

Teil 3

Die Geschichte der Medizintechnologie

Von der Frühzeit bis heute:
Medizintechnologien an der Schwelle zu einer neuen technologischen Revolution

von Joachim M. Schmitt und Manfred Beeres

In einer vierteiligen Serie bringen die Autoren einen spannenden Überblick über wichtige Entwicklungen in der Medizintechnik. Dabei geht es um Wundversorgung, Chirurgie, Untersuchungs- und Behandlungsmethoden, Therapien bei Erkrankungen von Auge, Knochen und Gelenken sowie Herz und Gefäßen und um die enterale Ernährung. Die Serie endet mit einem Ausblick in die Zukunft der weiteren medizintechnologischen Entwicklung. Im dritten Teil geht es um Medizintechnologien im Rahmen der Diagnostik und Therapie von Erkrankungen des Herzens und der Gefäße.

Herz und Gefäße

In den Industrienationen sind Erkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems die Todesursache Nummer 1 – 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



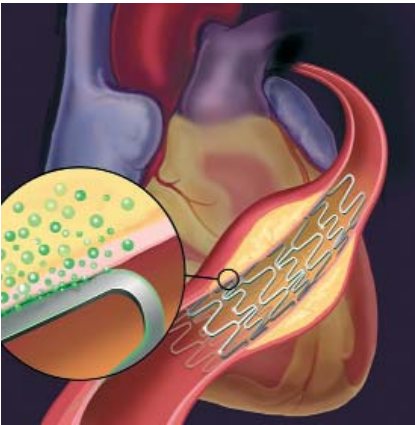
Die Autoren: Joachim M. Schmitt ist Geschäftsführer und Mitglied des Vorstandes des Bundesverbandes Medizintechnologie (BVMed) mit Sitz in Berlin. Manfred Beeres ist Journalist und leitet den Bereich Kommunikation/Presse des Verbandes. Die Autoren danken Claudia Hampe und Frank Sitta für ihre Unterstützung und Recherchen.

heutigen Hightech-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 Sennarc 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 Glasthermometer 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.

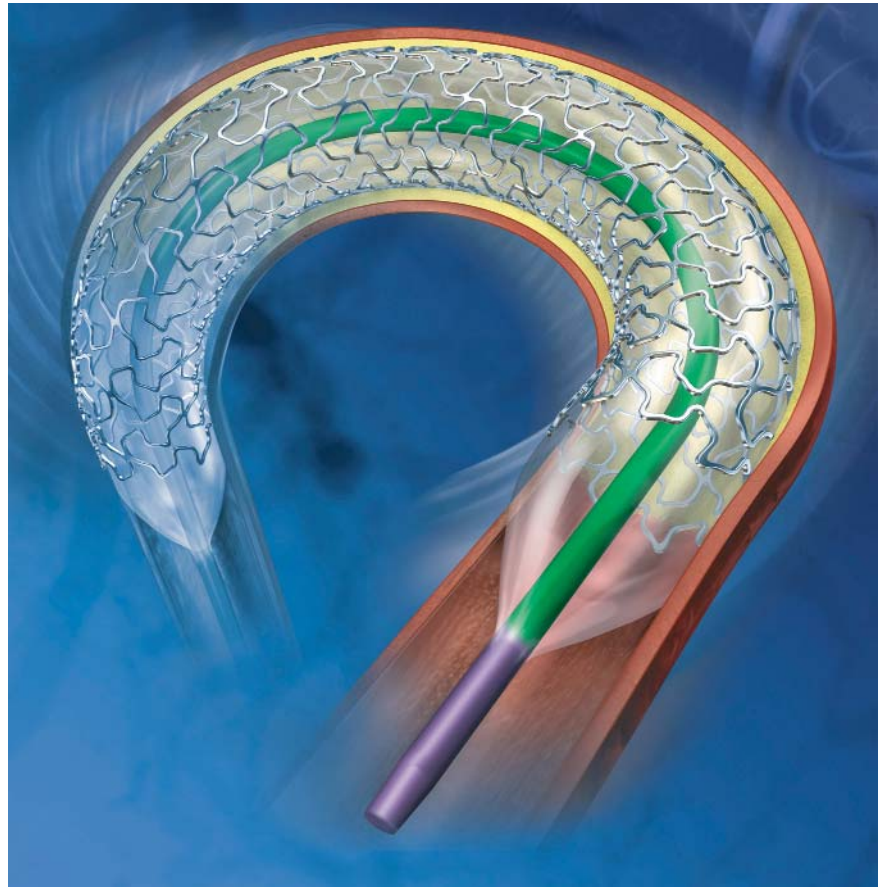


Schema eines Stents (re.)
und Wirkung (oben).

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 Potenzial dieser Behandlungsmethode. 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 Leistengegend 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 übernahmen. Der erste Patient unterzog sich einen Monat später erneut der Ballondilatation und dann nochmals nach zehn Jahren. Es konnte kein Wiederverschluss der Arterie (Restenose) festgestellt werden. Im Jahre 1980 überschritt die Anzahl der durchgeführten Ballondilatationen bereits die Grenze von 1.000 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 Koronar-

arterie 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 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. >

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 2002 auf dem Markt – setzt Medikamente frei. 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. Kouwenhoven (1886–1975) war der Erste, dem in den 50er Jahren mit Wechselstrom die externe Defibrillation eines Hundes über außen am Thorax angebrachte Elektroden gelang. Kouwenhoven 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 durchgeführ-



Prof. Mirowski war Pionier beim implantierbaren Defibrillator.

ten 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.

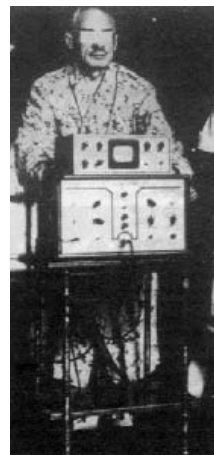
Der ICD – auch kurz „Defi“ genannt - besteht aus einer Batterie und einem elektronischen Schaltkreis, der den Herzschlag ständig überwacht. Wird eine gefährliche Herzrhythmusstörung erkannt, gibt das System einen Gleichstromimpuls ab, der den regelmäßigen Herzschlag



Ein kleines Teil kann Leben retten: ein ICD.

wieder herstellt. 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 kardialen Resynchronisation (CRT) kombiniert werden kann – besonders indiziert bei Patienten, die an schwerer Herzinsuffizienz leiden. Bei der CRT wird ein kleines, Microcomputer-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 wieder hergestellt, 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.



Schrittmachersystem im Jahre 1958.

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 notwen-

dig und die Elektroden wurden auf den Herzmuskel aufgenäht. Die Lebensdauer des Gerätes betrug nach der Implantation gerade mal 24 Stunden. Der Patient 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 stimulierte. 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.

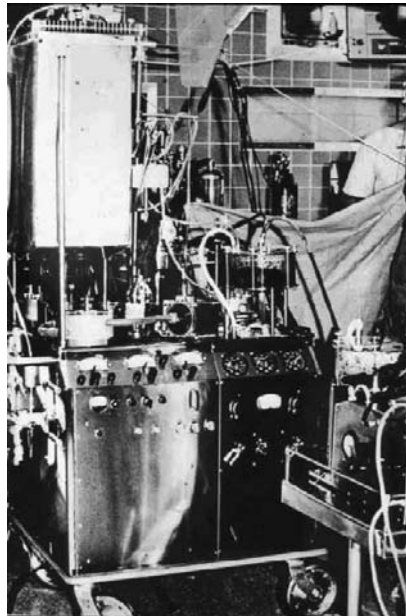
Elektro-Stimulationsgeräte werden aber nicht nur am Herzen eingesetzt. So hilft beispielsweise die tiefe Hirnstimulation gegen die Parkinson-Krankheit und die Nervus-vagus-Stimulation gegen Epilepsie und Depressionen. Die motorischen Störungen bei Parkinson entstehen durch einen Mangel an Dopamin, einer 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.

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



1953 wurde die Herz-Lungen-Maschine erfunden.

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 Übernahme 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. <