

# Der Onkologe

Organ der Deutschen Krebsgesellschaft e.V.

## Elektronischer Sonderdruck für W. Niederlag

Ein Service von Springer Medizin

Onkologe 2011 · 17:413–419 · DOI 10.1007/s00761-011-2045-5

© Springer-Verlag 2011

zur nichtkommerziellen Nutzung auf der  
privaten Homepage und Institutssite des Autors

W. Niederlag · H.U. Lemke · O. Rienhoff

## Personalisierte Medizin und individuelle Gesundheitsversorgung

Medizin- und informationstechnische Aspekte

# Personalisierte Medizin und individuelle Gesundheitsversorgung

## Medizin- und informationstechnische Aspekte

### Vorbemerkungen

Globalisierung und Individualisierung stehen in der modernen Gesellschaft für zwei gegenläufige Trends, die auch in der Medizin und der Gesundheitsversorgung ihre Ausprägungen haben [1]. Die Globalisierung zeigt sich beispielsweise in multinational angelegten klinischen Studien an großen Populationen oder an der grenzüberschreitenden Telemedizin. Andererseits zeichnet sich mit der sog. „personalisierten Medizin“ ein deutlicher Trend zur Individualisierung ab.

„Personalisierte Medizin“ ist ein relativ junger Begriff, bei dem sich die Fachwelt noch nicht auf eine einheitliche Definition und damit auch nicht auf eine fachliche Abgrenzung des Gebietes einigen konnte [2]. Oft wird die personalisierte Medizin in der öffentlichen Diskussion mit der Pharmakogenomik gleichgesetzt, die sich mit dem Einfluss der (individuellen) Erbanlagen eines Patienten auf die Wirksamkeit von Arzneimitteln befasst. Unbestritten gehört die Pharmakogenomik zur personalisierten Medizin, sie beschränkt sich aber nicht darauf. Man sollte deshalb den Begriff „personalisierte Medizin“ wesentlich weiter fassen.

Im Folgenden wird die personalisierte Medizin ganz allgemein als eine auf den individuellen Patienten bzw. eine Person abgestimmte und optimierte Medizin bzw. Gesundheitsversorgung verstanden.

Diese allgemeine Sicht auf die personalisierte Medizin schließt eine ganze Reihe weiterer Anwendungen ein, von denen im Folgenden einige zusammengefasst werden (■ **Abb. 1**):

- individualisierte Diagnostik, Prädiktion und Prävention,
- individualisierte Therapie mit Medikamenten,
- individualisierte Therapie mit autologen Zellen,
- individualisierte Therapie mit medizintechnischen Systemen,
- individualisierte Therapie mit IT-gestützten Systemen,
- individualisierte Assistenz mit IT-gestützten Systemen,
- individualisierte Patientenakte und Patientenmodell,
- individualisierte ganzheitliche Medizin.

Diese Anwendungsgruppen werden im Beitrag erläutert, ihr Entwicklungsstand und ihr Entwicklungshorizont skizziert und insbesondere die Rolle von Medizin- und Informationstechnik hervorgehoben.

### Individualisierte Diagnostik, Prädiktion und Prävention

Durch diverse Messgrößen (Biomarker) zur Charakterisierung gesunder bzw. krankhaft veränderter biologischer Prozesse kann man über eine „individuali-

sierte“ Diagnostik den Therapieerfolg für den individuellen Patienten prognostizieren und eine entsprechende individuell angepasste Therapie durchführen. Die individualisierte Diagnostik definiert sich also über die individualisierte Therapie, sie ist Voraussetzung für eine individualisierte Medikamententherapie bzw. eine individualisierte Intervention.

Bestimmte genetische Biomarker tragen darüber hinaus auch Informationen über individuelle Krankheitsrisiken des Patienten (individuelle Prädiktion) und ermöglichen darauf aufbauend die Einleitung entsprechender Maßnahmen zur individuellen Vorbeugung (individuelle Prävention). Damit bahnt sich ein Paradigmenwechsel von der spätinterventionsellen zur prädiktiven, präventiven und frühinterventionsellen personalisierten Medizin an [3].

### Individualisierte Therapie mit Medikamenten

Grundlage für die heutige evidenzbasierte Medikamententherapie ist ihr statistisch signifikanter Wirksamkeitsnachweis an großen Patientengruppen. Es ist aber seit Langem bekannt, dass Patien-

Dieser Beitrag ist erstmals erschienen in *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, Band 53, Heft 8, 776–782; DOI: 10.1007/s00103-010-1098-8.

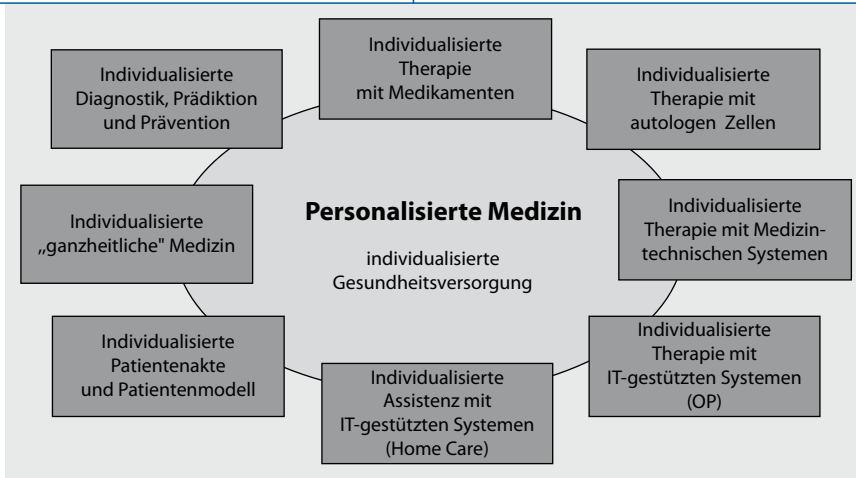


Abb. 1 Anwendungsgruppen der personalisierten Medizin

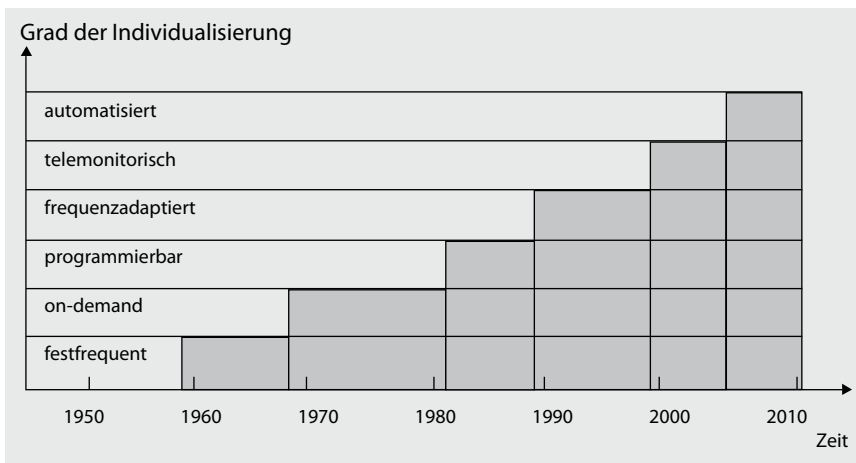


Abb. 2 Individualisierungsstufen bei aktiven Implantaten am Beispiel der Entwicklung der Therapie mit implantierbaren Herzschrittmachern [9]

ten bei sonst gleicher oder ähnlicher Diagnose sehr unterschiedlich auf Wirkstoffe und ihre Dosierung ansprechen. Das kann einmal daran liegen, dass sich „scheinbar“ identische Krankheitsbilder auf molekularer Ebene (auf der die Medikamente wirksam werden) voneinander unterscheiden. Ein anderer Grund kann sein, dass Patienten Pharmaka unterschiedlich verstoffwechseln. Ziel einer „Personalisierung“ ist es nun, die für den (individuellen) Patienten optimale Therapie durch die Erfassung und Bewertung genomischer oder nichtgenomischer Biomarker zu finden.

Als bekanntes Beispiel soll hier Trastuzumab (Handelsname Herceptin®) genannt werden. Trastuzumab ist ein monoklonaler Antikörper zur Behandlung des weiblichen Brustkrebses. Er wirkt aber nur bei etwa 25% der Patientinnen, d. h. nur bei Patientinnen, deren Tumorzellen auf ihrer Oberfläche den Wachstumsfak-

tor-Rezeptor HER2 exprimieren (HER2-positiv). Die Patientinnen können auf die Anwesenheit dieses Rezeptors/Biomarkers getestet werden. Für die übrigen etwa 75% der Patientinnen, die HER2-negativ sind, bringt diese noch sehr teure Therapie aber keinerlei Nutzen [4].

Trotz aller bisher erzielten Fortschritte auf Teilgebieten der individualisierten Therapie muss man allerdings konstatieren, dass mit ihrer breiten Umsetzung noch nicht so bald zu rechnen ist.

### Individualisierte Therapie mit autologen Zellen

Möglich ist auch eine individualisierte Therapie mit körpereigenen Zellen. Diese sog. autologen Zellen können direkt transplantiert werden, um die geschädigten Körperzellen am Zielort temporär oder langfristig funktionell zu erset-

zen. Autologe Zellen können aber auch als Transportwerkzeuge für Antigene und Gene oder als Basismaterial für die In-vitro-Erzeugung von Organen oder Organteilen (Tissue Engineering) dienen [2]. Die auf der Basis autologer Zellen hergestellten Organe oder Organteile haben gegenüber künstlichen Organen den großen Vorteil, dass sie nach Implantation vom Organismus nicht abgestoßen werden und eine Therapie, die eine Abstoßungsreaktion verhindert, entfallen kann. Allerdings besteht die Schwierigkeit darin, mit autologen Zellen dreidimensionale Gewebestrukturen zu erzeugen. Das gelingt aber mithilfe von entsprechenden synthetischen oder allogenen Gewebegerüsten (Matrix), die in speziellen Bioreaktoren mit autologen Zellen „bewachsen“ werden. Die Gewebegerüste bestimmen zugleich die Form und die Funktion des Implantats und sorgen für seine mechanische Stabilität.

Beispiele für Gewebe auf Basis einer synthetischen Matrix sind Knorpeltransplantate [5]. Als besonders Erfolg versprechendes Beispiel für die Anwendung einer allogenen Matrix seien hierauf basierende Herzklappen genannt. Hier verwendet man zum Empfänger passfähige Spenderherzklappen, isoliert von diesen das Kollagengerüst vollständig, befreit es von den allogenen und besiedelt es mit autologen Zellen. Zusätzlicher Vorteil dieser vitalen implantierbaren biologischen Herzklappen ist, dass sie mit dem Empfänger mitwachsen. Sie sind also insbesondere für Kinder geeignet [6]. An entsprechenden Lösungen für Venenklappen [7], Blutgefäße, Harnblasen, Nervengewebe et cetera wird derzeit gearbeitet. Allerdings sind trotz dieser optimistischen Forschungsansätze in den nächsten Jahren noch keine dramatischen Erfolge mit Blick auf einen breiten Einsatz in der Praxis zu erwarten [8].

### Individualisierte Therapie mit medizintechnischen Systemen

Hier kommen hauptsächlich die als Unikate hergestellten oder individuell angepassten externen Prothesen (Exoprothesen) zum Einsatz. Zu dieser Form der individualisierten Behandlung zählen aber beispielsweise auch die individuelle Strah-

lenthherapie sowie die aktiven Implantate, die für den einzelnen Patienten hergestellt bzw. nach der Implantation auf ihn eingestellt werden oder sich völlig automatisch an seine Bedürfnisse anpassen – und dies nicht nur statisch, also einmalig, sondern dynamisch, also immer wieder.

Als Modell für diese Gruppe können die schon sehr ausgereiften Herzstimulationssysteme (implantierbarer Herzschrittmacher und Kardioverter/Defibrillator) gelten. Am implantierbaren Herzschrittmacher lässt sich die zeitliche Entwicklung der Individualisierungsstufen besonders gut zeigen (■ **Abb. 2**, [9]):

- 1958 wurde von Elmquist und Senning der erste einfache, festfrequente Herzschrittmacher implantiert [10]. Er stimulierte das Herz mit einer festen Frequenz von beispielsweise 70 pro Minute, unabhängig vom wirklichen Bedarf. Motto: „Alle Patienten erhalten den gleichen Schrittmacher.“
- Ab etwa 1967 wurde dann schon der Bedarfsschrittmacher eingesetzt: Er schaltete sich automatisch ab, wenn das Herz eine ausreichende Eigenfrequenz lieferte. War die Eigenfrequenz hingegen nicht ausreichend, schaltete er sich automatisch zu (Demand-Funktion). Außerdem wurde durch Einbezug des Herzvorhofes eine hämodynamisch günstige vorhofgesteuerte Kammerstimulation realisiert. Motto: „Der Patient erhält ‚seinen‘ Herzschrittmacher aus einer Gruppe von etwa 4 verschiedenen.“
- Anfang der 1980er-Jahre wurde die Programmierbarkeit der Herzschrittmacher nach der Implantation möglich. Motto: „Wir implantieren erst einmal und können dann immer noch entscheiden, welche Funktionalität der Patient wirklich benötigt.“
- Ende der 1980er-Jahre wurde die sensorgesteuerte Frequenzadaptation eingeführt. Die Sensoren nahmen die Belastungssituation des Patienten auf und passten die elektrische Stimulation des Herzens dieser Situation an. Motto: „Mein Schrittmacher passt sich meiner Belastung an.“
- In den ersten Jahren des neuen Jahrhunderts kam die Remote-Funktion hinzu, d. h., das Telemonitoring (Homemonitoring) ermöglichte die

## Zusammenfassung · Abstract

Onkologe 2011 · 17:413–419 DOI 10.1007/s00761-011-2045-5  
© Springer-Verlag 2011

W. Niederlag · H.U. Lemke · O. Rienhoff

### Personalisierte Medizin und individuelle Gesundheitsversorgung. Medizin- und informationstechnische Aspekte

#### Zusammenfassung

Die Individualisierung der Medizin und Gesundheitsversorgung scheint einem allgemeinen gesellschaftlichen Trend zu folgen. Sie wird durch die Begriffe „personalisierte Medizin“ und „Personal Health“ beschrieben. Dabei muss deutlich gemacht werden, dass sich die personalisierte Medizin nicht nur auf die Pharmakogenomik beschränkt, sondern dass ihr Spektrum wesentlich weiter zu fassen ist. Die Anwendungen reichen von der individualisierten Diagnostik, der individualisierten pharmakologischen Therapie über die Therapie mit individuellen Prothesen und Implantaten bis zu Therapieansätzen mit autologen Zellen und von der Patientenmodellbasierten Therapie im OP über die elektro-

nische Patientenakte bis hin zur individuellen Betreuung von Patienten in ihrem häuslichen Umfeld mittels technischer Systeme und Dienste. Auch wenn es auf einigen Gebieten schon praxistaugliche Lösungen gibt, liegt der Entwicklungshorizont für die meisten Anwendungen weit in der Zukunft. Medizin- und Informationstechnik sind für die personalisierte Medizin und für Personal Health essenziell und „treiben“ sich gegenseitig vorwärts.

#### Schlüsselwörter

Personalized medicine · Public health · Individualization · Tissue Engineering · Ambient Assisted Living · Pharmakogenomik

### Personalized medicine and individual healthcare. Medical and information technology aspects

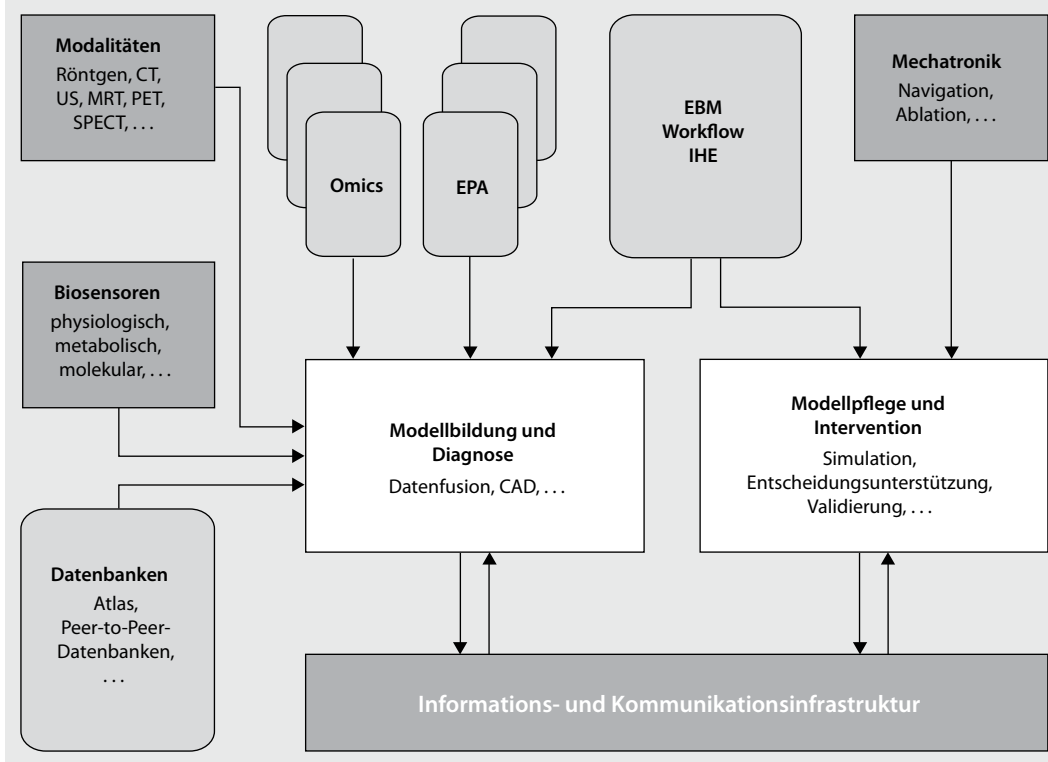
#### Abstract

The individualization of medicine and healthcare appears to be following a general societal trend. The terms “personalized medicine” and “personal health” are used to describe this process. Here it must be emphasized that personalized medicine is not limited to pharmacogenomics, but that the spectrum of personalized medicine is much broader. Applications range from individualized diagnostics, patient-specific pharmacological therapy, therapy with individual prostheses and implants to therapy approaches using autologous cells, and from patient model-based therapy in the operating room, electronic patient records through to the individu-

al care of patients in their home environment with the use of technical systems and services. Although in some areas practical solutions have already been found, most applications will not be fully developed for many years to come. Medical and information technology are essential to personalized medicine and personal health, each driving the other forward.

#### Keywords

Personalized medicine · Public health · Individualization · Tissue engineering · Ambient assisted living · Pharmacogenomics



**Abb. 3** ◀ Patientenspezifisches Modell und Informations- und Kommunikationsstruktur bei einer modellbasierten, personalisierten Intervention. In das patientenspezifische Modell fließen nicht nur Ergebnisse von Bildmodalitäten ein, sondern auch von Biosensoren, Datenbanken, Omics, Epigenetik, elektronischen Patientenakten (EPA) und evidenzbasierter Medizin (EBM). CAD Computergestützte Diagnose, IHE Integration the Healthcare Enterprise [13]

Fernüberwachung des Herzschrittmachers, aber auch des Herzens. Motto: „Mein Arzt kann die Funktionstüchtigkeit meines Herzschrittmachers bzw. meines Herzens überwachen, gleichgültig wo er gerade ist oder ich gerade bin.“

- Seit etwa 2005 werden immer mehr Funktionalitäten „automatisiert“. Hierbei gibt es Anfangserfolge, die Entwicklung ist aber keineswegs schon abgeschlossen. Motto: „Der Herzschrittmacher stellt sich ganz automatisch auf meine entsprechenden Bedürfnisse ein.“

Da die Entwicklung des implantierbaren Herzschrittmachers als medizintechnisches System für die individualisierte Therapie weitgehend abgeschlossen zu sein scheint, lohnt sich nochmals ein Blick auf einige spezielle Aspekte, die vielleicht auch bei anderen noch vor uns liegenden Entwicklungen in der personalisierten Medizin beachtet werden sollten: Die Entwicklung der Herzschrittmachtherapie nahm fast 50 Jahre in Anspruch, also einen sehr langen Zeitraum. Sie erfolgte in Stufen von jeweils etwa 10 Jahren, wobei jede Stufe eine Weiterentwicklung bedeutete, die produktiv umgesetzt werden konnte, die für die Patienten deutlich

positiv und die das Gesundheitswesen zu finanzieren imstande war. Die Entwicklung erfolgte selbstverständlich abhängig vom allgemeinen Stand der Technik (der aber auch durch das Produkt „getrieben“ wurde) und natürlich auch von der medizinisch-wissenschaftlichen Entwicklung.

Ähnlich verlief die Entwicklung bei der Strahlentherapie und bei den Exoprothesen. Ziel der Strahlentherapie ist es, Tumorgewebe durch ionisierende Strahlung zu zerstören, das umgebende Gewebe aber weitgehend zu schonen. Das erreicht man beispielsweise durch eine individuell ausgerichtete Wahl der Strahlenquellen (unter anderem Photonen, Protonen, Schwerionen), durch technische Vorrichtungen zur individuellen „Strahlenfokussierung“ auf das Tumorgewebe (individuell hergestellte Absorber, individuell programmierte Multileaf-Kollimatoren, intensitätsmodulierte Strahlentherapie [11]), durch Vermeidung von Bewegungsartefakten (individuell hergestellte Lagerungshilfen, bildgesteuerte Strahlentherapie) und nicht zuletzt über eine Kombination dieser Faktoren (individuelle Bestrahlungsplanung, individuelle Simulation).

Exoprothesen waren schon immer Unikate und als solche „personalisiert“, also auf den Empfänger zugeschnitten.

Auch auf diesem Gebiet hat die technische Entwicklung der letzten Jahrzehnte erhebliche Fortschritte in Richtung einer immer ausgeprägteren Individualisierung erreicht [12].

Bezog sich die Individualisierung bei den letzten 3 Anwendungsgruppen direkt auf die „Therapeutika“ (Medikamente, Transplantate, Implantate, Prothesen, Strahlung etc.) und ihre Dosierung oder Anpassung, betrifft sie bei den nächsten beiden Anwendungsgruppen die Therapiewerkzeuge, speziell bei IT-gestützten Systemen.

### Individualisierte Therapie mit IT-gestützten Systemen

Aufgrund der Fortschritte in der Informationstechnik, Medizin, Biologie und den Ingenieurwissenschaften steht dem Therapeuten heute eine ständig wachsende Zahl an zusätzlichen patientenbezogenen Daten zur Verfügung. Dazu zählen nicht nur – mittlerweile auf die räumliche Dimension erweiterte – morphologische Bilder, sondern auch diverse funktionelle, metabolische, molekulare und atlasreferenzierte Daten. Der Therapeut muss sich innerhalb dieser Datenfülle orientieren, zur richtigen Zeit die richtigen Daten selektieren, zu Informationen verknüpfen

und daraus neue Schlüsse ziehen. Er muss sich aus den vielen zur Verfügung stehenden Daten ein „viel dimensionales“ individuelles (bzw. individualisiertes) Modell vom Patienten zusammensetzen und auf Grundlage dieses Modells die notwendigen therapeutischen Schritte einleiten/vollziehen.

Dieses ständig wachsende „Angebot“ an Daten und Informationen und die begrenzte Fähigkeit des Menschen, daraus wirklichkeitsnahe Abstrahierungen und zielführende, sichere Entscheidungen zu treffen, machen den Einsatz innovativer Informationstechnik notwendig. Diese muss in der Lage sein, Daten, Informationen, Patientenmodelle und den Workflow zeitgerecht für den Therapeuten zu verknüpfen und in einer für ihn sofort verwertbaren Form bereitzustellen. Die

Abb. 3 zeigt vereinfacht das Zusammenspiel zwischen Informationen, Daten und Workflow sowie deren Verdichtung und Aufbereitung mit IT-gestützten Werkzeugen einer Informations- und Kommunikationsinfrastruktur (Therapy Imaging and Model Management System, TIMMS) [13].

Auf der Basis von Patienten- und Prozessmodellen ermöglicht TIMMS die Planung und Durchführung therapeutischer, insbesondere chirurgischer Arbeitsabläufe. Die in sog. „Engines“ und „Repositories“ präsentierten Funktionalitäten des TIMMS (beispielsweise Modellierung, Simulation, Visualisierung, Validierung) sind Gegenstand vieler Forschungs- und Entwicklungsprojekte und teilweise auch schon im klinischen Einsatz. Die erforderliche Echtzeitverarbeitung von Modellen und Prozessen und das Bereitstellen von Hardware- und Software-Sicherheitsmechanismen stellen höchste Anforderungen an die Informationstechnik.

Dabei erfolgt die Individualisierung also durch patientenspezifische Modelle, die den Therapeuten zum Beispiel im OP-Saal unterstützen. Mit solchen IT-gestützten Werkzeugen lässt sich aber zusätzlich auch ein speziell auf den Therapeuten angepasster „personalisierter“ Workflow einrichten: Hier bezieht sich die Personalisierung also nicht nur auf den Patienten, sondern auch auf den Therapeuten.

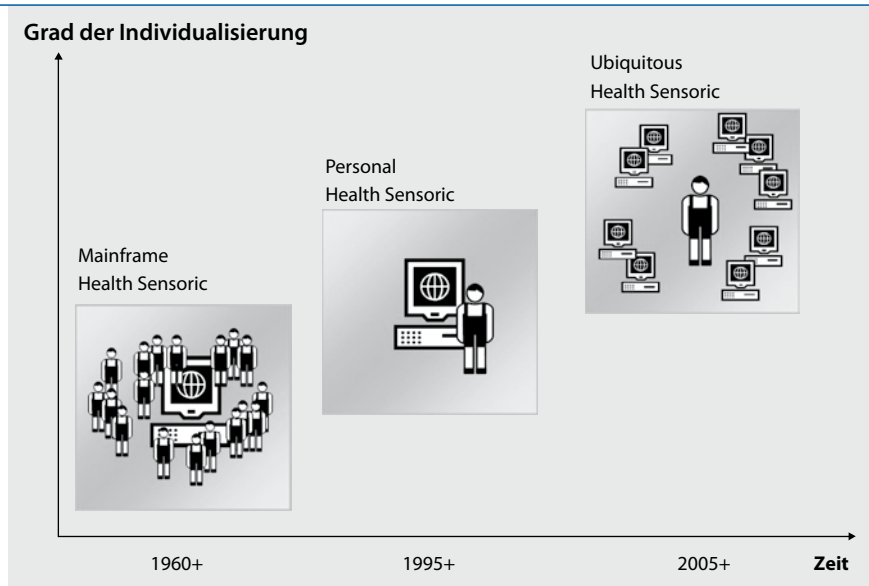


Abb. 4 ▲ Technologische Entwicklung und Individualisierung in der medizintechnischen Versorgung des Patienten am Beispiel von AAL (Quelle: W. Storck, modifiziert)

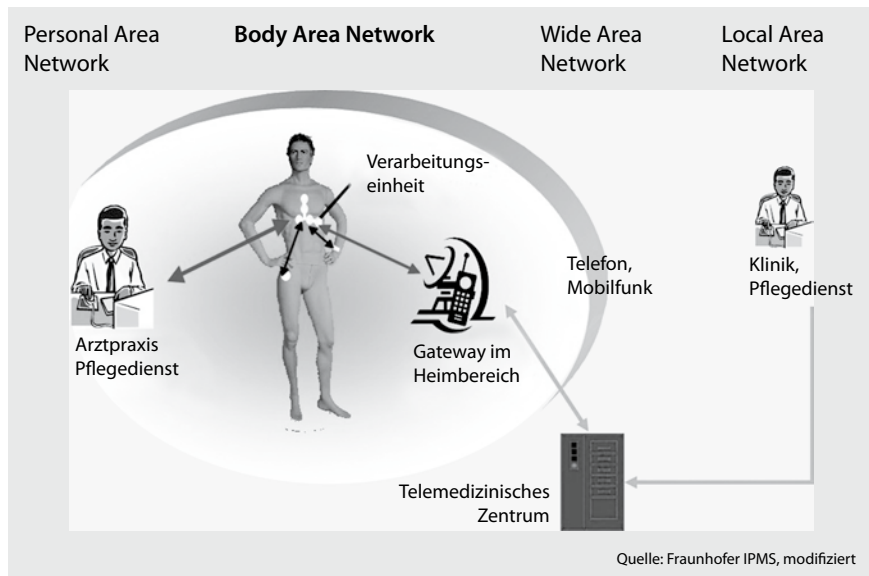


Abb. 5 ▲ Body Area Network und Personal Area Network für AAL-Anwendungen (Quelle: Fraunhofer IPMS, modifiziert). AAL Ambient Assisted Living

### Individualisierte Assistenz mit IT-gestützten Systemen

Die individuelle Assistenz mit IT-gestützten Systemen verfolgt das Ziel, den alten oder chronisch kranken Patienten durch technische Unterstützung möglichst lange in seinem häuslichen Umfeld zu belassen (Ambient Assisted Living, AAL). AAL-Lösungen unterstützen den Patienten bei seinen täglichen häuslichen Verrichtungen (individuell gestaltetes Wohnumfeld, Smart Home) und sind insbesondere für die Gesundheitsversorgung von

Bedeutung (Tele Home Care). Hier geht es darum, über Sensoren vitale Parameter des Patienten – möglichst automatisch und ohne ihn zu belasten – abzuleiten und ihn über ein Netzwerk mit den Health Professionals (Ärzte, Pflegedienste) zu verbinden. Es gibt dann also nicht mehr ein Gerät, das sich mehrere Patienten teilen müssen, sondern eine auf den Patienten individuell abgestimmte Multisensorik (Abb. 4, [14]). Die Sensoren sind extern aufgestellt, implantiert, an der Körperoberfläche platziert oder in die Kleidung integriert. Die Kommu-

nikation der Sensoren untereinander erfolgt vornehmlich drahtlos über das Body Area Network und die Kommunikation mit den Health Professionals über das Personal Area Network (■ **Abb. 5**). Was die Miniaturisierung und das „Embedding“ betrifft, werden sich innerhalb der nächsten fünf bis zehn Jahre interessante technische Lösungen und Dienstleistungen etablieren.

Damit einher geht ein grundsätzlicher Richtungswandel von einem organisationszentrierten Gesundheitswesen hin zu Versorgungsformen mit personen-zentrierter, individualisierter Prävention, Diagnostik, Therapie, Rehabilitation und Pflege (Personal Health [15]).

### Individualisierte Verarbeitung der Patientenakte und Patientenmodelle

Personalisiert sind auch die elektronischen Patientenakten (Personal Health Records) sowie bestimmte Gesundheitsdienste und Wissenssysteme (Knowledge-Management-Methoden). Hierzu tragen v. a. die patientenbezogene Auswahl von Biomarkern sowie deren Einbindung in die elektronische Patientenakte bei. Die Weiterentwicklung der elektronischen Patientenakte, insbesondere die Repräsentation komplexer Abhängigkeiten innerhalb einer zunehmend unüberschaubaren Menge an Informationselementen über einen Patienten, ist jedoch der Schlüssel zur personalisierten Medizin. Allerdings sind auch hier (ähnlich wie bei der oben genannten Therapie mit IT-gestützten Systemen) ausgeklügelte Patientenmodelle, Such- und Navigationswerkzeuge erforderlich und noch zu entwickeln, um für den Patienten und den Therapeuten aus der Fülle der abgespeicherten Daten relevante Informationen zu generieren [16]. Auch hier stehen wir erst am Anfang der Entwicklung.

### Individualisierte „ganzheitliche“ Medizin

Als letzte Gruppe sei der Vollständigkeit halber noch die individualisierte ganzheitliche Medizin genannt. Diese versteht den Menschen nicht nur in seiner Genomstruktur und als Träger einer Krank-

heit oder eines kranken Organs, sondern als Individuum in seiner Ganzheitlichkeit [17]. Insofern besitzt die individualisierte ganzheitliche Medizin eine besondere „individualisierte“ Sicht auf den Patienten; medizin- und informationstechnische Aspekte sind hier eher nachgeordnet.

### Fazit

Die beschriebenen Anwendungen machen deutlich, dass die personalisierte Medizin neue Möglichkeiten in der Gesundheitsversorgung eröffnet. Dieser Trend zur Individualisierung der Medizin ist umfassend, d. h., er beschränkt sich nicht nur auf die molekulare Medizin. Der Entwicklungsstand mit Blick auf die praktische Anwendung ist für die genannten Gruppen sehr unterschiedlich: Während die individuelle Therapie mit aktiven Implantaten und Prothesen längst State of the Art ist, prognostizieren Experten, dass bis zur breiten praktischen Anwendung des AAL noch eine Entwicklungszeit von mindestens 5 Jahren erforderlich ist, bei der modellgestützten Therapie von 10 bis 15 Jahren und bei der biomarkergesteuerten Medikamententherapie von 15 bis 30 Jahren. Zur Erinnerung: Auch das Erfolgsprodukt „implantierbarer Herzschrittmacher“ hatte, bis es seine heutige Reife erreichte, eine 50-jährige Entwicklungszeit hinter sich.

Es ist nicht leicht, die zeitliche Dynamik bei den skizzierten Entwicklungen abzuschätzen. Das „historische“ Beispiel der Herzschrittmacher zeigt, dass man mit Jahrzehnten rechnen muss, bevor sich zeigt, welches dauerhafte Potenzial in einer Technologie steckt. Diesbezüglich werden auch die neuen Regelungen der Europäischen Union zur Prüfung medizintechnischer Geräte und deren Software einen erheblichen Einfluss haben; während die Fortentwicklung technischer Innovationen in der Medizin bisher meist in einem freien Wettbewerb der Ideen erfolgte, greifen jetzt etliche Verfahrensregeln, die das Risiko für die Patienten minimieren. Diese Risikominimierung wird möglicherweise mit längeren Entwicklungszyklen erkaufte. Erst in 10 Jahren wird man dies beurteilen können. Zusammenfassend kann man sa-

gen, dass personalisierte Medizin mit Sicherheit entstehen wird, es aber nicht vorhersehbar ist, welche der skizzierten Entwicklungen in den Vordergrund und welche in den Hintergrund treten werden.

Bis auf die individualisierte ganzheitliche Medizin sind alle anderen aufgeführten Anwendungsgruppen der personalisierten Medizin ohne eine hochwertige, innovative Medizin- und Informationstechnik nicht denkbar. Das bezieht sich nicht nur auf den jeweils erreichten Stand, sondern ganz besonders auch auf die zukünftige Weiterentwicklung. Die personalisierte Medizin fungiert einerseits als Treiber für die Medizin- und Informationstechnik, allerdings wird sie auch durch Innovationen in der Medizin- und Informationstechnik getrieben.

### Korrespondenzadresse

**Dr. W. Niederlag**  
Krankenhaus Dresden-Friedrichstadt  
Friedrichstraße 41, 01067 Dresden  
wolfgang.niederlag@khd.de

**Interessenkonflikt.** Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

### Literatur

1. Junge M (2010) Individualisierung, Globalisierung und Zweite Moderne. In: Niederlag W, Lemke HU, Golubnitschaja O, Rienhoff O (Hrsg) Personalisierte Medizin, Band 14. Health Academy, Dresden, S 13–24
2. Hüsing B, Hartig J, Bührlen B et al (2008) Individualisierte Medizin und Gesundheitssystem. Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag, Arbeitsbericht Nr. 126, Berlin
3. Golubnitschaja O (2010) Advanced diabetes care: three levels of prediction prevention & personalized treatment. Curr Diabetes Rev 6:42–51
4. Vogel CL, Cobleigh MA, Tripathy D et al (2002) Efficacy and safety of trastuzumab as a single agent in first-line treatment of HER2-overexpressing metastatic breast cancer. J Clin Oncol 20:719–726
5. Sittertinger M, Huttmacher DW, Risbud MV (2004) Current strategies for cell delivery in cartilage and bone regeneration. Curr Opin Biotechnol 15:411–418
6. Cebotari S, Lichtenberg A, Tudorache I et al (2006) Clinical application of tissue engineering human heart valves using autologous progenitor cells. Circulation 114:I-132–I-137
7. Teebken O, Puschmann C, Breitenbach I et al (2009) Preclinical development of tissue engineering vein valves and venous substitutes using re-endothelialised human vein matrix. Eur J Vasc Endovasc Surg 37:92–102

8. Steinhagen-Thiessen E, Klein B, Brucknerberger E et al (2008) Gesundheitswesen 2025 – Was ist sicher und worüber müssen wir noch nachdenken? In: Niederlag W, Lemke HU, Nagel E, Dössel O (Hrsg) Gesundheitswesen 2025, Band 12. Health Academy, Dresden, S 283–299
9. Niederlag W (2010) Personalisierte Medizin – Individuum Patient. E-Health-Com 01/2010:20–23
10. Elmquist I, Senning A (1960) Implantable pacemaker for the heart. In: Smyth CN (Hrsg) Medical electronics. Proc. 2nd Int. Conf. on Medical Electronics, Paris, 1959. Iliffe & Sons, London, S 253–254
11. Otto K (2008) Volumetric modulated arc therapy: IMRT in a single gantry arc. Med Phys 35:310–317
12. Egger H (2010) Die gedankengesteuerte Armprothese und die fühlende Handprothese. Orthopädie-Technik 61:156–161
13. Lemke HU, Berliner L (2008) Architecture and standards for a therapy imaging and model management system (TIMMS). In: Dhawan AP, Huang HK, KIM DS (Hrsg) Principle and recent advances in medical imaging and image analysis. World Scientific, Singapore Hackensack London, S 783–828
14. Niederlag W (2008) Chancen von eHealth bei der Gesundheitsversorgung. In: Nagel E, Reiher M, Jähn K (Hrsg) e-Health aus Sicht der Anwender und der Industrie. Akademische Verlagsgesellschaft Aka GmbH, Heidelberg, S 159–169
15. Norgall T (2009) Fit und selbständig im Alter durch Technik. Bundesgesundheitsbl Gesundheitsforsch Gesundheitsschutz 52:297–305
16. Waegemann CP (2002) The vision of electronic health records. J Med Pract Manage 18:63–65
17. Jütte R (2009) Individualmedizin: Eine Begriffsgeschichte. In Jütte R (Hrsg) Die Zukunft der Individualmedizin. Deutscher Ärzte-Verlag, Köln, S 19–22

„Der Onkologe“ bietet jeden Monat umfassende und aktuelle Beiträge zu interessanten Themenschwerpunkten aus allen Bereichen der Onkologie.

Möchten Sie ein bereits erschienenes Heft nachbestellen? Die folgenden Ausgaben können Sie direkt bei unserem Kundenservice zum Preis von je EUR 34,- beziehen:



**2010**

- Heft 1/10 Morbus Hodgkin
- Heft 2/10 Nierenzellkarzinom
- Heft 3/10 Myelom
- Heft 4/10 Onkologische Notfälle
- Heft 5/10 Ösophaguskarzinom
- Heft 6/10 Pankreaskarzinom
- Heft 7/10 Schilddrüsenkarzinom
- Heft 8/10 Rektumkarzinom
- Heft 9/10 Gallengangskarzinom
- Heft 10/10 Melanom
- Heft 11/10 Hyperthermie als onkologisches Behandlungskonzept
- Heft 12/10 Gesundheitsökonomie

**2011**

- Heft 1/11 Hirntumoren
- Heft 2/11 Krebsregister
- Heft 3/11 Gesundheitsökonomie und Ethik
- Heft 4/11 Neuroonkologie
- Heft 5/11 Neue Techniken in Diagnostik und Therapie
- Heft 6/11 Molekulare Onkologie
- Heft 7/11 Neuroendokrine Tumoren
- Heft 8/11 Nichtkleinzelliges Bronchialkarzinom
- Heft 9/11 Non-Hodgkin-Lymphome
- Heft 10/11 Onkologische Rehabilitation
- Heft 11/11 Psychoonkologie
- Heft 12/11 Tumoren im Kindesalter

Änderungen vorbehalten

So erreichen Sie unseren Kundenservice:

Springer-Verlag  
 Kundenservice Zeitschriften  
 Haberstr. 7  
 69126 Heidelberg  
 Tel.: +49 6221 345-4303  
 Fax: +49 6221 345-4229  
 E-Mail: [leserservice@springer.com](mailto:leserservice@springer.com)

**[www.DerOnkologe.de](http://www.DerOnkologe.de)**