

Die Unternehmen der Medizintechnologie

∴ ∴ ∴ ∴ **BVMed**  
*Gesundheit gestalten.*



**Geschichte und Trends  
der Medizintechnologie**

## Impressum

### Herausgeber:

BVMed  
Bundesverband Medizintechnologie e.V.  
Reinhardtstraße 29 b, D – 10117 Berlin  
Telefon: (030) 246 255-0,  
Telefax: (030) 246 255-99  
E-Mail: info@bvmed.de  
Internet: www.bvmed.de

November 2004

Redaktion: *Manfred Beeres*, BVMed, Berlin  
Layout: *buerobeyrow Design und Konzeption*, Berlin  
Druck: *Druckerei Conrad GmbH*, Berlin

### Autoren:

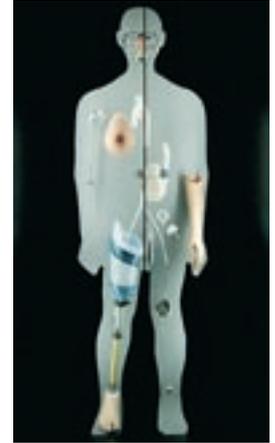
*Joachim M. Schmitt* ist Geschäftsführer und Mitglied des Vorstandes des Bundesverbandes Medizintechnologie (BVMed) mit Sitz in Berlin.  
*Manfred Beeres* ist Journalist und leitet den Bereich Kommunikation/ Presse beim BVMed.

Die Autoren danken Claudia Hampe und Frank Sitta für ihre Unterstützung und Recherchen.  
Da es sich um eine journalistische, keine wissenschaftliche Publikation handelt, wird auf detaillierte Quellenachweise verzichtet.

## Inhalt

<b>1. Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2. Wundversorgung</b>	<b>4</b>
Antiseptik und Wundwatte als Meilensteine	4
Die moderne Wundversorgung	6
<b>3. Chirurgische Instrumente und Krankenhausartikel</b>	<b>7</b>
Spritzen, Kanülen und Nahtmaterial	7
Exkurs: Kunststoffe in der Medizin	8
<b>4. Untersuchungs- und OP-Methoden</b>	<b>9</b>
<b>5. Auge</b>	<b>12</b>
<b>6. Knochen und Gelenke</b>	<b>14</b>
<b>7. Herz und Gefäße</b>	<b>16</b>
Gefäße: Angioplastie & Stents	16
Elektrostimulation des Herzens	18
Schrittmachertechnologien	19
Herzunterstützungssysteme/Kunstherz	20
<b>8. Enterale Ernährung</b>	<b>21</b>
<b>9. Ausblick in die Zukunft</b>	<b>22</b>
Medizintechnologien der Zukunft	22
Fokus: Nanotechnologien	24
Fazit	26

Ausstellung  
„Leben mit Ersatzteilen“



## Kapitel 1

# Einleitung

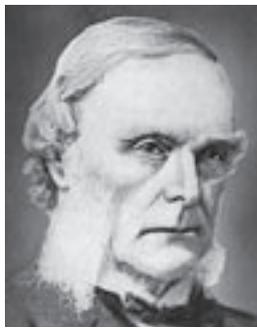
Medizintechnologien sind unentbehrlich für die Gesundheit und die Lebensqualität der Menschen. Medizintechnologien – die korrekte rechtliche Bezeichnung lautet „Medizinprodukte“ – reichen vom Pflaster und Verbandmittel über Spritzen und Kanülen bis hin zu Implantaten oder medizintechnischen Geräten. Sie retten Leben. Sie helfen heilen. Sie sorgen dafür, dass Millionen von Patienten in Deutschland ihre Vitalität und Mobilität zurückgewinnen. Medizintechnologien spielen dabei eine wichtige Rolle in allen Bereichen des Gesundheitswesens: in der Prävention, der Diagnostik, der Therapie und der Rehabilitation. Sie begleiten uns durch alle Lebensphasen und helfen bei den unterschiedlichsten Krankheitsbildern.

Die Ursprünge der Medizintechnologie gehen weit zurück, sind aber nur wenig erforscht oder systematisch aufbereitet. Zwar gibt es an allen Universitäten Lehrstühle für Medizingeschichte. Medizintechnologien bzw. Medizintechnik spielen dort jedoch meist keine Rolle. Ausnahmen bilden hier beispielsweise die medizinhistorischen Museen in Berlin oder Ingolstadt. Große Verdienste in dieser Thematik hat sich auch das Deutsche Museum München mit seiner Ausstellung „Leben mit Ersatzteilen“ unter der wissenschaftlichen Leitung von Dr. Walter Rathjen erworben. Die Ausstellung beschränkt sich auf den Implantatebereich.

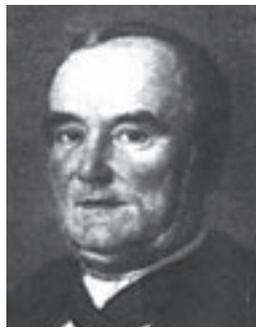
Der Bundesverband Medizintechnologie (BVMed) gibt im Folgenden einen Überblick über die historische Entwicklung der Medizintechnologie anhand ausgewählter – bei weitem nicht aller! – Produkt- und Therapiebereiche, um diesen interessanten Bereich des Gesundheitssystems historisch zu beleuchten und auf dieser Grundlage einen Ausblick in die Zukunft zu wagen.



Hippokrates



Lister



von Bruns

Cellona-Gipsbinde



## Kapitel 2

# Wundversorgung

Das erste Medizinprodukt gab es aller Wahrscheinlichkeit nach, als ein Mensch erstmals mit Pflanzenblättern oder einer Baumrinde oder auch nur mit Erde eine Wunde behandelte und die Wundaufgabe umwickelte. Bereits unsere frühesten Vorfahren nutzten ihren Erfindergeist und entwickelten Behandlungsmethoden, um sich bei Verletzungen auf der Jagd selbst helfen zu können. So dienten ihnen scharfe Muschelschalen, große Fischgräten oder Steinmesser als Operationsbesteck, um entzündete Abszesse zu öffnen oder Dornen aus der Haut zu entfernen.

Die medizinische Versorgung in der Frühzeit der Menschheitsgeschichte ist nicht in den Details bekannt, aber wir wissen, dass die Hochkultur der Ägypter bereits über ein sehr entwickeltes Wissen über medizinische Versorgung verfügte. Aus der Zeit um 1700 v. Chr. stammen der Edwin-Smith-Papyrus und das Papyrus Ebers. Diese ägyptischen Schriften beinhalten erste Beschreibungen und Anleitungen zur Wundheilung und -behandlung. Die Kenntnisse des Mumifizierens waren für die Wundtherapie der Ägypter von Vorteil. Als Lokaltheraeutika dienten ihnen mit Öl oder Honig getränkte Leinentücher. Dieses Wissen hielt im 6. Jahrhundert v. Chr. Einzug nach Griechenland und später nach Italien. Dabei vollzog sich ein Umschwung von magisch-religiösen Heilvorstellungen zu hinterfragter medizinischer Wissenschaft.

Der Grieche **Hippokrates** (460-377 v. Chr.) unterscheidet in seinen Werken zwischen Krankheit und Symptom, zwischen Heilung und bloßer Stillung des Schmerzes. Als wirksamste Behandlungsmethode

der Blutstillung und Infektionsbekämpfung beschreibt er die Kauterisation, also das Ausbrennen der Wunde mit einem Glüheisen. Vorwiegend wurden Verbände aus Wein für die Wundbehandlung sowie Spinnweben, aber auch Kompressen und Tupfer für die Blutstillung verwendet. In der mittelalterlichen Chirurgie wurden diese Materialien durch in Rotwein getränkte Fasern, die durch Zupfen oder Schaben von Leinwand entstanden, verdrängt, mit denen die Wunden gereinigt wurden.

## Antiseptik und Wundwatte als Meilensteine

Meilensteine in der Wundtherapie legten Ignaz Semmelweis und der schottische Arzt **Sir Joseph Lister**. Semmelweis (1818-1865) entdeckte, dass über die Hände der Ärzte das Kindbettfieber übertragen wurde. Daher forderte er ein gründliches Waschen und Desinfizieren der Hände mit Chlor. Lister (1827-1912) stellte fest, dass in der Luft enthaltene Keime Wundeiterung verursachten und führte die Desinfektion des gesamten Operationsfeldes, der Instrumente sowie der Verbände mit Karbolsäure ein, um Mikroorganismen von chirurgischen Wunden fernzuhalten. Durch dieses 1867 publizierte Verfahren gilt Lister als Begründer der Antiseptik. Es ist ihm zu verdanken, dass die Todesraten bei Wundinfektionen deutlich gesenkt werden konnten. Gefördert wurde Listers Entdeckung durch die Arbeiten von Louis Pasteur 1865. Gärung und Fäulnis, so hatte Pasteur bewiesen, werden durch mikroskopisch kleine Lebewesen

PorElast Pflasterbinde



Steriler Wundverband



Historischer Unfallkoffer



verursacht. Lister glaubte, dass Wundeiterungen ähnliche Ursachen haben.

Ein weiterer Meilenstein in der Wundversorgung war die Erfindung der hydrophilen Verbandwatte durch Professor **Viktor von Bruns**. Bis Mitte des 19. Jahrhunderts wurden tiefe Hautblennuren ausschließlich mit „Scharpie“ verbunden, einer Wundabdeckung aus gezupften Leinenresten. Selbst ausgekocht war dieses Verbandmaterial alles andere als keimfrei. Dem Tübinger Chirurgen von Bruns gelang es, Baumwolle zu bleichen, zu entfetten und damit hydrophil (saugfähig) zu machen. Die industrielle Wundwatte-Produktion begann kurze Zeit später, im Jahre 1871. Der Industrielle Heinrich Theophil Baeschlin hatte sich die Lizenz für die Verbandwatte gesichert. Aus seiner Firma ging das heutige Unternehmen Lohmann & Rauscher hervor. Baeschlin bekam aber bald Konkurrenz. Bereits 1870 hatte die Heidenheimer Spinnerei und Weberei von Paul Hartmann, Gründer der heutigen PAUL HARTMANN AG, Versuche zur Fertigung neuartiger Verbandstoffe gestartet. Auch Hartmann baute auf die Brunssche Erfindung und entwickelte sie weiter. 1874 beschrieb Lister erstmals detailliert das Verfahren zur Herstellung eines keimabtötenden Wundverbands, der so genannten „Lister’schen Carbolgaze“. Die Lizenz für die Produktion wurde an Hartmann vergeben. Verbandwatte, Verbandgaze und Verbandjute erzielten den Durchbruch in der antiseptischen Wundbehandlung. Der Weg von der Verbandwatte zum Verbandmull war nicht mehr weit.

Im Jahre 1882 wurde der erste „Erste-Hilfe-Kasten“ produziert. Verwendet wurde er in der Bergisch-Märkischen Eisenbahn.

Die Verbandmittelhersteller Lohmann (bis 1929 Lüscher & Bömper) und Hartmann waren auch dabei, als am 1. März 1901 in Berlin die „Vereinigung der Verbandstoff-Fabriken Deutschlands“ gegründet wurde, der Vorläufer des heutigen Bundesverbandes Medizintechnologie (BVMed).

Das heute allgemein bekannte „Verbandpäckchen“ wurde erstmals Anfang des 20. Jahrhunderts von dem holländischen Apotheker Utermöhlen in Amsterdam hergestellt. Im Jahre 1919 wurden die ersten Pflaster produziert. 1924 erfand der bei Lüscher & Bömper tätige Chemiker Georg Teske die elastische Pflasterbinde Elastoplast. Elastoplast wurde seit 1925 angeboten und zunehmend in der Kompressionsbehandlung von Venenprobleme eingesetzt. 1931 wurde die Marke an Beiersdorf in Hamburg verkauft. Die Lizenz in England hatte Smith & Nephew.

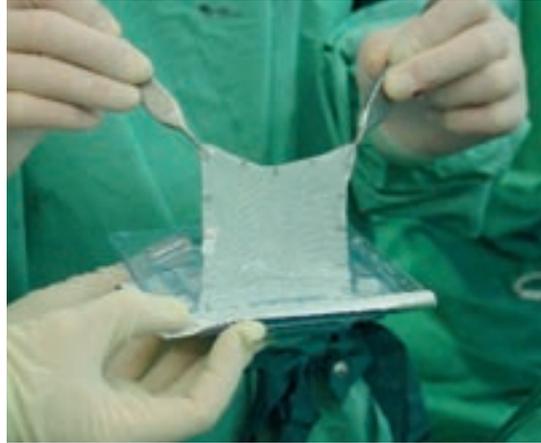
1930 wurde bei Lohmann die fixierte Cellona-Gipsbinde erfunden, deren große Festigkeit und geringes Gewicht neue Möglichkeiten für Chirurgie und Orthopädie eröffneten. Den ersten festen Verband aus Gipsbinden hatte bereits 1852 der niederländische Arzt Antonius Mathijssen entwickelt.

Ende der 1950er Jahre wurde der erste textile Röntgenkontrastfaden für Mullverbandstoffe hergestellt. Zeitgleich mit der Produktion der ersten Babywindeln zum Einmalgebrauch entwickelte sich kontinuierlich eine breite Produktpalette für die Inkontinenzhygiene.

Moderne Wundversorgung



Tissue Engineering



Heute wie damals gibt es Diskussionen über die Kosten neuer Verfahren. Innovationen müssen als Chance, als Investition in die Gesundheit und die Leistungsfähigkeit der Menschen begriffen werden. Nicht der reine Kostenfaktor, sondern das Verhältnis Nutzen-Wirksamkeit – und damit auch die Einsparpotentiale – müssen deutlicher in den Vordergrund gestellt werden. Ein Beispiel aus der Geschichte: Der bereits erwähnte Karbol-Verband nach Lister war zwar teurer, doch durch die verbesserte Wundheilung und die daraus resultierende Senkung der Aufenthaltsdauer der Patienten im Krankenhaus wurde eine Kosteneinsparung erreicht.

### Die „Moderne“ Wundversorgung

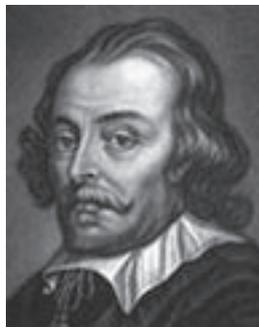
1962 wurde von Georg Winter die erste wissenschaftliche Arbeit über die Vorteile der feuchten Wundbehandlung veröffentlicht. Erste Versuche im feuchten Wundmilieu fanden bereits im 18. Jahrhundert mit getrockneten Schwimmbblasen statt. 1971 wurden Folien entwickelt, die das Problem der Aufquellung bzw. Erweichung von Geweben durch längeren Kontakt mit Flüssigkeiten (Hautmazeration) durch ihre die Haut abdichtenden Eigenschaften überwandern.

1990 wurden Calciumalginate, Verbände aus natürlichen Alginatfasern mit hoher Sekretaufnahme-fähigkeit, eingeführt. Sie werden auch heute noch zur Behandlung chronischer Wunden verwendet, da durch das optimale Mikroklima die Wundheilung beschleunigt wird und der Verband

nicht mit der Wunde verklebt. Dadurch wird beim Verbandwechsel der Heilungsvorgang nicht unterbrochen. In den 1980er Jahren wurde die Vakuumversiegelung zur okklusiven Wundbehandlung eingeführt. Diese Folie ist atmungsaktiv, gleichzeitig keimdicht und infektiionsprophylaktisch.

Rund 40 Jahre nach der wissenschaftlichen Begründung der modernen feuchten Wundversorgung warten wir im deutschen Gesundheitssystem noch immer auf den Durchbruch dieser neuen Therapieformen und Produktarten, um den über 4 Millionen Patienten mit chronischen Wunden effektiver und effizienter zu helfen.

Seit dem Jahr 2000 gibt es ein neues Verfahren zur Behandlung von Hautdefekten bei chronischen Wunden und schwersten Brandverletzungen. Bei der Gewebezüchtung, dem so genannten „Tissue Engineering“, bildet eine kleine Hautprobe des Patienten, die ambulant unter örtlicher Betäubung entnommen wird, das Ausgangsmaterial. Die gereinigte Hautprobe, die 18 Tage in einer wachstumsfördernden Lösung gezüchtet wird, kann als „Hautersatz in der Tube“ schmerzfrei auf die vorbereitete Wundoberfläche übertragen werden. Dort bilden die neuen teilungsfähigen Zellen zusammen mit dem noch gesunden Körpergewebe eine neue Hautschicht. Durch die Verwendung körpereigener Zellen gibt es beim Patienten keine Abstoßungsreaktion.



William Harvey

oben: historische Metallspritze  
unten: Glasspritze



## Kapitel 3

# Chirurgische Instrumente und Krankenhausartikel

Die Geschichte der chirurgischen Instrumente geht ebenfalls sehr lange zurück. **Hippokrates** gilt als Begründer der klassischen Chirurgie. Bereits damals, vor rund 2.500 Jahren, waren über 200 verschiedene Instrumente an einer Operation beteiligt. In den folgenden Jahrhunderten wurde die Instrumentenentwicklung vom Fortschritt der Heilverfahren einzelner Ärzte geprägt. Anhand von Vorgaben der Ärzte stellten geschickte Handwerker kunstvoll verzierte Instrumente her.

Im 19. und 20. Jahrhundert begann die Instrumentenherstellung im großen Stil. Die bis dahin verwendeten Schmuckelemente wie Elfenbein, Gold und Silber verschwanden und Instrumente wurden aus Stahl gefertigt. Vorerst waren es hauptsächlich Feinmechaniker und Messerschmiede, die sich um die Instrumentenherstellung kümmerten. Seit dem Jahre 1939 existiert das passende Berufsbild des Chirurgiemechanikers.

### Spritzen, Kanülen und Nahtmaterial

Die Methode, Flüssigkeiten in einen Körper mit einer Spritze zu injizieren, ist über 300 Jahre alt. **William Harvey**, der Entdecker des großen Blutkreislaufes und der Funktion des Herzens als dessen Antriebspumpe, verwendete bereits Metallspritzen. Er revolutionierte die Medizin seiner Zeit und legte unter anderem den Grundstein der modernen Physiologie. Zuvor waren Spritzen aus Röhrenknochen mit Metallstempeln verwendet worden.

Ein nächster Schritt nach den Metallspritzen war die Entwicklung von Ganzglas-Kolben-Spritzen. Diese gibt es seit ca. 1850. Der Zylinder und das Ansatzstück für die Kanüle bestehen aus Glas. Anders bei der so genannten Rekordspritze. Hier besteht nur der Spritzenzylinder aus Glas, alle anderen Teile aus Metall. Insulinspritzen wurden im Jahre 1922 entwickelt. Auch hier handelte es sich überwiegend um Glas-Rekordspritzen.

In den 1960er Jahren ging der Anteil der Glasspritzen durch die Entwicklung der Kunststoffe immer mehr zurück (siehe nächstes Kapitel: „Exkurs: Kunststoffe in der Medizin“). Kunststoffspritzen traten sowohl aus hygienischen Gründen als auch wegen Kostenvorteilen ihren Siegeszug an. Seit 1970 stehen bruchunempfindliche Kunststoffspritzen mit oder ohne eingeschweißte Kanüle zur Verfügung. Seit den 1990er Jahren gibt es schließlich Einwegspritzen aus Kunststoff, die bereits mit einem Medikament wie Insulin gefüllt sind.

Ein Pionier in der Entwicklung von „typischen“ Krankenhausprodukten wie Nahtmaterial, Kathetern, Kanülen oder Spritzen ist die Firma B. Braun aus dem nordhessischen Melsungen. 1839 erwarb Julius Wilhelm Braun die Rosen-Apotheke in Melsungen und erweitert sie um einen Versandhandel für heimische Kräuter. 1864 übernahm Sohn Bernhard Braun die Apotheke. Er begann mit der Produktion pharmazeutischer Erzeugnisse wie Migränestifte oder Pflaster. Die kleine Manufaktur nahm 1908 eine bedeutende Wende hin zum Industriebetrieb. Carl Braun begegnete dem Chirurgen Dr. Franz Kuhn. Dieser suchte ein Unter-



Dr. Bernd Braun

## Venenverweilkanüle



nehmen, das bereit war, das von ihm entwickelte Katgut zu produzieren. Carl Braun begann mit der Produktion von „Steril-Katgut-Kuhn“, einem resorbierbaren Nahtmaterial auf der Basis des Hammeldarms. Dies erwies sich sehr bald als unternehmerischer Glücksgriff und brachte einen enormen Aufschwung für das kleine Unternehmen.

1951 stellt Braun die erste Spritzenpumpe zur Dauerinfusion her. 1953 beginnt die Produktion von Infusionsgeräten aus Glas, 1956 dann aus Kunststoff. 1962 dann ein nächster wichtiger Schritt in der Unternehmensgeschichte: die Entwicklung der „Braunüle“, der ersten Dauerverweilkanüle aus Kunststoff, durch **Dr. Bernd Braun**. Das Prinzip der Braunüle ist einfach, aber wirkungsvoll: Ein Kunststoffschlauch wird über eine Metallkanüle gezogen, die Kanüle wird entfernt und der flexible Schlauch kann während der kompletten Therapie im Gefäß verweilen.

Die Infusionstherapie als solche steckte in den fünfziger Jahren noch in den Kinderschuhen und diente vornehmlich der Regelung des Elektrolythaushaltes. Bei den Medizinern war das Interesse groß und das Wissen gering. Um diesem Mangel zu begegnen, initiierte Braun 1957 das Kasseler Symposium, welches sich in den Anfangsjahren ausschließlich mit Fragen des Elektrolythaushaltes beschäftigte. Seither bietet das Symposium Medizinern und Industrie ein Podium zum Meinungs- und Informationsaustausch.

## Exkurs: Kunststoffe in der Medizin

An dieser Stelle lohnt sich ein kurzer Exkurs in die Geschichte des Einsatzes von Kunststoffen in der Medizin, die eng zusammenhängt mit den Fortschritten bei der Entwicklung von sterilen und hochkomplexen Medizinprodukten. In den fünfziger Jahren rückten die Kunststoffe als Werkstoffe in der Medizin immer mehr in das Interesse der Forscher. Der klinische Einsatz von Polymeren begann in den 1960er Jahren – nicht vordergründig aus ökonomischen, sondern vor allem aus hygienischen Gründen. Durch den Einsatz von sterilen Einmalprodukten aus Kunststoffen konnten Infektionen bedeutsam reduziert werden. Zuvor bestanden die Instrumente aus Glas und metallischen Werkstoffen und wurden jeweils wiederverwendet.

Die steigende Anzahl synthetischer Polymere und der zunehmende Bedarf an medizinischer Versorgung führten in den vergangenen vier Jahrzehnten zu einer raschen Etablierung der Anwendung von Kunststoffen in der Medizin. Die Produktbreite reicht dabei von günstigen Einwegartikeln bis hin zu Implantaten in fast allen medizinischen Bereichen.

Anwendungsbereiche sind beispielsweise:

- :: Implantate  
(z. B. künstliche Blutgefäße, Herzklappen, Hüftgelenk- oder Gefäßprothesen)
- :: Einwegartikel  
(z. B. Katheter, Schlauchsysteme)
- :: abbaubare Strukturen  
(z. B. Nahtmaterial)
- :: neue Technologien für Gewebekulturen  
(Tissue Engineering)
- :: Medikamentfreisetzung  
(Controlled Drug Delivery Systems)
- :: Diagnostik-Hilfsmittel für die klinische Labortestung

45 % aller weltweit hergestellten medizintechnischen Produkte bestehen inzwischen aus einem breit gefächerten Spektrum von Kunststoffen. Die hohen Anforderungen an die Sterilität der Instrumente führte – wie erwähnt – vor allem zur Einführung von Einwegprodukten. Der momentane Trend, Einmalprodukte aus Kostengründen wieder aufzubereiten, könnte in diesem historischen Kontext als Rückschritt in der Entwicklung bezeichnet werden.

Trepanation



Operationssaal um 1880



## Kapitel 4

# Untersuchungs- und OP-Methoden

Zu den ältesten operativen Eingriffen am menschlichen Körper gehört die Schädelöffnung. Schädel-funde aus dem Jahre 6000 v. Chr. weisen auf erste Schädelöffnungen hin, die auch überlebt wurden.

Die Orte für Operationen sind heute Praxen und Kliniken. Die ersten Hospitäler im heutigen Sinne führten die Araber ein. Schon im 10. Jahrhundert gab es in Bagdad Krankenhäuser mit hauptamtlichen Ärzten. Diesem Beispiel folgte dann in Europa erstmals der Johanniter-Orden. Neben der Einführung des Krankenhaussystems gründeten die Araber im achten Jahrhundert als erste öffentliche Apotheken.

Krankenhäuser oder auch nur Krankensäle wurden in Europa zunächst nur von Klöstern, seit dem 12. Jahrhundert auch von frommen Bruderschaften, im späten Mittelalter dann auch von städtischen Verwaltungen errichtet und unterhalten. Auch stellten dann die Städte eigens öffentliche Ärzte und Armenvögte ein, womit sie die klösterliche Sozialhilfe ablösten.

Die gut organisierte Übersetzungsschule in Toledo (Spanien) sorgte dafür, dass gegen Ende des 12. Jahrhunderts das gesamte Medizinwissen der Araber den europäischen Naturwissenschaftlern zur Verfügung stand. Das Wissen der Araber war für die Europäer wegweisend. Zu Beginn des 13. Jahrhunderts entstand das berühmte volkstümliche Gesundheitsbuch „Regimen sanitatis Salernitanum“, dessen Einfluss auf die mittelalterliche Heilkunde immens war.

Mit dem Entstehen der Krankenhäuser verbunden war die Entwicklung zahlreicher neuer Untersuchungs- und Operationsmethoden. Vor rund 200 Jahren erfand Théophile Laennec (1781-1826) die Technik des direkten Abhörens von Organen auf Schallgeräusche (Auskultation) mit dem Ohr und die indirekte mit einem Hörrohr. Er entdeckte, dass er durch eine Papierrolle das Herz viel deutlicher als mit dem bloßen Ohr hörte. Aus einem hölzernen oder metallenen Rohr mit trichterförmigen Erweiterungen an beiden Enden bastelte er 1819 den Vorläufer des heutigen Stethoskops. Beim Abhören wurden Herztöne, Atemgeräusche, Reibegeräusche und Darmgeräusche (Plätschegeräusche, Gurren) untersucht.

Bis 1840 verbreitete sich die Anwendung des Stethoskops nur zögerlich. Ab 1850 waren an allen deutschen Universitäten dann Kurse für Auskultation und Perkussion (Abklopfen) üblich. 1868 wurde durch Adolf Kußmaul die erste Magenspiegelung mit einem starren Endoskop durchgeführt. Seit diesem Jahr wurde das Stethoskop auch als die „Signatur des wissenschaftlichen Arztes“ bezeichnet. Nach wiederholten Verbesserungen des Stethoskops wurde Anfang 2004 ein optisches Stethoskop mit Ultraschalltechnik für Herzuntersuchungen vorgestellt.

Neben dem Fortschritt, den das Stethoskop für die Diagnose von Krankheiten brachte, ist aber noch ein anderer Aspekt interessant. Technische Hilfsmittel führten zu einem anderen, sehr modernen Umgang mit dem Patienten. Sie schafften nicht nur räumlichen Abstand zwischen dem Arzt

Stethoskop



„Eiserne Lunge“



EKG



und dem Kranken, sondern ermöglichten auch objektive Befunde, während in früheren Zeiten das subjektive Befinden des Patienten im Vordergrund gestanden hatte.

Am 8. November des Jahres 1895 entdeckte Conrad Röntgen die nach ihm benannten Röntgenstrahlen. Er stellte fest, dass sie durch feste Materien hindurchgehen und man somit das Innere von Objekten „fotografieren“ kann. Die entstandenen Röntgenbilder des Körperinneren revolutionierten die Medizin.

Nachdem Ludwig Rehn 1884 die erste Schilddrüse entfernt hatte, führte er 1896 die erste Herzoperation, bei der am Herzen genäht wurde, durch. Die Wunde des Patienten wurde mit drei Seidenfäden zusammengenäht und das Blut im Brustraum abgesaugt. Der Patient wurde wieder völlig gesund.

1903 entwickelte der Chirurg Prof. Otto Roth gemeinsam mit dem Ingenieur Bernhard Dräger die moderne Narkosetechnik, den so genannten Dräger-Roth-Narkoseapparat. Ein Musterbeispiel für die erfolgreiche Zusammenarbeit von Ärzten und Ingenieuren bzw. Industrieunternehmen.

1906 wurde das Reizleitungssystem des Herzens entdeckt, und im darauf folgenden Jahr registrierte Willem Einthoven (1860-1927) das Elektrokardiogramm (EKG). Damit konnte die abgeleitete und sichtbar gemachte elektrische Aktivität des Herzens dargestellt werden. Mit Hilfe dieser Kurven konnten frische Herzinfarkte und Herzrhythmusstörungen nachgewiesen werden. Meist wird das EKG vom Arzt per Hand ausgewertet. Heute

sind aber auch Computerauswertungen schon sehr verlässlich.

1911 wurde der Bluthochdruck (essentielle Hypertonie) von Alfred Erich Frank beschrieben. 1924 entdeckte Hans Berger die Hirnströme und erfand das Elektroenzephalogramm (EEG) zu deren Messung. Das EEG registriert zuverlässig Schwankungen der Hirnpotentiale und Störungen, die auf Schlaganfälle, Entzündungen und Tumore zurückgehen.

1929 veröffentlichte Philip Dinker seine Erfindung: die „Eiserne Lunge“. Der zu Beatmete liegt bei dieser Methode in einer tankförmigen Metallkammer, die seine Brustwand durch periodischen Über- und Unterdruck passiv bewegt und dadurch die Lunge beatmet. Der Einsatz des Geräts senkte die Sterblichkeitsrate auf ca. 50 %. Die eiserne Lunge stellte eine weitere Verbesserung zum 1902 von Sauerbruch entwickelten Druckdifferenzverfahren dar.

Ernst Ruska baute 1931 das erste Elektronenmikroskop. 1938 entwickelte er auch das erste kommerzielle Mikroskop. Kurz danach stellte Rudolf Schindler sein flexibles Gastroskop zur Magenspiegelung vor. Die heutigen elektronischen Endoskope stellen eine Weiterentwicklung dar. An der Spitze befindet sich ein als miniaturisierte Fernsehkamera fungierender CCD-Bildwandlerchip, der die Bildwiedergabe auf einem Bildschirm ermöglicht. Moderne Endoskope verfügen außerdem über Spül- und Absaugvorrichtungen sowie über Kanäle zum Einführen von speziellen Instrumenten, wie z.B. Zangen zur Entnahme von Gewebeprobe oder Ultraschallsonden für die Endosonographie.

Die modernen Methoden erlauben schonende, ambulante Diagnose- und Therapieverfahren. Das Schlagwort heißt „minimal-invasive Therapie“ (MIT), das erstmals 1989 in der Fachwelt gebraucht wurde. Es waren zunächst Gastroenterologen, Kardiologen, aber auch Radiologen, die auf dem Gebiet der minimal-invasiven Therapie zu arbeiten begannen. Die ultraschnelle Computertomographie seit ca. 1980, Kernspintomographen und ultraschnelle Elektronenstrahltomographen seit Anfang der 90er Jahre führten zu neuen und schonenden Diagnoseverfahren. Eine moderne Weiterentwicklung sind Eingriffe im Computertomographen, die so genannte Mikrotherapie, die von Prof. Dr. Dietrich Grönemeyer in Bochum in den 1990er Jahren vorangetrieben wurde. Die Mikrotherapie bezeichnet das Behandeln mit Kleinstinstrumenten in radiologischen Bildsystemen.



### **Alois Alzheimer (1864-1915)**

Alois Alzheimer, Professor für Psychiatrie, war ein fröhlicher Typ aus Bayern mit rundem Kopf und rundem Leib. Er hatte allerdings die frühen Zeichen des Nierenversagens konsequent missachtet.

In den Wochen vor Weihnachten 1915 wurde der Psychiater, 51 Jahre alt, bettlägerig. Die Harnvergiftung trübte sein Bewusstsein, man konnte ihm nicht helfen und er starb im Koma.

Die künstliche Niere, die Alzheimer vor der tödlichen Urämie bewahrt hätte, war noch nicht erfunden.

Die künstliche Niere, konstruiert von einem Holländer in den USA, steht erst seit 1943 zur Verfügung.

Augen-OP zu Bachs Zeiten ...



...und heute.



Intraokularlinse



## Kapitel 5 Auge

Um 2000 v. Chr. fertigten die Griechen polierte Halbkugeln aus Quarz bzw. Glas, mit denen sich Schrift vergrößern ließ. Nach derzeitigem Wissen blieb die vergrößernde Wirkung damals ungenutzt. Die Kugeln wurden nämlich als Schmuckstücke für Schwerter und Kleidung genutzt.

Die ersten Berichte über die Behandlung des Grauen Stars aus dem alten Ägypten sind über 3000 Jahre alt.

Der Araber Ibn al-Haitam (965-1039) schrieb das Buch „Schatz der Optik“. Um 1240 übersetzte Erazm Golek Vitello (1220-1280) dieses ins Lateinische. Die Lehren des Sehens und die Überlegung, das Auge mittels einer geschliffenen, optischen Linse zu unterstützen, wurde von westeuropäischen Mönchen aufgegriffen. Sie fertigten überhalb-kugelige Plankonvexlinsen an. Mit der ebenen Fläche wurde diese erste Lesehilfe auf Schriften gelegt. Damit wurde eine erhebliche Vergrößerung der Schriftzeichen erreicht. Roger Bacon (1214-1294) erkannte die Bedeutung dieses Lesesteins. Er führte Verbesserungen durch und suchte nach einer wissenschaftlichen Erklärung. Der Lesestein wurde aus Quarz oder Bergkristall gefertigt. Halbedelsteine, sogenannte Berylle, dienten als Rohmaterial. Daher auch der heutige Name „Brille“.

Die ersten erwiesenen direkten Eingriffe am Auge fanden 500 v. Chr. in Asien statt. Um 25 bis 35 v. Chr. versenkten Starstecher beim grauem Star (Katarakt) mit Hilfe einer Nadel die Augenlinse im Glaskörper. Um 1745 wurde erstmals eine modernere Methode der Staroperation nach Jaques

Daviel dokumentiert. Um die getrübbte Augenlinse zu entfernen, war ein Stich mit einer dreieckigen Lanze nötig. Mit einem doppelseitigen Instrument und einer Schere erfolgte die Erweiterung des Schnittes nach beiden Seiten. Mit einem Spatel konnte nun die Hornhaut angehoben werden, um die Linsenkapself mit einem spitzen Instrument zu eröffnen. Durch sanften Druck rutschte die Linse nach unten heraus. Auch Johann Sebastian Bach unterzog sich 1750 zweimal dieser Prozedur. Die Folgen waren starke Schmerzen, vermutlich aufgrund einer Infektion. Drei Monate später verstarb Bach.

Eine Revolution in der Behandlung des Katarakts war Mitte des letzten Jahrhunderts die Entwicklung von implantierbaren Intraokularlinsen als Ersatz für die geschädigte Naturlinse. Am Anfang stand die Entdeckung, dass Plexiglas-Splitter im Auge von verletzten Kampfpiloten des zweiten Weltkrieges reizfrei einwuchsen. Durch diese Erfahrung wurde Plexiglas (PMMA = Polymethylmethacrylat) als Biomaterial für implantierbare Linsen eingeführt. Im November 1949 implantierte der Brite Sir Harold Ridley die erste künstliche Intraokularlinse (IOL). Die damaligen Modelle waren allerdings anatomisch inkorrekt. Er implantierte seine Linse bis 1959 in 750 Fällen.

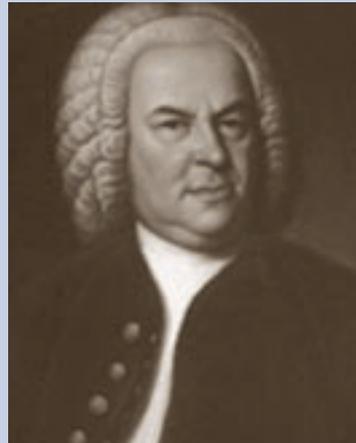
1955 wurde die erste Vorderkammerlinse mit elastischen Befestigungsbügeln eingesetzt. 1976 wurden die Linsen erheblich verbessert, um den Abstand zwischen Iris und Optikhinterseite sicherzustellen und damit Komplikationen zu vermeiden. 1984 wurde die erste faltbare Linse eingesetzt. Die



Sir Harold Ridley

deutlich geringere Schnittbreite führte zu einer schnelleren Wundheilung. Die stark reduzierte Komplikationsrate war verbunden mit kürzeren OP-Zeiten und einer schnelleren Wiederherstellung des Sehens.

1990 wurde die erste Silikonlinse zugelassen. Die Kataraktchirurgie ist heute ein ambulanter Eingriff mit geringem Risiko. Die IOL ersetzen die durch den Katarakt eingetrübte Linse des Auges. Sie werden in eine anatomisch günstige Struktur des Auges implantiert, die man als Kapselsack bezeichnet. Die Linsen werden operativ eingebracht und beheben nicht nur Kurzsichtigkeit, Weitsichtigkeit und Hornhautverkrümmungen wie es bisher möglich war, sondern korrigieren auch das letzte Hindernis: die Alterssichtigkeit. Ziel der modernen multifokalen Kunstlinsen ist somit die Unabhängigkeit von einer Brille bzw. von Kontaktlinsen.



### Johann Sebastian Bach (1685-1750)

Um 1745 wurde erstmals eine modernere Methode der Staroperation nach Jaques Daviel dokumentiert. Um die getrübte Augenlinse zu entfernen, war ein Stich mit einer dreieckigen Lanze nötig. Mit einem doppelseitigen Instrument und einer Schere erfolgte die Erweiterung des Schnittes nach beiden Seiten. Mit einem Spatel konnte nun die Hornhaut angehoben werden, um die Linsenkapsel mit einem spitzen Instrument zu eröffnen. Durch sanften Druck rutschte die Linse nach unten heraus.

Auch Johann Sebastian Bach unterzog sich 1750 zweimal dieser Prozedur. Die Folgen waren starke Schmerzen, vermutlich aufgrund einer Infektion. Drei Monate später verstarb Bach.

Intraokularlinsen haben seit ihrer Einführung eine rasante Entwicklung genommen und haben zu wesentlichen Fortschritten in der Kataraktchirurgie geführt. Insbesondere die Einführung faltbarer Intraokularlinsen ermöglichte eine Operation mit Kleinstschnittstechniken und geringem Risiko. Hätte es diese Innovation schon zu Bachs Lebzeiten gegeben, wäre er älter geworden und hätte uns noch mehr musikalische Kompositionen hinterlassen können.



Sauerbruch

oben: Hand des  
Götz von Berlichingen  
unten: Hakenprothese



Künstliches Hüftgelenk



## Kapitel 6

# Knochen und Gelenke

1916 revolutionierte **Ferdinand Sauerbruch** (1875-1951) durch die Nutzung der Kraft der Bizepsmuskulatur die Prothesen-Technik. Schon 1504 ließ sich Götz von Berlichingen, der im Krieg seine rechte Hand verlor, eine für damalige Verhältnisse sensationelle Prothese anfertigen. Mittels Zahnrädern konnten die Finger in bestimmten Stellungen fixiert werden, um ein Schwert fest greifen und damit auch kämpfen zu können. 1517 ließ der Pirat Barbarossa Horuk seine verlorene Hand durch eine funktionelle eiserne Haken-Prothese ersetzen. Bis 1812 konnten die starren Prothesen nur mit einer gesunden Hand bewegt werden. Dann hatte Peter Baliff die Idee, die noch vorhandene Muskelkraft des amputierten Arms zur Bewegung der Prothese zu nutzen. Über Seilzüge um Ellenbogen und Schulter konnten die Finger durch bestimmte Bewegung gestreckt werden. Für jeden Handgriff musste sich der Träger der Prothese jedoch stark verrenken.

Einfacher wurde es durch die neu entwickelte Sauerbruch-Prothese, die die Kraft der Bizepsmuskulatur nutzte. Durch den Oberarmmuskel des Patienten wurde ein Hauttunnel gelegt, durch den ein Elfenbeinstift als Überträger der Bewegung des Oberarmmuskels an die Prothese geschoben wurde. Spannte man den Muskel an, hob sich der Stift und die Hand schloss sich zu einem Griff.

1984 wurden erstmals Fremdkraftprothesen entwickelt. Elektromotoren bewegen dabei Daumen, Zeige- und Mittelfinger und ermöglichen einen einfachen Zangengriff. Bei der Karlsruher Fluidhand wurden die schweren Motoren durch Luft

oder eine Flüssigkeit ersetzt. Mittels kleiner Kissen kann Luft in die Prothese hinein- bzw. herausgepumpt werden, um die Finger einzeln zu strecken oder zu beugen. Trotz erheblicher Verbesserungen in Gewicht, Flexibilität und Handhabung sind die Prothesen auch heute noch druckunempfindlich und vermitteln kein Gefühl. Amerikanische und Schweizer Forscher arbeiten daran, die Prothese über das Gehirn anzusteuern, um auch eine Rückmeldung zu ermöglichen.

Ein sehr innovativer Bereich der Prothesen-Technik ist die Endoprothetik, also der künstliche Gelenkersatz. Bereits 1890 setzte Themistokles Glück in Berlin die ersten künstlichen Kniegelenke ein. Er implantierte eine Zweikomponenten-Prothese aus Elfenbein und Nickelstahl. Da sich diese Materialien nicht bewährten, wurde für die Hüftprothesen 1946 von den Gebrüdern Judet der Hüftkopf durch Plexiglas ersetzt. Der Abrieb des Plexiglases führte rasch zu Lockerungen, weswegen dieses Material endgültig aufgegeben wurde. 1943 hat Austin Moore die nach ihm benannte Kopfprothese mit gefensterter Schaft eingeführt. Bei diesem Modell wurde nur der Hüftkopf ersetzt, was dazu führte, dass die Prothese langsam durch das Becken hindurch penetrierte. Eine Prothese, bei der sowohl der Hüftkopf als auch die Hüftpfanne ersetzt werden, musste also entwickelt werden.

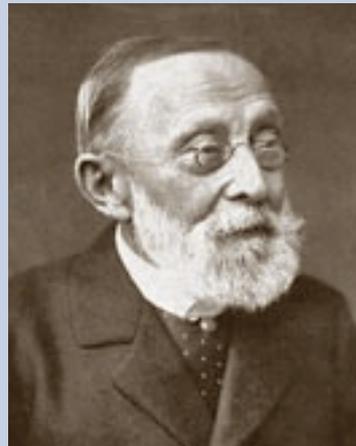
Die erste brauchbare Hüft-Totalendoprothese wurde 1951 von G. K. Mc Kee implantiert – zunächst aus rostfreiem Stahl, später aus einer Chrom-Kobalt-Legierung. Die Pfanne wurde mit Metallstiften im Beckenknochen verankert.

Knievollprothese



Sir John Charnley entwickelte 1959 das Urmodell aller modernen Hüft-Endoprothesen. Er kombinierte einen kleinen Metallkopf mit einer Teflonpfanne. Da sich Teflon als Gleitpartner aber nicht bewährte, wurde es recht bald durch Polyethylen ersetzt. Wegen der sehr guten Ergebnisse hat sich diese Prothese bis heute im Grunde durchgesetzt. Neben Hüft-, Knie-, Arm- und Fingergelenken gibt es heute sogar schon zahlreiche Gesicht-Ersatzstücke (Epithesen).

2003 ist es Forschern gelungen, mittels Kalziumphosphatzement die Knochenheilung zu revolutionieren. Knochenwachstumsdefekte können aufgefüllt werden und gleichzeitig verdoppelt sich die Knochenheilungsgeschwindigkeit.



### Rudolph Virchow (1821-1902)

Seine akademischen Zeitgenossen hielten den schmalen Professor für einen „Fürsten im Reich der Gelehrten“. Der Berliner Professor hatte die Heilkunst vom Kopf auf die Füße gestellt und u. a. ein noch heute gültiges System, die Zellulärpathologie entwickelt.

Virchow war ein dynamischer, ein stürmischer Mensch. Auf dem Weg zu einem Vortrag sprang er – bereits 81-jährig – am 4. Januar 1902 aus der fahrenden Straßenbahn. Er brach sich den Oberschenkelhals, kam nie wieder auf die Beine und starb bald.

Heute wäre Virchows Beinbruch kein Todesurteil mehr. Denn heute wird den Verunglückten routinemäßig ein künstliches Hüftgelenk, die Totalendoprothese, eingesetzt. Damit läuft man dem Tod davon. Seit 1961 sind künstliche Hüftgelenke im Einsatz.

Aufdehnung eines Gefäßes durch einen



## Kapitel 7

# Herz und Gefäße

In den Industrienationen sind Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems die Todesursache Nummer eins – vor Unfällen oder Krebs. Bereits in früheren Zeiten entwickelten Forscher Medizinprodukte, um Erkrankungen des Herzens zu lindern oder zu heilen. Die rasante Entwicklung von den ersten Kathetern bis hin zur heutigen High-Tech-Medizin konzentrierte sich auf die letzten Jahrzehnte und zeigt beispielhaft die einzigartige Dynamik der medizintechnologischen Innovationen auf.

### Gefäße: Angioplastie & Stents

Eng mit Herzerkrankungen verbunden sind Erkrankungen der Gefäße. Jean-Baptiste Senarac beschrieb im 18. Jahrhundert erstmalig die Arterienverkalkung. Autopsien an Mumien haben gezeigt, dass schon im alten Ägypten die Arteriosklerose eine häufige Erkrankung war. 1768 beschrieb William Heberden (1710-1801) erstmals das Krankheitsbild „Angina Pectoris“. Der Patient verspürt hierbei einen Schmerz in der Brust, ausgelöst durch eine Durchblutungsstörung des Herzens. Angina Pectoris stellt das Hauptsymptom der so genannten koronaren Herzerkrankung dar. Die häufigste Ursache ist die Einengung der Herzkranzgefäße. Der Grund ist meist eine Arterienverkalkung (Arteriosklerose). Dadurch wird der Herzmuskel nicht mehr ausreichend durchblutet. Eine Unterversorgung des Herzmuskels mit Sauerstoff und Nährstoffen ist die Folge. Dies führt zu Schmerzen und Atemnot.

Bereits 3000 v. Chr. führten die Ägypter und

Griechen erste Katheteruntersuchungen durch. In Ägypten wurden die ersten Harnblasen mittels Bronze-, Silber- oder Goldröhrchen katheterisiert. Als Ballon diente ihnen dabei eine tierische Blase. Circa 400 v. Chr. wurde der erste Katheter aus ausgehöhltem Schilfrohr benutzt. Um die Funktion der Herzklappen zu studieren, wurde Luft oder Wasser in das Herz einer Leiche gepumpt. Im Jahre 1711 führte Hales die erste Herzkatheteruntersuchung an einem lebenden Pferd durch. Der Franzose Bernard prägte schließlich 1844 den Begriff „Herzkatheter“. Mit einem langen Glaskthermometer maß er erstmalig die Temperatur im Herzen eines Pferdes. 1847 führte er einen aus Glas bestehenden „Druckschreiber“ in den rechten Ventrikel des Herzens ein. Das Ergebnis war die erste aufgezeichnete Druckkurve im Herzen eines Pferdes.

Im Jahre 1929 führt Dr. Werner Forßmann, Urologe in Eberswalde, im Selbstversuch erstmalig einen Katheter bis zum rechten Vorhof ein. Fast 30 Jahre später im Jahr 1958 entwickelte Dr. Mason Sones das diagnostische Koronar-Angiogramm. Es handelt sich dabei um die erste Methode, das Herz und all seine Gefäße darzustellen.

Im Jahre 1964 führte Dr. Charles Dotter den Begriff „Transluminale Angioplastie“ ein. Dotter glaubte, dass Stenosen mit einer zeitweilig eingeführten Schiene langfristig offen gehalten werden können. Dabei prägte er als erster den Begriff „Stent“. Dotter rekanalisierte eher zufällig eine verschlossene Vene mit einem Katheter und erkannte dabei das Potential dieser Behandlungsmethode.

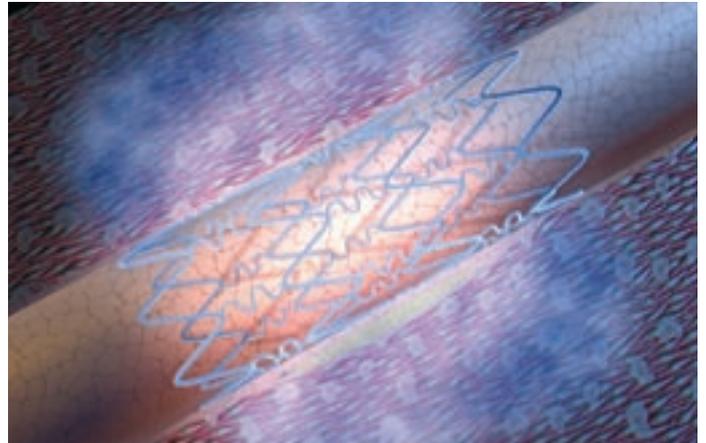
Ballonkatheter



Gefäßstütze (Stent)



Koronarer medikament-freisetzender Stent



Später rekanalisierte er eine periphere Arterie einer 82-jährigen Patientin, deren Bein amputiert werden sollte. Er passierte die Stenose mit einem Führungsdraht und erweiterte den Verschluss (Stenose) mit einem Katheter, der einen kleinen Durchmesser hatte. Durch Wiederholung der Prozedur mit immer größeren Kathetern konnte eine vollständige Rekanalisierung erfolgen. Dieses Verfahren wurde als Dotter-Methode bekannt.

Am 16. September 1977 führte der deutsche Arzt Andreas Grüntzig im Kantonsspital in Zürich die erste Ballondilatation (PTCA) durch. Es handelt sich hierbei um ein inzwischen fest etabliertes Therapieverfahren. Dabei wird ein dünner Katheter in der Leistenengegend eingeführt, bis zu den Engstellen in den Herzkranzgefäßen vorgeschoben und dann ein an der Katheterspitze installierter Ballon aufgeblasen. Unter dem Druck des Ballons werden die Engstellen aufgedehnt. So kommt es wieder zu besserer Durchblutung und Sauerstoffversorgung in den hinter den Engstellen liegenden Bezirken des Herzmuskels.

Alle Ballonkathetermodelle wurden von Grüntzig selbst in seiner Küche am Wochenende oder in der Nacht hergestellt, bis 1976 die Firmen Schneider und Cook die Produktion übernahm. Der erste Patient unterzog sich der Ballondilatation erneut einen Monat und dann nochmals zehn Jahre später. Es konnte kein Wiederverschluss der Arterie (Restenose) festgestellt werden. Im Jahre 1980 überschritt die Anzahl der durchgeführten Ballondilatationen bereits die Grenze von 1000 Operationen.

Einen großen Schritt vorwärts taten die interventionellen Methoden der Kardiologie mit der Implantation von Stents in Verbindung mit einer PTCA. Ein Stent ist eine Gefäßstütze bzw. ein Gerüströhrchen aus Edelmetall, das in der Koronararterie verbleibt und das Gefäß dauerhaft offen halten soll. Der Stent wird mit Hilfe eines Katheters an die Engstelle geschoben. Die Rate der so genannten Restenosen, also der erneuten Verschlüsse von Koronararterien, liegt nach Ballondilatation bei 35 Prozent, nach Stentimplantation nur bei 25 Prozent.

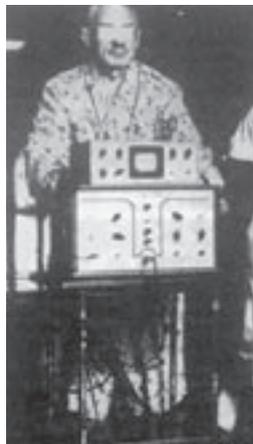
Die Entwicklung der Stents ist mit den Namen der interventionellen Radiologen Dotter, Palmaz, Walsten und Cragg verbunden. 1989 implantierten Palmaz und Richter den ersten Stent in eine Beckenarterie. 1991 entwickelten Volodos und Parodi das Konzept der Stentgrafts zur Behandlung von krankhaften Erweiterungen eines Blutgefäßes. Charles Stent, Zahnarzt aus England ist möglicherweise der Namenspatre für die heute bekannten Stents. Er entwickelte im 19. Jahrhundert Stützmaterialien für verschiedene medizinische Anwendungen. Ebenso naheliegend ist aber der englische Ursprung des Wortes „to stint“, was soviel wie stützen bzw. „innerhalb bestimmter Grenzen offen halten“ bedeutet.

Die Hersteller von Medizinprodukten forschen permanent weiter, um neue innovative Technologien zu entwickeln. Bei der Entwicklung der Stents führte dies zu einer echten „Revolution“ in der Behandlung der Koronarstenosen. Die neue Stentgeneration – in Deutschland seit dem Jahr



Prof. Dr. Mieczyslaw Mirowski Dr. Morton M. Mower

Schrittmachersystem, 1959



Entwicklung der ICD-Systeme von den 80er Jahren bis



2002 auf dem Markt – ist medikament-freisetzend. Diese DES-Stents (Drug Eluting Stents) sind mit Wirkstoffen beschichtet, die gezielt das Zellwachstum hemmen, ohne dabei die Regeneration der Gefäßwand zu behindern. In den ersten Wochen nach dem Eingriff gibt der Stent die Wirkstoffe langsam an das umliegende Gewebe ab. So wird die unkontrollierte Zellvermehrung und somit die Wiederverengung des Gefäßes verhindert und der freie Fluss von Blut und Sauerstoff zum Herzen hin gesichert. Die bereits jetzt sehr zahlreich vorliegenden Studien weisen Restenoseraten von unter 5 Prozent auf!

### Elektrostimulation des Herzens

Die Entwicklung der externen elektrischen Stimulation des Herzens hat eine lange Vorgeschichte, die bis in das 18. Jahrhundert zurückreicht. In den Schriften der Royal Human Society aus dem Gründungsjahr 1774 finden sich Berichte über die Wiederbelebung eines 3-jährigen Kindes durch Applikation von transthorakalen Stromstößen. Forschern gelang es erstmals im Jahre 1888 mittels elektrischem Strom Kammerflimmern am Tierherzen zu beenden und in einen Sinusrhythmus überzuleiten. 1889 wurde dieses Konzept erstmalig den medizinischen Fachgesellschaften vorgestellt.

William B. Kouenhoven (1886-1975) war der Erste, dem in den 50er Jahren mit Wechselstrom die externe Defibrillation eines Hundes über außen am Thorax angebrachte Elektroden gelang. Kouenhoven war Professor für „Electrical Engineering“ an der Universität Baltimore.

Als Pioniere des implantierbaren Defibrillators gelten Prof. Dr. Mieczyslaw (Michel) Mirowski und Dr. Morton M. Mower. Mirowski wurde 1924 in Warschau geboren. Er ging in den 60er Jahren von Israel in die USA. 1969 begann er zusammen mit Mower an dem Entwurf eines Defibrillators zu arbeiten. Sie bewältigten die damit zusammenhängenden finanziellen und technischen Probleme. Nach umfangreich durchgeführten Tierexperimenten wurde 1975 der Prototyp einem Hund implantiert. Bald war das Gerät für den menschlichen Gebrauch entwickelt. Am 4. Februar 1980 implantierte Prof. Mirowski einem Menschen erfolgreich den ersten automatischen Defibrillator im John-Hopkins-Hospital in Baltimore. Danach wurde der automatische implantierbare Defibrillator und später der automatische implantierbare Kardioverter/Defibrillator (ICD) eines der erfolgreichsten therapeutischen Geräte in der Kardiologie.

Der ICD – auch kurz „Defi“ genannt – besteht aus einer Batterie und einem elektronischen Schaltkreis, der den Herzschlag ständig überwacht. Wird eine gefährliche Herzrhythmusstörung erkannt, gibt das System einen Stromimpuls ab, der den regelmäßigen Herzschlag wiederherstellt. Die heutigen Zweikammer-Defibrillatoren können dank ausgereifter Technologie die Stärke des Impulses auf die aktuelle Situation und die Bedürfnisse des einzelnen Patienten abstimmen – so bleiben den Patienten unnötig starke Schocks erspart. Ältere Gerätegenerationen mussten öfter ausgetauscht werden. Die heutige Technik ist so weit entwickelt, dass in den kleinen Geräten der Defibrillator mit der Cardialen Resynchronisation (CRT) kombiniert

heute (v.l.n.r.)



Implantierbarer Defibrillator



Zwei-Kammer-Herzschrittmacher



werden kann – besonders indiziert bei Patienten, die an schwerer Herzinsuffizienz leiden. Bei der CRT wird ein kleines, mikrocomputer-gesteuertes Gerät im Brustbereich unter der Haut implantiert. Über drei feine Elektroden, die in jeweils einer Herzkammer verankert sind, werden winzige elektrische Impulse gesendet, die das Herz stimulieren. Auf diese Weise wird das Zusammenspiel der Kammern wiederhergestellt, also „resynchronisiert“. Die Patienten fühlen sich nach der Implantation des Systems deutlich besser und sind wieder belastbarer. Diese Therapie gibt es seit dem Jahr 2000.

## Schrittmachertechnologien

Ein Gerät zur elektrischen Herzreizung durch periodische Stromimpulse wurde 1932 von dem New Yorker Arzt Hyman beschrieben. Dieses Gerät bestand aus einem Gleichstromgenerator mit einem Stromunterbrecher und einer bipolaren Nadelelektrode zur transthorakalen Punktion des rechten Vorhofes. Der Schrittmacher wog 7,2 kg und musste alle sechs Minuten neu aufgeladen werden.

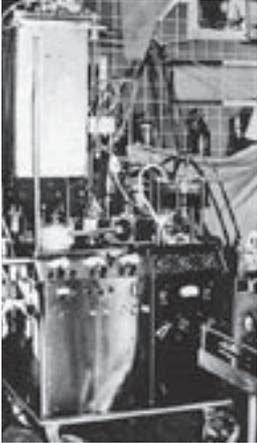
Erstmals konnte am 8. Oktober 1958 von Elmquist und Senning in Stockholm ein Schrittmachersystem komplett im Körper des Patienten Arne Larsson implantiert werden. Zur Implantation war eine Öffnung des Brustkorbes notwendig und die Elektroden wurden auf den Herzmuskel aufgenäht. Die Lebensdauer des Gerätes betrug nach der Implantation gerade mal 24 Stunden. Der Pa-

tient allerdings verstarb erst im Januar des Jahres 2002 im gesegneten Alter von 86 Jahren. Bis zu seinem Tod wurden ihm insgesamt 22 verschiedene Herzschrittmacher implantiert.

Schon 1965 wurde ein Schrittmacher entwickelt, der den Herzmuskel nur bei Bedarf stimuliert. Nach der Integrierung von Bewegungs- und Temperatursensoren Ende der 80er Jahre kam 1992 schließlich der erste Herz-Kreislauf-Schrittmacher zum Einsatz, der mittels „Closed Loop Stimulation“ komplett in die natürliche Regulierung des Systems integriert ist. Neueste Erfolge waren die Zweikammerstimulation mittels einer Elektrode 1995 und schließlich der erstmalige Einsatz der Dreikammerstimulation 1999. Weitere Entwicklungen wie z. B. die Telekardiologie zur erleichterten Nachsorge und optimalen Anpassung der Schrittmacherfunktion weisen den Weg in die Zukunft.

Elektro-Stimulationsgeräte werden aber nicht nur am Herzen eingesetzt. So hilft beispielsweise die tiefe Hirnstimulation gegen die Parkinson Krankheit und die Nervus-Vagus-Stimulation gegen Epilepsie und Depressionen. Die motorischen Störungen bei Parkinson entstehen durch einen Mangel an Dopamin, einer körpereigenen Substanz, die zur reibungslosen Bewegungssteuerung notwendig ist. Die Tiefenhirnstimulation schickt ausgleichende elektrische Impulse an genau die Stellen im Hirn, die durch den Mangel hyperaktiv sind und überreagieren. Die Operation findet bei Bewusstsein des Patienten statt, damit das Gerät noch während der Implantation genau auf die individuellen Bedürfnisse des Patienten eingestellt werden kann.

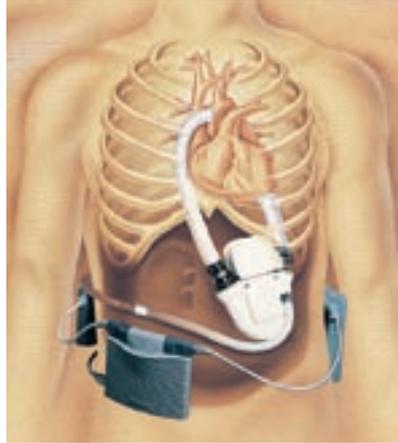
Herz-Lungen-Maschine



Kunstherz



Implantierbares Herzunterstützungssystem



## Herzunterstützungssysteme/Kunstherz

Spenderherzen sind knapp. Die Hälfte der Patienten, die eine Herzimplantation benötigen, versterben auf der Warteliste. Die Antwort der Medizintechnologie ist die Entwicklung von Herzunterstützungssystemen bzw. implantierbaren Kunstherzen.

Ein entscheidender Schritt auf dem Weg zu den heutigen Herzunterstützungssystemen war 1953 die Erfindung der Herz-Lungen-Maschine. Durch die Kombination einer Blutpumpe, die als künstliches Herz fungierte, mit einem Oxygenator, der die Funktion der Lunge übernahm, wurden erstmals Operationen am stillstehenden Herzen möglich. Bei einigen Patienten konnte das extrakorporale Kreislaufunterstützungsgerät nach dem Eingriff allerdings nicht mehr abgestellt werden, da das Herz durch den langen Stillstand geschädigt wurde und seine Pumpfunktion nicht wieder aufnehmen konnte.

Diese Therapie konnte somit nicht zur Unterstützung von Patienten genutzt werden, deren Kreislauf extrem instabil war und die nur kurzzeitig an die Herz-Lungen-Maschine angeschlossen werden konnten. Nach spätestens zwei bis drei Stunden kommt es in solchen Fällen zu einer massiven und irreversiblen Zerstörung von Blutzellen. Da bei herzkranken Patienten in der Regel eine ausreichende Lungenfunktion besteht, konnte in der Folgezeit bei der Entwicklung von Herzunterstützungssystemen auf den Oxygenator zur Übernah-

me der Lungenfunktion verzichtet werden. Die Hersteller widmeten sich verstärkt der Weiterentwicklung von Blutpumpen, die dauerhaft die Pumpleistung des Herzens ersetzen können.

Die Erfahrungen mit Herzunterstützungssystemen im klinischen Bereich seit Entwicklung der Herz-Lungen-Maschine brachten zahlreiche technische Innovationen mit sich. Die ersten Pumpen zur Kreislaufunterstützung dienten der funktionellen Förderung der linken, der rechten oder beider Herzkammern. Neben der Verkleinerung der Systeme entstanden – grob gegliedert – implantierbare und teilimplantierbare Geräte, zu denen Verdrängungspumpen und Kreiselpumpen gehören. Verdrängungspumpen sind pulsatil arbeitende Systeme, welche die Funktion des Herzens nachahmen. Die Kreiselpumpen, die weiter in Axialfluss-, Zentrifugal- und Diagonalpumpen eingeteilt werden, stellen bei sehr schlechter Ventrikelfunktion des Herzens einen kontinuierlichen Blutfluss her. Moderne Kunstherzen sind heute voll implantierbare Systeme und können weit mehr als ein Jahr im Patienten verbleiben und sein Leben erhalten.



James A. Garfield



Dr. Werner Fekl

Künstliche Ernährung auf der Intensivstation



Mobile enterale Ernährung



## Kapitel 8

# Enterale Ernährung

Vor einem Ausblick in die Zukunft wollen wir noch einen Bereich beleuchten, der sonst eher im Schatten steht, aber von großer Bedeutung ist: die enteralen Ernährungstherapien.

Die „Geburtsstunde“ der heutigen enteralen Ernährung wurde im All gefeiert. Von der NASA wurde Anfang der 1960er Jahre bei der Firma Pfrimmer die Astronautenkost in Auftrag gegeben. Wichtig war eine bilanzierte Nahrung für Astronauten, die wenig Stauraum benötigte und weitestgehend „restlos“ verstoffwechselt wurde. Aus diesen Erkenntnissen und Produkten entwickelte sich die moderne enterale Ernährung. Die Frühgeschichte der enteralen Ernährung geht sehr viel weiter zurück. Überlieferungen von ca. 3400 v. Chr. aus Ägypten erwähnen als Nährstoffklistiere: Absinth, Bier, Honig, Schafsmilch und Wein. Auch von griechischen Ärzten wurden Klistiere eingesetzt, bestehend aus Wein, Molke, Milch und Graupenschleim. Die rektale Ernährung wurde bis in die 30er Jahre des 20. Jahrhunderts durchgeführt – obwohl man bereits erkannt hatte, dass die Nährstoffe nicht in adäquater Maße vom Körper aufgenommen wurden. Der wohl prominenteste Fall rektaler Ernährung war der 20. US-Präsident **James A. Garfield (1831-1881)**, der nach einem Attentat über 79 Tage alle 4 Stunden rektal mit angedauter Fleischbrühe und Whisky ernährt wurde.

Technisch gab es über die Jahrhunderte jeweils große Fortschritte. Aus dem 12. Jahrhundert stammt eine Beschreibung über eine in den Rachenraum eingeführte Silberkanüle. 1598 wurde die orale Ernährung über eine mit einer Tierblase

verbundenen Röhre beschrieben. 1617 wurde eine transnasale Ernährung mit einer Silbersonde erwähnt. Erste Berichte über flexible Sonden stammen aus dem Jahr 1644. 1695 erfolgte die Nahrungszufuhr erstmals über eine Injektions-spritze. 1858 gab es die erste direkte intrajejunale Ernährung mit Eiern, Mehl, Fleisch und Fleischbrühe. Allerdings gab es in dieser Zeit noch keine Erkenntnisse über den Nährstoffbedarf und die Nährstoffbilanzierung.

Aus dem Jahr 1916 stammt die Erkenntnis, dass ein langsamer, kontinuierlicher Kostaufbau besser vertragen wird als große Mengen. Anfang des 20. Jahrhunderts gab es dann große Fortschritte in Bezug auf die Infusion von Glukose, Fett und Aminosäuren sowie neue Erkenntnisse über den Aminosäurebedarf des Menschen. So war es in den 30er Jahren erstmals möglich, eine chemisch definierte, ernährungs-physiologisch komplette Diät herzustellen. Nach weiteren Untersuchungen war Anfang der 60er Jahre der Ansatzpunkt für die Entwicklung einer „Astronautenkost“ gegeben. Pioniere in Deutschland waren die Mainzer Prof. Dr. Bäßler und Prof. Dr. Dr. Lang sowie der Erlanger **Dr. Werner Fekl**, der bereits Anfang der 60er Jahre Symposien und Diskussionen zum Thema künstliche Ernährung durchführte.

Heute hat sich die enterale Ernährung vom Nährstoffklistier über die „Küchensonde“ zur modernen bilanzierten Diät für viele spezielle Indikationen entwickelt und geht teilweise bereits über die reine Ernährung hinaus. Auch in Zukunft sind Weiterentwicklungen bei Substraten, Verpackungsformen und Technik zu erwarten.



## Kapitel 9

# Ausblick in die Zukunft

Die Entwicklung der Medizintechnologie ist mit dem Ende des 20. Jahrhunderts noch lange nicht beendet. Vielmehr ist damit zu rechnen, dass der Fortschritt noch rasanter werden wird. Eine Reihe weiterer hochinnovativer Technologien ist bereits im Stadium der klinischen Prüfung oder kurz davor. Man kann ganz sicher davon ausgehen, dass auch die Geschichte der nächsten 100 Jahre eine Geschichte der Erfolge der Medizintechnologien sein wird.

Medizintechnologien, die Zukunft haben, sind aus Sicht der Experten die Mikrosystemtechnik/Micro-machines (minimal-invasive Methoden, z. B. Kapselendoskop oder steuerbare Katheter) sowie Navigations- und Hilfssysteme für chirurgische Instrumente oder in der Pflege.

Die „meist forcierten Forschungsgebiete“ der Medizinprodukteindustrie sind aus Expertensicht: Orthopädie (v. a. Wirbelsäulenchirurgie und Biomaterialien), Kardiologie (v. a. Beschichtungsverfahren von Medizinprodukten und minimal-invasive Verfahren) und Innere Medizin (v. a. Endoskopie, Diabetes).

Die internationalen Entwicklungen in der Medizintechnologie sind u. a. gekennzeichnet durch fortschreitende Miniaturisierung, verstärkten Einsatz von IT-Technologien, die Entwicklung neuer Biomaterialien mit verbesserter Verträglichkeit und die Integration biotechnologischer Verfahren. Nur solche Entwicklungen werden dauerhafte Zukunftschancen für neue Produkte und somit zusätzliche sichere Arbeitsplätze bieten, die auch

einen messbaren Beitrag zu größerer Leistungsfähigkeit oder Wirtschaftlichkeit im Gesundheitswesen erbringen. Die frühzeitige Abschätzung dieser Leistungsfähigkeit macht besondere Verfahren auf dem Wege der Produktentwicklungen sinnvoll und erforderlich.

### BEISPIELE FÜR MEDIZINTECHNOLOGIEN DER ZUKUNFT

#### Regenerative Medizin/ Tissue Engineering

Darunter verstehen wir die Wiederherstellung oder den Ersatz von verletzten Körpergeweben und Organen durch natürliche oder biotechnologische Produkte. Die Regenerative Medizin bietet Patienten für die Zukunft einen großen potentiellen Nutzen. Anstelle der Verwendung von künstlichen implantierten Prothesen erlaubt diese Art von Technologie z. B. den Austausch von verletzter Haut, Knorpeln, Knochen oder Blutgefäßen mit „biotechnologischem“ Gewebeersatz, der auf einem Gerüst aus Biomaterial erzeugt wurde und meist aus den eigenen Zellen oder Geweben des Patienten besteht. Dadurch werden sowohl die Biokompatibilität als auch die Chancen auf bessere Langzeitprognosen deutlich erhöht.

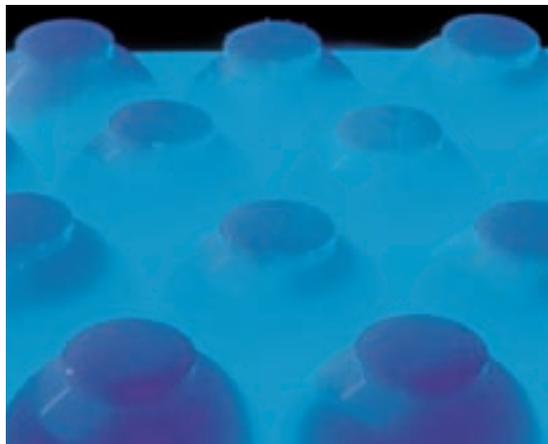
#### Zelltherapien

Menschliche Zellen werden künftig Überbringer für Diagnose und Behandlung sein. Ein Beispiel dieser neuen Art der Therapie sind T-Lymphozyten, die biotechnologisch verändert wurden, um z. B. winzige metallische Partikel zur Stelle eines

Hautersatz durch Tissue Engineering



Neue Oberflächenmaterialien



Tumors zu bringen, wo sie dann magnetisch oder durch Licht aktiviert werden und so den Tumor zerstören. Solche Verfahren könnten eine neue Generation der Behandlung von Krebs oder anderen Krankheiten an mit herkömmlichen Mitteln schwer zu erreichenden Stellen einläuten.

### Nanomedizin

Die Verwendung von Materialien, Werkzeugen, Techniken und Geräten in der Medizintechnologie in Dimensionen unter 100 Nanometer wird die Medizin revolutionieren. Die Auswirkungen von Nano-Biomedizin dürften massiv sein. Sie wird die Diagnostik revolutionieren, da sie nicht nur eine weitaus schnellere Entdeckung von Krankheiten wie Krebs und von physiologischen Abweichungen ermöglicht, sondern auch die Entwicklung von „intelligenten“ medizinischen Materialien, In-vivo-Überwachung und viele weitere Anwendungen. Nanotechnologie bietet außerdem die Möglichkeit, minimal-invasive Sensoren, z. B. so genannte „Lab-on-a-Chip“-Systeme, zu entwickeln, die Dutzende oder sogar Hunderte von Analysen bereits im Körper durchführen können, ohne dass die Inanspruchnahme eines Labors nötig wird. Dadurch werden Diagnose und Überwachung beschleunigt. Ein Beispiel sind unter der Haut implantierte Blutzucker-Überwachungsgeräte.

### Minimal-invasive chirurgische Technologien

Minimal-invasive Operationstechniken entwickeln sich mit rasanter Geschwindigkeit. Die Vorteile

solcher Technologien sind die geringere Verletzung der Patienten während der Behandlung sowie weitaus kürzere Genesungszeiten. Viele Verfahren, die früher einen längeren Krankenhausaufenthalt nötig machten, können jetzt routinemäßig in ambulanten oder Tageskliniken durchgeführt werden, was die Gesundheitsausgaben stark reduziert.

### Hochentwickelte biomedizinische Werkstoffe

Die Entwicklung neuer Materialien für medizinische Anwendungen geht ununterbrochen weiter. Beispiele für kürzlich entwickelte Materialien sind Hydrogele, die die Infektionsrate während einer Katheterisierung erheblich reduzieren, oder so genannte „Gedächtnislegierungen“ (memory alloys), mit deren Hilfe Stents schnell und präzise gesetzt werden können.

### Vernetzung von medizintechnologischen Produkten und Krankenhausssystemen durch Informationstechnologien

Der effektive Einsatz von IT in der Medizintechnologie wird immer wichtiger. Das typische moderne Krankenhaus ist ein unübersichtliches Netz aus medizintechnologischen Produkten wie Bildgebungssystemen, Scannern, Röntgenapparaten und Überwachungssystemen in der Intensivmedizin. Durch die Integration der zahlreichen Technologien und die Möglichkeit, wichtige Patientendaten innerhalb und zwischen verschiedenen medizinischen Einrichtungen zu speichern, zu übertragen und auszutauschen, beginnt der Einsatz von

Telemedizinische Fernüberwachung



Informationstechnologien nun, dieses Umfeld in ein tatsächliches „System“ umzuwandeln. Auch die Integration in Verwaltungs- und Wirtschaftssysteme wird ermöglicht.

### Telemedizin

Die ferngesteuerte routinemäßige Überwachung von Patienten, denen z. B. kardiologische Implantate eingesetzt wurden, mit Lesegeräten, die die entsprechenden Daten über Telekommunikations- oder Internetverbindungen übertragen, wenn sie vom Patienten an seine Brust gehalten werden, könnten einige Bereiche der medizinischen Versorgung revolutionieren. Diese Art der Technologie wird es außerdem Ärzten in abgeschiedenen Gegenden ermöglichen, bequem, ohne Verzögerungen und in Echtzeit Fachzentren zu konsultieren.

### Im Fokus: Nanotechnologien

Nanotechnologien werden in der Medizin eine bahnbrechende Rolle spielen. Darin sind sich alle Experten einig. Wir wollen im Folgenden diesen Bereich etwas näher beleuchten und die verschiedensten Anwendungsmöglichkeiten beschreiben.

### Einführung in die Nanotechnologie

Ein Nanometer ist der milliardste Teil eines Meters. Er ist damit 80.000fach kleiner als der Durchmesser eines menschlichen Haares und

Nanotechnologien ermöglichen der Medizin neue Beha



entspricht der Größe von ungefähr drei bis fünf Atomen. Nanotechnologie bewegt sich also in einem Größenbereich, der kleiner kaum noch werden kann. Nanotechnologie umfasst sowohl Feinmechanik und Elektronik, als auch elektromechanische Systeme (z. B. so genannte „Lab-on-a-Chip“-Systeme) und etablierte biomedizinische Anwendungen.

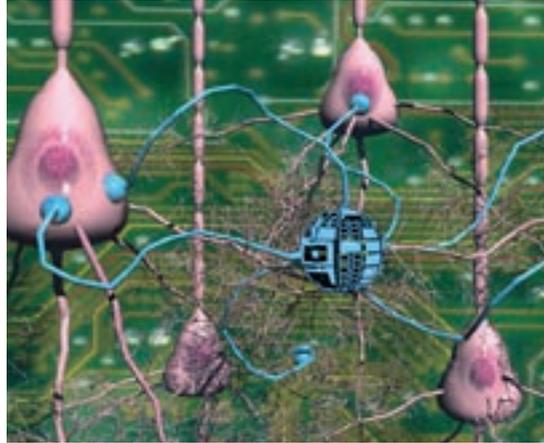
Ein großer Anteil der Forschung wird darauf verwendet, neue „intelligente“ Biomaterialien zu entwickeln, die auf verschiedene Arten innerhalb des Körpers reagieren können, z. B. um Medikamente aufzunehmen und freizusetzen.

Es gibt zahlreiche potentielle Anwendungsbereiche für Nanotechnologie in medizintechnologischen Produkten. Die folgenden Beispiele zeigen nur einige der vielen Anwendungsmöglichkeiten, die zurzeit entwickelt werden oder sich in der Forschungsphase befinden.

### Künstliche Muskeln

Anfang der 90er Jahre wurden die so genannten „Carbon Nanotubes (CNT)“ entdeckt: Kohlenstoffröhrchen mit einem Durchmesser von wenigen Nanometern. CNT gelten als der am raschesten wachsende Bereich der Nanotechnologie. Mit der Entdeckung (1998), dass Carbon Nanotubes wie „künstliche Muskeln“ wirken, hat sich ein großes Anwendungspotential für die CNT als „Aktuatoren“ in der Medizin eröffnet. Anwendungen sind z. B. denkbar in der Orthopädie, der Endoskopie oder der minimal-invasiven Chirurgie.

ndlungs- und Diagnosemöglichkeiten.



### Produkte aus menschlichem Gewebe

Dieser Bereich der Industrie wächst rapide. Produkte aus menschlichem Gewebe bieten gegenüber der traditionellen Behandlung viele Vorteile. Die Verwendung von Eigengewebe bei der Behandlung eines Patienten zur Wiederherstellung von verletztem oder krankem Gewebe kann zum Beispiel Probleme wie die Biokompatibilität oder komplexe technische Herausforderungen vermeiden und die volle Funktionalität viel schneller wiederherstellen. In vielen Fällen müssen menschliche Zellen oder Gewebe jedoch auf einer physischen Matrix oder einem „Gerüst“, das oft aus einem hochentwickelten Material besteht, gezüchtet werden um den nötigen dreidimensionalen Halt zu bieten. Es wurde herausgefunden, dass die Nanomodellierung der Oberfläche eines solchen Gerüsts das Zellwachstum oftmals anregen kann. Die Zellen folgen rapide den nanoskopisch eingekerbten Strukturen, wodurch die Matrix schneller mit den benötigten Zellen oder Geweben gefüllt wird.

### Hochentwickelte Materialien für Implantate

Oberflächen können auf Nanoebene behandelt werden um die physikalischen oder chemischen Eigenschaften von Implantatmaterialien zu verändern, z. B. um die Biokompatibilität zu verbessern, das Gewebewachstum um das Implantat anzuregen oder die Reibung und dadurch bedingte Abnutzung zu verringern. Dadurch werden weniger Revisionsoperationen nötig.

### Neue „intelligente“ Werkstoffe

Ein großer Anteil der Forschung wird darauf verwendet, neue „intelligente“ Biomaterialien zu entwickeln, die auf verschiedene Arten innerhalb des Körpers reagieren können, z. B. um Medikamente aufzunehmen und freizusetzen.

### „In-vivo“-diagnostische Systeme

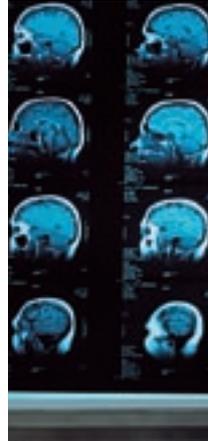
Es sind bereits Prototypen von nanotechnologischen „Lab-on-a-Chip“-Systemen entwickelt worden, die gleichzeitig eine Reihe von Analysen oder Messungen, z. B. von Blut, durchführen können. Es wird wahrscheinlich in absehbarer Zeit möglich sein, solche Geräte mit integrierten Rückmeldungssystemen zu implantieren, die wichtige diagnostische Daten an andere Geräte, z. B. aktive implantierte Medizinprodukte oder externe Lesegeräte, übermitteln.

### Arzneimittelabgabesysteme

Es wird zurzeit aktiv daran gearbeitet, nanotechnologische Produkte zu entwickeln, die ein Arzneimittel, z. B. ein Antikrebsmittel, zügig und zielgenau an die gewünschte Stelle bringen. Ähnlich wie die Medikament-freisetzenden Stents findet dabei eine Symbiose von Medizintechnologie und Arzneimittel statt.

### Sauerstofftransportsysteme

Es wurden einige Konzepte entwickelt, nach denen Nanomaschinen verwendet werden könnten, um unterversorgte Gefäße mit Sauerstoff zu beliefern.



### Nanoroboter

Einige Forschungsbereiche beschäftigen sich mit der Entwicklung einer Reihe von Robotern mit verschiedenen Eigenschaften, die in den Körper eingeführt werden könnten, um z. B. Viren oder Bakterien anzugreifen oder Thrombose zu bekämpfen. Eine typische zukünftige nanomedizinische Behandlung könnte darin bestehen, in Flüssigkeit gelöste Nanoroboter zu injizieren. Einige Nanoroboter hätten die Aufgabe, sich über den Blutkreislauf zu ihrem Ziel zu bewegen, andere würden nicht über das Blut getragen werden sondern sich durch das Gewebe oder auch durch den Verdauungstrakt oder die Atemwege bewegen.

Jede Art von medizinischem Nanoroboter wäre darauf ausgelegt, spezifische Aufgaben zu erledigen und zahlreiche Arten und Größen wären möglich. Nanoroboter könnten chemische Wirkstoffe direkt zu einer bestimmten Zelle transportieren oder geschädigte Organe finden und reparieren sowie Tumorzellen aufspüren und zerstören. Sie wären dazu in der Lage, während der Behandlung ihren Standort, den Funktionsstatus und den Erfolg oder das Scheitern der Behandlung zu übermitteln. Sie würden Ihnen ihre physikalischen Koordinaten im Körper mitteilen, damit Sie wissen wo sie sich befinden. Sie würden Ihnen mitteilen, wie viele Krebszellen sie gefunden und inaktiviert haben. Die Nanoroboter würden nur für eine bestimmte Zeit im Körper bleiben und die Reaktion des Immunsystems (Biokompati-

bilität) wäre im Prinzip nicht schwieriger zu bewältigen als bei medizinischen Implantaten im Allgemeinen. Im menschlichen Körper gibt es viele nützliche, jederzeit verfügbare Stromquellen für diese Nanogeräte und viele verschiedene Wege, um mit den Maschinen zu kommunizieren während sie ihre Arbeit verrichten.

Nanotechnologie in der Medizin: nur eines der vielen Beispiele innovativer Technologien in der Gesundheitsversorgung der Zukunft.

### Fazit

**Wir stehen am Beginn einer medizintechnologischen Revolution. Aber: Wie können wir Innovationen künftig bezahlen?**

Die Entwicklung der Medizintechnologie war in den letzten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts äußerst dynamisch. Kunststoffeimplantate, künstlicher Gelenkersatz, Schrittmachertechnologien oder minimal-invasive Verfahren sorgten für einen hohen Standard in der medizintechnischen Versorgung.

Trotz all dieser Fortschritte müssen wir feststellen: Wir stehen erst ganz am Anfang einer medizintechnologischen Revolution. Der Fortschritt wird noch rasanter werden. Denn in der Medizin entsteht eine Vielfalt neuer Technologien. Dazu gehören z. B. das Tissue Engineering, die Entwicklung

... ermöglicht moderne Medizin.



Dreidimensionale Gelstruktur



Innovationen beginnen mit Forschung



neuer „intelligenter“ Materialien, die Integration von telemedizinischen Anwendungen in Behandlungsmethoden der Medizintechnologie, minimal-invasive Operationstechniken und die Nanotechnologie. Außerdem werden diese Technologien immer weiter integriert, wodurch hochentwickelte Therapien entstehen, die oft „traditionelle“ Grenzen und Bereiche überschreiten.

Die in diesem Kapitel genannten Beispiele von Medizintechnologien der Zukunft zeigen: moderne Medizintechnologien sind der Motor der Gesundheitswirtschaft und unentbehrlich für die Gesundheit und die Lebensqualität der Menschen. Aus den genannten Beispielen wird aber deutlich: Wir stehen an der Schwelle zu einer medizintechnologischen Revolution, die auch ethische Fragen aufwirft. Es muss vor allem offen darüber diskutiert werden, wie auch künftig die Innovationen der Medizintechnologie allen Patienten zeitnah zur Verfügung gestellt werden können.

Dafür brauchen wir eine Neuorientierung des deutschen Gesundheitswesens hin zu einer modernen und innovativen Gesundheitswirtschaft. Das geht nur mit einem klaren politischen Willen, die Gesundheitswirtschaft als Wachstumschance für Deutschland zu nutzen. Wenn wir das wollen, muss die derzeitige Fixierung der Politik auf die GKV-Finzen überwunden werden. Allen ist klar, dass die Lohngebundenheit der Beiträge zur Gesetzlichen Krankenversicherung in Zeiten von hoher Arbeitslosigkeit, schwacher Konjunktur und massenhafter Frühverrentung ein Konstruktionsfehler ist, der zu einem Wegbrechen der Einnah-

menbasis führt. Das GKV-System ist wie ein Korsett, das uns immer enger zuschnürt. Daran werden auch kurzfristige Korrekturmaßnahmen nichts ändern.

Der Bundesverband Medizintechnologie plädiert in dieser wichtigen Phase der Neuorientierung unseres Gesundheitssystems vor allem für eine neue Dialogkultur. Alle Beteiligten müssen sich als Partner in einer neuen, modernen und dynamischen Gesundheitswirtschaft verstehen. Fünf Maßnahmenvorschläge können aus unserer Sicht dazu beitragen, die erwähnten Wachstumspotentiale des Gesundheitssektors zu nutzen. Dazu gehören mehr Marktwirtschaft und Wettbewerb im Gesundheitswesen, eine Deregulierungsoffensive, eine ergebnisorientierte Bewertung von Leistungen in den Vergütungsstrukturen, neue, flexible und optionale Finanzierungsmodelle in der Gesetzlichen Krankenversicherung sowie messbare Gesundheitsziele.

**Wir brauchen eine neue Gesundheitswirtschaft mit mehr wettbewerblichen Elementen. Wir brauchen mehr Wahlfreiheiten und mehr Eigenverantwortung der Versicherten. Wir müssen die Rahmenbedingungen für Forschung und Entwicklung verbessern. Wir benötigen insgesamt ein innovationsfreundlicheres Klima, damit neue Behandlungsmethoden und Verfahren der Medizintechnologie schneller beim Patienten ankommen, wo sie Leben retten, Gesundheit erhalten und Lebensqualität verbessern.**

Bundesverband  
Medizintechnologie e.V.  
**Reinhardtstraße 29 b**  
**D - 10117 Berlin**  
**Tel. (030) 246 255 - 0**  
Fax (030) 246 255 - 99  
info@bvmed.de  
www.bvmed.de

