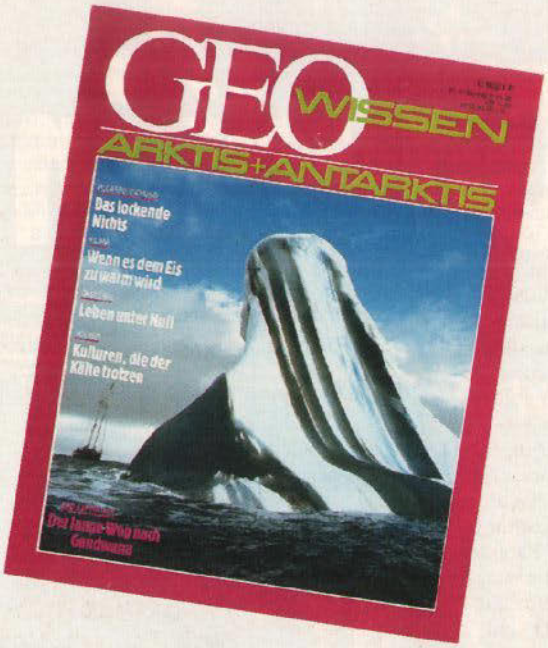
Nicht schön, aber wirksam: Die Multi-Bracket-Zahnspange bringt das Gebiß in Form

Gaudí in Barcelona!

Die eigene Welt der stolzen Katalanen manifestiert sich in Barcelona in vollem Glanz: Hier ist Spanien ganz anders. Entdecken Sie die bizarren Bauten des Antoni Gaudí, lassen Sie sich von den kreativen Höhenflügen schriller Designer inspirieren. Erleben Sie den Alltag auf den Straßen, Plätzen und Märkten als turbulentes Fest, lassen Sie sich durch das schillernde Nachtleben treiben, schlemmen Sie sich durch die Kreationen der katalanischen Küchenchefs. Und über allem schwebt der Geist der Olympischen Sommerspiele '92. Barcelona läßt bitten.
GEO-Special Barcelona, 174 Seiten, DM 13,50.

Jetzt bei Ihrem Zeitschriftenhändler

elbe-drei



Unter dem Titel „Die eisige Ernte" präsentierte GEO-Wissen in Nr. 4/ 1990 „Arktis + Antarktis" die ersten Ergebnisse der antarktischen Forschungskampagne im Südsommer 1989/90. Inzwischen haben die Auswertungen weitere Erkenntnisse über die Dynamik des Filchner-Rønne-Schelfeises geliefert. Auch die Antarktis-Überwinterer brachten im März 1991 interessante Protokolle mit – über die biologische Wirkung des Ozonlochs.

Die eisige Pumpe der Klima-Maschine

Eis ist mehr als nur gefrorenes Wasser. Das gilt besonders für die großen Schelfeise der Antarktis. Sie leiten das mächtige Inlandeis in die Ozeane und treiben damit die globale Klima-Maschine an: Ihr kaltes Schmelzwasser fließt unterseeisch den Kontinentalhang hinab und bildet die Quelle der meisten Tiefseeströme.

Seit einem Jahrzehnt erforschen deutsche Polarglaziologen und Geophysiker die Fließdynamik und das Abschmelzverhalten des Filchner-Rønne-Schelfeises östlich der antarktischen Halbinsel. Während der Sommerkampagne 1989/90 bohrten sie unter anderem einen senkrechten, 215 Meter langen Eiskern aus dem Schelfeis. Die Untersuchungen dieses Kerns sind inzwischen größtenteils abgeschlossen.

Bereits die ersten Tests hatten ergeben, daß die elektrolytische Leitfähigkeit des Eises in etwa 150 Meter Tiefe sprunghaft wächst. Dieses Ergebnis bestätigte eine Vermutung, für die geophysikalische Messungen schon Mitte der achtziger Jahre beweiskräftige Indizien geliefert hatten: daß die Unterseite des Schelfeises in dessen zentralen Bereich nicht aus „meteorischem" Süßwasser-, sondern aus leicht salzhaltigem Meereis besteht. Inzwischen haben Wissenschaftler an Dünnschnitten des Eiskerns die Korngröße der Eiskristalle ermittelt. Die Ergebnisse lassen Rückschlüsse darauf zu, wie sich der bis zu 250 Meter dicke „marine Eiskörper", dessen Fläche nach Schätzungen doppelt so groß ist wie die von Nordrhein-Westfalen, an der Unterseite des Schelfeises gebildet hat.

Für gewöhnlich nimmt die Korngröße eines Eiskörpers mit Alter und Dicke zu. Je älter das Eis ist und je höher seine Temperatur, desto größer werden die Kristalle. Entsprechend zeigen auch die Kristalle des gewonnenen Eiskerns bis in 150 Meter Tiefe allmählich zunehmende Querschnitte. Direkt unter der Grenzschicht von Inland- und Meereis aber wird die Korngröße abrupt geringer und wächst erst wieder mit zunehmender Tiefe.

Für den Glaziologen Hans Oerter vom Bremerhavener Alfred Wegener-Institut für Polar- und Meeresforschung ist dies ein Hinweis darauf, daß die ersten Schichten des marinen, etwa minus zwei Grad kalten Eises nur kleine Kristalle bilden, wenn sie auf den viel kälteren Schelfeiskörper treffen. Je mehr Meereis sich unten anlagere, desto wärmer werde die Schelfeis-Unterseite, so daß die Eiskörner schließlich wieder größer werden.

Aus der Datenfülle aller bisherigen Untersuchungen haben die Wissenschaftler inzwischen ein Modell zur Entstehung des marinen Eiskörpers entwickelt. Danach bilden Druck-Konzentrationsänderungen in einem „Eispumpe" genannten Strömungskreislauf die treibende Kraft für die Anlagerung: An der Schelfeiskante sinkt kaltes, mit Salz angereichertes Oberflächenwasser auf den Meeresboden und strömt dann von dort in das tiefer gelegene Meer unter dem Schelfeis. Dabei sinkt der Gefrierpunkt des Wassers leicht infolge höheren Drucks. Vor der „grounding line", wo das Inlandeis sich vom Felsuntergrund trennt und aufschwimmt, löst die Seetiefenströmung massive Eisschmelze aus. Durch diese Beimischung von Süßwasser – etwa zwei Promille – nimmt die Dichte des Wassers ab, das so wieder aufwärtsströmen kann. Es friert zu Eisplättchen aus, die sich an der Schelfeisunterseite anlagern, wenn sich die Strömung dort in Richtung Schelfeiskante bewegt.

In der kommenden Sommerkampagne, von Januar bis März 1992, werden die Glaziologen neue Löcher durchs Eis bohren. Diesmal soll untersucht werden, ob die Temperatur-, Dichte- und Druckverhältnisse unter dem Schelfeis den Vorstellungen entsprechen. Sollte sich das Modell der „Eispumpe" als richtig erweisen, wären die Wissenschaftler dem Verständnis der Schelfeisdynamik einen großen Schritt näher.

Ozonloch: Wenn die Sporen sterben

Die Gefahr ist weder zu sehen noch zu fühlen. Sie beginnt ausgerechnet mit jenem Ereignis, das Antarktis-Überwinterer nach langer Polarnacht ungeduldig herbeisehnen: dem ersten Sonnenaufgang. Während die Forscher sich über die rasch länger und wärmer werdenden Tage freuen, öffnet sich 20 Kilometer über ihnen der unsichtbare Ozonschleier. Harte ultraviolette Sonnenstrahlung – sogenannte UV_B-Strahlung –, die vorher größtenteils absorbiert wurde, kann nun verstärkt bis zur Oberfläche des weißen Kontinents durchdringen.

UV_B-Strahlen sind die energiereichsten im Strahlenspektrum des Sonnenlichts. Sie dringen durch lebende Zellen und können Bausteine aus biologisch aktiven Molekülen herausschlagen. Beim Menschen ist ein Sonnenbrand noch die harmloseste Folge. Weitaus schlimmeren Schaden richten die Strahlen im ungeschützten Auge an. Zudem bewirken sie Veränderungen an der Erbsubstanz der Hautzellen und erhöhen damit das Risiko, an Hautkrebs zu erkranken.

Wie stark die für uns nicht sichtbaren Strahlen unter antarktischen Ozonloch-Bedingungen ein biologisches System schädigen, haben Wissenschaftler erstmals während der Überwinterungsperiode 1990/ 91 an der deutschen Georg-von-Neumayer-Station erforscht. Die Daten wurden Ende September 1991 auf einer internationalen Konferenz in Bremen präsentiert.

Grundlage der Messungen ist die „biologische UV-Dosimetrie", die sich bereits auf mehreren Raumflügen bewährt hat. Bei dieser Methode werden Quarzplättchen, die mit einer definierten Anzahl getrockneter Sporen des Bakteriums *Bacillus subtilis* beschichtet sind,

unter definierten Bedingungen dem Sonnenlicht ausgesetzt. Die Sporen reagieren auf UV_B-Licht ähnlich sensibel wie Hautzellen von Menschen und Mäusen: Werden sie für bestimmte Zeit der Strahlung ausgesetzt, entstehen Schäden am Erbmolekül DNA, die – je nach Dosis – zum Tod der Zellen führen. Die Überlebensrate der Sporen gibt Auskunft über die Stärke der Strahlung.

Lothar Quintern vom Institut für Flugmedizin der Deutschen Forschungsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DLR) in Köln-Porz hat die UV-Dosimetrie den Antarktis-Bedingungen angepaßt. Monika Puskeppeleit, Ärztin und Leiterin des letztjährigen, aus neun Frauen bestehenden Überwinterungsteams des Alfred Wegener-Instituts, hat die Versuchsreihe in der Antarktis betreut – aufgrund privater Initiative.

Die Ergebnisse erlauben nur einen relativen Vergleich, denn die UV_B-Strahlung in der Antarktis unterliegt auch unter Normalbedingungen – also ohne Ozonloch – jahreszeitlichen Schwankungen, die sich nach dem Einstrahlungswinkel der Sonne richten. Immerhin konnte der Versuch die Folgen des Ozonschwundes eindrucksvoll demonstrieren: Für Oktober 1990, als die Ozon-Konzentration über der Georg-von-Neumayer-Station mit etwa 155 „Dobson-Einheiten" ihren niedrigsten Jahreswert erreichte, errechnete Quintern aus der geringen Überlebensrate der sonnenexponierten Sporen eine doppelt so hohe UV_B-Strahlung, wie sie ohne Ozonabbau zu erwarten gewesen wäre. Ähnlich hohe Werte ergaben die Versuche nur noch für die Zeit der südlichen Sommersonnenwende Ende Dezember.

Das Forscherteam bewertet die Daten als das Ergebnis eines vorläufigen, improvisierten Experiments. Von einer verbesserten Methode, die von Mitgliedern des Überwinterungsteams 1991/92 angewandt wird, versprechen sich die Wissenschaftler differenziertere Informationen über das „Strahlenklima" an der Georg-von-Neumayer-Station. Monika Puskeppeleit ist allerdings besorgt, daß die Messungen nicht fortgesetzt werden. „Das Alfred Wegener-Institut", klagt die Ärztin, „hat noch wenig Interesse an dieser Art biomedizinischer Polarforschung."

Manfred Pietschmann

GEO-Wissen Nr. 3/1990 „Sucht + Rausch" beschrieb unter anderem den „Trinker in uns". Alkohol, die Droge Nummer eins, gefährdet auch Ärzte, Schwestern und Pfleger in Klinik und Praxis.

Stress in der Klinik – Griff nach dem Glas

Berlin, Elisabeth-Krankenhaus, 18. Mai 1989. Ein 38jähriger Mann wird eingeliefert, eine Routineoperation für jeden erfahrenen Chirurgen. Unmittelbar danach stirbt der Patient. Schuld daran habe, lautet der Vorwurf der OP-Schwestern, der Oberarzt. Er sei bei dem Eingriff angetrunken gewesen. So sehen es später auch die Richter des Berliner Landgerichtes und verurteilen den Operateur in erster Instanz zu 30 Monaten Haft.

Im Berliner Elisabeth-Krankenhaus trank allerdings nicht nur ein Oberarzt, sondern auch der Chefarzt. Bis zum Tod des 38jährigen hatte das Personal den Alkoholmißbrauch der leitenden Kollegen mehr oder weniger gedeckt. Und dieses Hospital ist kein Einzelfall: Etwa jeder sechste Klinikarzt glaubt von sich selbst, daß er Probleme mit Alkohol hat. In emotional besonders belastenden Abteilungen – Intensivstation, Chirurgie, Krebsabteilung – ist die Zahl noch deutlich höher. Zu diesem Ergebnis kommt eine Studie der Technischen Universität München und des Bundesministeriums für Forschung und Technologie aus dem Jahr 1991, die unter dem Titel „Stress im Krankenhaus" auch Suchtgefahren analysierte.

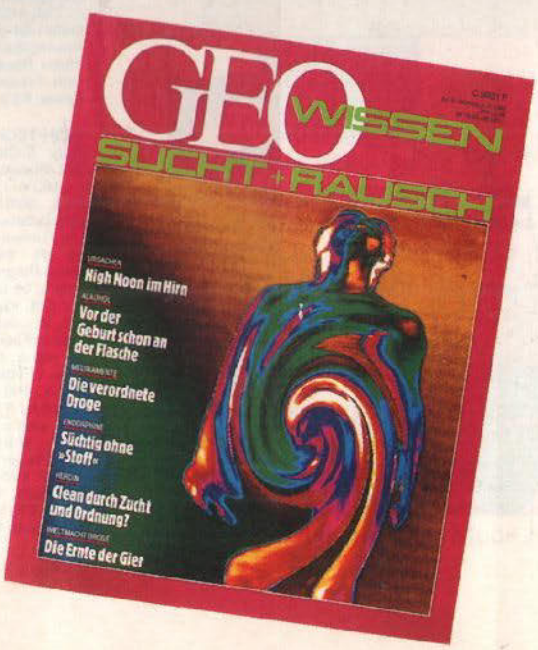
Im Rahmen der Untersuchung befragte der Psychologe Peter Herschbach knapp 900 Ärzte und Ärztinnen, Schwestern und Pfleger an 54 verschiedenen Kliniken in Baden-Württemberg und Bayern. Demnach trinken auch 6,7 Prozent der Schwestern und Pfleger nach eigener Einschätzung zuviel.

Vor allem fünf Bedingungen stehen mit dem übermäßigen Alkoholkonsum bei Schwestern und Pflegern in Zusammenhang: Jugend und Unerfahrenheit, „Dreischichtenwechseldienst", wenig Zeit für Erholungspausen und eine zu hohe Patientenzahl. Dazu kommt, daß beispielsweise das Pflegepersonal von Krebsstationen besonders viele Schwerstkranke mit langen Liegezeiten versorgen muß. Ständige körperliche und emotionale Überforderung lassen einige Helfer nicht nur nach, sondern auch vor und während des Dienstes zur Flasche greifen.

Der Mißbrauch von Medikamenten gehört inzwischen ebenfalls zum Klinikalltag. Laut der Untersuchung „Frauen und Medikamente", 1984 an der Hamburger Universitätsklinik Eppendorf veröffentlicht, schlucken 37 Prozent der im Gesundheitswesen beschäftigten Frauen Beruhigungs-, Aufputsch-, Schlaf- und Schmerzmittel. Ein Grund dafür ist auch deren leichte Zugänglichkeit.

Einige Klinikleitungen haben die Nöte eines Teils ihres Personals erkannt. Suchtbeauftragte, spezialisierte Betriebsärzte und Alkoholikergruppen bieten zumindest erste Anlaufstellen für Betroffene. Je höher jedoch ein Gefährdeter in der Rangordnung des Krankenhauses gestiegen ist, erklärt eine Betriebsärztin, desto schwerer sei es, mit den Betroffenen über ihre Schwierigkeiten zu sprechen. Sie sieht das Hauptproblem der Alkoholikergruppen darin, daß nur bestimmte Beschäftigte kommen, etwa Stationshilfen oder Hausarbeiter, Kraftfahrer oder Pförtner. Ab und zu findet jemand aus der Verwaltung oder auch eine Pflegekraft zur Gruppe – aber nie ein Arzt oder eine Ärztin. Diese hätten es in ihrer Position als Helfer und Heiler besonders schwer, eigene Nöte zu offenbaren.

Patricia Schlesinger



LITERATUR

ÜBERSICHTEN

Claudine Herzlich, Janine Pierret: „Kranke gestern, Kranke heute. Die Gesellschaft und das Leiden"; C. H. Beck, München 1991. **Ivan Illich:** „Die Nemesis der Medizin. Von den Grenzen des Gesundheitswesens"; Rowohlt, Reinbek 1981. **Walter Krämer:** „Die Krankheit des Gesundheitswesens. Die Fortschrittsfalle der modernen Medizin"; S. Fischer, Frankfurt 1989. **Rheinisch-Westfälische Akademie der Wissenschaften (Hrsg.):** „Arzt und Patient im Spannungsfeld. Natur – technische Möglichkeiten – Rechtsauffassung"; Westdeutscher Verlag, Opladen 1990. **Sachverständigenrat für die Konzertierte Aktion im Gesundheitswesen:** „Jahresgutachten 1991. Das Gesundheitswesen im vereinten Deutschland"; Nomos, Baden-Baden 1991. **Rick Smolan, Phillip Moffitt, Matthew Naythons:** „The Power to Heal. Ancient Arts & Modern Medicine"; Prentice Hall, New York 1990. **Susan Sontag:** „Krankheit als Metapher"; Fischer, Frankfurt 1987. **Jürgen-Peter Stössel:** „Tüchtig oder tot. Die Entsorgung des Leidens"; Herder, Freiburg 1991. **Thure von Uexküll, Wolfgang Wesiack:** „Theorie der Humanmedizin. Grundlagen ärztlichen Denkens und Handelns"; Urban & Schwarzenberg, München 1991.

ÄRZTE, PFLEGER, SCHWESTERN

Friesdorf, Schwilk, Hähnel (Hrsg.): „Ergonomie in der Intensivmedizin"; Bibliomed, Melsungen 1990. **Hans-Joachim Hannich:** „Medizinische Psychologie in der Intensivbehandlung. Untersuchungen zur psychologischen Situation"; Springer, Berlin/Heidelberg 1987. **Gernot Huppmann, Friedrich-Wilhelm Wilker (Hrsg.):** „Medizinische Psychologie & Medizinische Soziologie"; Urban & Schwarzenberg, München 1988. **Ilona Ostner, Elisabeth Beck-Gernsheim:** „Mitmenschlichkeit als Beruf. Eine Analyse des Alltags in der Krankenpflege"; Campus, Frankfurt 1979. **Nancy Roper, Winifred Logan, Alison Tierney:** „Die Elemente der Krankenpflege"; Recom, Basel 1989.

EPILEPSIE

Ursula Schuster: „Michaels Fall. Mein Kind ist epilepsiekrank. Erfahrungs- und Ermutigungsbericht einer Mutter"; Blackwell Ueberreuter, Berlin 1990. **Hermann Stefan:** „Epilepsien. Diagnose und Behandlung"; VCH, Weinheim 1991.

ETHIK/PHILOSOPHIE

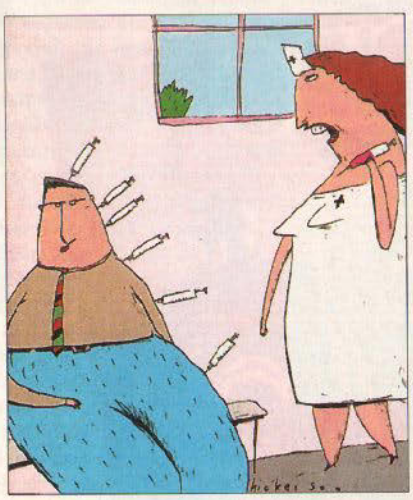
Ärztekammer Berlin (Hrsg.): „Der Wert des Menschen. Medizin in Deutschland 1918–1945"; Hentrich, Berlin 1989. **Ulrich Bässler:** „Irrtum und Erkenntnis. Fehlerquellen im Erkenntnisprozeß von Biologie und Medizin"; Springer, Berlin/Heidelberg 1991. **Monika Bullinger, Monika Ludwig, Nicole von Steinbüchel (Hrsg.):** „Lebensqualität bei kardiovaskulären Erkrankungen"; Hogrefe, Göttingen 1991. **Wolfgang van den Daele, Heribert Müller-Salomon:** „Die Kontrolle der Forschung am Menschen durch Ethikkommissionen"; Enke, Stuttgart 1990. **Robert Jay Lifton:** „Ärzte im Dritten Reich"; Klett-Cotta, Stuttgart 1988. **Benno Müller-Hill:** „Tödliche Wissenschaft. Die Aussonderung von Juden, Zigeunern und Geisteskranken 1933 – 1945"; Rowohlt, Reinbek 1984. **Hans-Martin Sass (Hrsg.):** „Medizin und Ethik"; Reclam, Stuttgart 1989.

HISTORIE

Karl Deichfelder: „Geschichte der Medizin. Skizzen aus 2500 Jahren Heilkunde"; F. Englisch, Wiesbaden 1985. **Michel Foucault:** „Die Geburt der Klinik. Eine Archäologie des ärztlichen Blicks"; Fischer, Frankfurt 1988. **Charles Lichtenthaeler:** „Geschichte der Medizin"; Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1987. **Albert Lyons, Joseph Petrucelli:** „Medicine. An Illustrated History"; Abrams, New York 1987. **Jean-Charles Sournia et. al. (Hrsg.):** „Sternstunden der Medizin. Heilkunde im Wandel der Zeit"; Andreas & Andreas, Salzburg 1984.

TECHNIK

Gerhard Bueß (Hrsg.): „Endoskopie. Von der Diagnostik bis zur Neuen Chirurgie"; Deutscher Ärzte-Verlag, Köln 1990. **Heinz Goerke:** „Medizin und Technik. 3000 Jahre ärztliche Hilfsmittel für Diagnostik und Therapie"; **Stanley Joel Reiser:** „Medicine and the reign of technology"; Cambridge University Press, Cambridge 1978.



Fotovermerke nach Seiten. Anordnung im Layout: l. = links, r. = rechts, o. = oben, m. = Mitte, u. = unten

Titel
Götz Schwan/ Jean-Claude Revy

Seite 4
CNRI/SPL/Focus: o.; Ines Krüger: m.o.; Thomas Ernsting/Bilderberg: m.u.; Lynn Johnson/Black Star: u.

Seite 5
Thomas Stephan: o.; Jörg Wischmann: m.o.; F. Ayer/ Photo Researchers: m.u.; Stephan Elleringmann: u.

DER VERMESSENE MENSCH
CNRI/SPL/Focus: 6/7; Mark Wexler: 8/9; Heiner Müller-Elsner: 10/11; P.F.Bentley: 12/13; Lois Lammerhuber: 14/15; Alexander Tsiaras/SPL/Focus: 16 o.; A. Tsiaras/SS/Photo Researchers: 16/17; Jörg Wischmann: 18/19

ALS WÄR'S EIN STÜCK VON MIR
Aesculap AG Tuttlingen: 22; H. Groskinsky/ Life Picture Service: 23; J.Argo/Picture Group/ Focus: 24 o.; B. Laing/ Black Star: 24 u.; A. Tsiaras/ Discover/ Family Media: 25 o.

IM EINSATZ BIS ZUM LETZTEN
Ines Krüger: 26–39

DIE GEISTER, DIE WIR RIEFEN
Greg Spalenka: 41

DIE ANDERE KUNST DES HEILENS
Thomas Ernsting/ Bilderberg: 42–56; P.Biddle+T.Malyon/SPL/Focus: 52 u.

DER FLUCH DER GUTEN TAT
Lynn Johnson/Black Star: 58–74

DIE INVASION DER KLINIK-KEIME
J.Walsh/SPL/Focus: 76/77

ALS DIE TECHNIK HEILEN LERNTE
Bildarchiv Preussischer Kulturbesitz: 78/79 (4), 80 m. o. und m. u. l., 81 m. o. und m. u. l., 82 (6), 83 m. u. r., 84 o. l. und m. u. l.; Granger Collection: 79 o. r., 80 o. r. und m. u. r., 81 o., 83 o. und m. u. l.; Sirius Bildarchiv: 79 m. l., 85 o.; SIPA Icono: 79 m. r., 81 u. l., 84 m. u. r.; Rainbow: 80 o. l.; Roland W. Krauss: 80 u.; Museo del Prado: 81 m. u. r.; WHO: 81 u. r.; Boston Medical Library/ Francis A.Countway Library of Medicine: 83 m. o.; S. Petersen: 83 u.; Deutsches Röntgen-Museum: 84 o. r.; Coll.Arditti: 84 m. o.; UPI/ Bettmann: 84 u.; Hank Morgan/ Photo Researchers: 84 m. o.; J.Nettis/ Photo Researchers: 85 m. u.; Simon Fraser/Medical Physics/SPL/ Focus: 85 u.

HIGH-TECH:
Gary S.Chapman: 86/87; CNRI/SPL/Focus: 88/89, 97 m., 98 o., 102 u., 103 o. r.; Wolfgang Volz/Bilderberg: 90/91; Institut f.Mathematik und Datenverarbeitung i. d. Medizin, Universität Hamburg: 92/93, 95; R. Phillips/Image Bank:94; Steve Ringman: 96 o.; L.Skooglors/ Focus: 96 u.; SPL/Focus: 97 o., 97 u. r.; St. Krongard/Image Bank: 97 u. l.; H.Sochurek/Woodfin Camp & Assoc./Focus: 98 u. l., 104 o., 105 o., 106 o.; Dr. Oswald/DHZ Berlin: 98 u. r.; Howard Sochurek: 101 o., 102 o., 103 o.l., 104 u., 107 u., 114 l., 118 u.; S.Fraser/SPL/Focus: 101 m. l. und r., 106 u.; Siemens AG: 101 u., 103 u., 108 o. r.; A. Tsiaras/ SPL/Focus: 103 m.; Ph.Plailly/SPL/ Focus: 105 u., 116 u.; A.Tsiaras/ SS/Photo Researchers: 107 o., 113, 114/115 o., 117 u.; Siemens Ultrasound Inc, San Ramon: 108 o. l.; Peter Menzel: 109 o.; Hank Morgan: 109 u., 115 m.; Dan McCoy/ Rainbow: 110 o., 112; EEG Systems Laboratory: 110 u.; Image Bank: 111 o.; Richard Straight/Utah Laser Institute/University of Utah: 115 u.;Kernforschungszentrum Karlsruhe:116 o.; Martin Dohrn/ SPL/Focus: 117 o.; Karen Kasmauski/Wheeler Pictures/Focus: 118/119

DIE ÖKONOMISCHE INDIKATION
Thomas Mayfried: 120–123

DER PERMANENTE NOTFALL
Thomas Stephan: 124–134

DIE GNADENLOSEN FORSCHER
BPK, Berlin: 136/137 u.; Auschwitz Museum: 137 o.; Aus „Deutsche Hepatitisforschung im II. Weltkrieg" mit frdl.Genehmigung der Autoren, B.Leyendecker und Burghard F. Klapp, FU Berlin: 137 m.

DER GRIFF NACH DER WURZEL DES ÜBELS
Jörg Wischmann: 138–141. 143–148; Werner Krüper: 142; Wally McNamee/ Newsweek: 149

DIE BOHRMEISTER
Don Carroll/Image Bank: 150/151; A. Wolf/ Explorer: 153 o. und m., 154; K. Nordmann/Focus: 153 u.; Ines Krüger: 155

DIE RASENDEN RETTER
Stephan Elleringmann: 158–165

DER TREND ZUM KLEINEN SCHNITT
Heiner Müller-Elsner: 166/167; A. Tsiaras/SS/Photo Researchers: 168; Meffert/STERN: 169

IM GEISTE DER NATUR
Charles Lindsay/»Mentawai Shaman«/Aperture Books: 170/171; Mark Peters/ SIPA PRESS: 172/173; Geneviève Renson: 172 u.; Thomas Ernsting: 174/175; Dilip Mehta/Contact/ Focus: 174 u.; P.F. Bentley: 176/177; Jeff Jacobson: 176 u.; R. Taylor und D.Fabricius/ Compix: 178/179; Mary Ellen Mark: 178 u.

GLOSSAR
Ines Krüger: 180 u.; Scott Goldsmith: 181; Burt Glinn/Magnum/Focus: 182 o.; Nathan Benn/ Focus: 182 m., 183 o.; D.Asgro/Image Bank: 183 u.; St.Wilkes/Image Bank: 185; Brad Trent/Outline: 186 o.; G.de Laubier/Figaro Magazine/ Gamma: 186 u.; D.Parker/SPL/Focus: 187 o.; M.Dohrn/SPL/Focus: 187 u.; Hayo Heye: 188 o.; Sirius Bildarchiv: 188 u.; Doug Menuez: 189 o.; Y.Arthus-Bertrand/Focus: 189 m.; M. Grecco/Outline/Focus: 189 u.; W.+ D.McIntyre/SS/Photo Researchers: 190, 191; St. Elleringmann: 192 o.; H. de Lespinasse/ Image Bank: 192 u.

VORSCHAU:
Ron Johnson/La Crosse Tribune: 197

ZEICHNUNGEN/ ILLUSTRATIONEN:
James Endicott: 3, 157; J. Karapelou/Discover/Family Media: 25 u.; Holger Everling/GEO Grafik: 101, 103, 105, 108, 180, 190; Buddy Hikkerson: 152; J.Wagner: Praktische Kardiologie/Walter de Gruyter & Co, Berlin: 182 u.; Buddy Hickerson/Los Angeles Times Syndicate: 196

Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Fotos übernehmen Verlag und Redaktion keine Haftung.

© GEO 1991, Verlag Gruner + Jahr, Hamburg, für sämtliche Beiträge.

Einem Teil der Auflage liegen Prospekte für Time Life, Neues Gymnasium Zürich, Gruner + Jahr AG & Co. bei.

RISIKO CHANCE KATASTROPHE

Wenn zwei Menschen unversehrt einem umgestürzten Lastwagen entsteigen, spricht der Volksmund vom Glück im Unglück. Das aber haben wir nicht nur auf der Straße nötig: Leben heißt, das nächste Risiko zu wagen

Der Mensch, das unbedachte Wesen: rast zigaretterauchend mit 200 Sachen über die Autobahn und grübelt über Giftrückstände im Frühstücksjoghurt; läßt sich gegen alle Unbilden des Lebens versichern und spielt Roulett; sehnt sich nach sozialer Sicherheit und sucht in der Freizeit das Risiko des Kletterns im nackten Fels. Dieses Verhalten ist nur scheinbar absurd. Denn Neues zu probieren ist mehr als eine Marotte des Menschen: Es ist die Grundeigenschaft einer dynamischen Welt. Wagen heißt auch: Chancen nutzen – und sei es zum puren Lustgewinn. Dennoch riskiert der Bürger in der heutigen Industriegesellschaft unfreiwillig mehr, als er selbst je verantworten könnte: Die Wohlstandskultur bietet ihm enorme Vorteile, sie birgt aber auch – durch Großtechniken und globale Umweltverschmutzung – das Potential unabsehbarer Katastrophen

Beachtliche Bilder. Sofort.

VITAMIN K

Videoprints, die modernen Sofortbilder auf Knopfdruck, stehen jetzt überall im Blickpunkt. Weil der neue Farb-Videoprinter CP-50 E von Mitsubishi das Videoprinten überaus einfach und brillante Bilder kostengünstig macht. Die Videoprints vom CP-50 E sind 107 x 82 mm groß (s. o. Originalgröße) und setzen Menschen in jedem Bereich schneller ins Bild. Ob in der Medizin, den Medien oder auch ganz anderen Anwendungen. Sie brauchen den CP-50 E nur an ein Videosystem anzuschließen. Er ist sehr komfortabel zu bedienen und dazu auffallend vielseitig mit Anschlüssen für PAL-, VHS-, S-VHS- und RGB. Damit ist er problemlos mit Videorecordern, Camcordern und Videokameras, aber auch mit Mikroskopen, Meßgeräten und vielen Computern zu verbinden.

Das, was Sie auf dem Monitor sehen, gibt der CP-50 E in Photoqualität aus. Wenn Sie wollen, sogar mit wahlweise 2 bis 256 Bildern auf einem Print. Denn er hat Multi-Bild- und Stroboskop-Funktionen. Der CP-50 E ist auf einfache Weise genial. Und er bietet auch da Aus- und Einsichten, wo es nicht um die Gesundheit geht. Wo und wie Sie den CP-50 E überall einsetzen können, sagen wir Ihnen gerne: **(02102) 486-187/178**

MITSUBISHI ELECTRIC EUROPE GMBH, CP-Marketing & Sales,
Gothaer Straße 8, DW-4030 Ratingen 1, Tel. (02102) 486-187/178
Vertrieb in Österreich: Fritz Brüll GmbH, Kriehubergasse 9,
A-1050 Wien, Tel. (0222) 543748
Vertrieb in der Schweiz: Schibli-Vision, Hans K. Schibli AG,
Oberfeldstraße 12 c, CH-8302 Kloten/Zürich, Tel. (01) 813 1616

MITSUBISHI
ELECTRONIC VISUAL SYSTEMS