

Die Roboter kommen!

Die Botschaft ist unüberhörbar: Die 20er-Jahre stehen im Zeichen der digitalen Transformation des Gesundheitswesens. Allerdings läuft die bisherige Entwicklung ähnlich sperrig, wie der Begriff klingt. In Sachen Digitalisierung ist Deutschland, nicht nur im Gesundheitswesen, Entwicklungsland. Schon die Einführung einfacher Instrumente wie EGA oder E-Rezept scheint eine Mammutaufgabe, da wundert es nicht, dass der Endpunkt der Transformation nicht ansatzweise definiert ist. Das gilt auch für die Rolle von medical robotics, die für immer neue Aufgaben entwickelt werden. Bisher werden vornehmlich roboterbasierte Assistenzsysteme für einzelne Aufgaben eingesetzt, auf lange Sicht werden Vernetzung, Datenanalytik und Robotik fast alle Prozesse in den Kliniken weitreichend verändern. Während die Innovationsgeschwindigkeit im Bereich digitaler Technologien

weiter zunimmt, fahren die Akteure des deutschen Gesundheitssystems zwangsläufig weiter auf Sicht. Einerseits zeigt ein Blick auf Stand und Perspektiven von medical robotics fast unbegrenzte Möglichkeiten für nahezu alle Bereiche des Krankenhauses. Andererseits fehlt es an den wirtschaftlichen, kulturellen, rechtlichen und personellen Voraussetzungen, um diese Möglichkeiten systematisch auszuschöpfen, um ein „digital transformiertes“ Krankenhaus aufzubauen. Aktuell liegt der Fokus deshalb auf praxistauglichen oder -nahen Lösungen für konkrete Aufgaben.

Vielfältige Anwendungen

Während das vernetzte, KI-gestützte und mit autonomen Maschinen ausgestattete Krankenhaus auf absehbare Zeit eine Utopie bleibt, ist der klinische Einsatz von Robotern mit spezifischen Funktionen keine Science-Fiction mehr. UV-

basierte, selbststeuernde Desinfektionsroboter werden seit Jahren eingesetzt, Lagerhaltung und Logistik können wie in anderen Wirtschaftsbereichen zunehmend von lernenden Maschinen übernommen werden. An Lösungen für personalaufwendige und belastende Aufgaben wie die Instrumentensterilisation wird gearbeitet. Und wenn Autos autonom und sicher durch den chaotischen Innenstadverkehr fahren können, sind auch selbstfahrende Patientenbetten keine Utopie – wenn die Krankenhausarchitektur das zuließe.

Mittlerweile werden für fast alle Funktionsbereiche und Tätigkeiten im Krankenhaus robotergestützte oder KI-basierte Lösungen angeboten bzw. versprochen. Eine Integration in die klinischen Routinen auf breiter Ebene ist allerdings nicht in Sicht. Das liegt nicht nur an den strukturellen und wirtschaftlichen Hürden insbesondere des deutschen Ge-



Der Robotermarkt ist bunt und boomt – besprochen wird die Entwicklung zum interagierenden und „Gefühle“ zeigenden Pflegeroboter.
Foto: Blue Frog



sundheitssysteme. Es fehlt auch an der interdisziplinären Zusammenarbeit von Ingenieuren, IT-Spezialisten, Medizinerinnen und anderen Akteuren. Bislang orientieren sich die Entwickler neuer Technologien nicht an einem konkret formulierten Bedarf der Kliniken, sondern setzen das um, was technisch möglich ist.

Autonomie ist nicht in Sicht

Technisch möglich und millionenfach praktiziert sind Operationen mit Unterstützung von „Robotern“ wie dem daVinci-System. Dabei handelt es sich nicht um eine autonom handelnde Maschine, sondern um ein komplexes, feinmechanisches medizinisches Werkzeug. Trotzdem zeigt das System eine Stärke der Robotik: Digitale Assistenzsysteme ermöglichen größere Präzision und damit schonendere Eingriffe mit weniger Blutungen, schnellerer Heilung und geringerem Infektionsrisiko. Allerdings, so zeigen Studien, ohne bessere Ergebnisqualität als bei einem erfahrenen Operateur. Das auf Wachstumsmärkte spezialisierte Beratungsunternehmen Frost & Sullivan spricht angesichts der siebenstelligen Anschaffungskosten des daVinci deshalb vom „Fehlen plausibler Beweise für eine ausreichende Investitionsrendite für Krankenhäuser und Gesundheitssysteme“.

Die Investitionskosten sind nicht nur ein Problem von relativ bekannten robotisch-assistierten Chirurgesystemen wie daVinci. Deshalb, so Natalie Gladkov vom Branchenverband BVMed, gebe es bei manchen Herstellern den Ansatz, die Geräte an Kliniken zu vermieten. Denn die Akzeptanz für Assistenzsysteme sei auch in Deutschland grundsätzlich hoch. Der Markt wird dauerhaft wachsen, sagt auch Silke Wendt vom Roboter-Hersteller Kuka. Kuka entwickelt für Roboter sehr unterschiedlicher Anwendungsbereiche. Kukas Leichtbauroboter LBR Med wird laut Wendt von Unternehmen wie Life Science Robotics oder das Schweizer Start-Up AOT AG für medizinische Anwendungen ausgerüstet und konfiguriert.

Die Entwicklung völlig autonom operierender Roboter ist nach Einschätzung

des Roboter-Spezialisten auf absehbare Zeit nicht zu erwarten. Bislang, so Silke Wendt, seien autonome Roboter noch nicht einmal in der Lage, eine Geschirrspülmaschine richtig einzuräumen. „Zukunftsmusik“, antwortet Natalie Gladkov vom BVMed auf die Frage, wann Assistenzsysteme von autonomen Maschinen abgelöst werden.

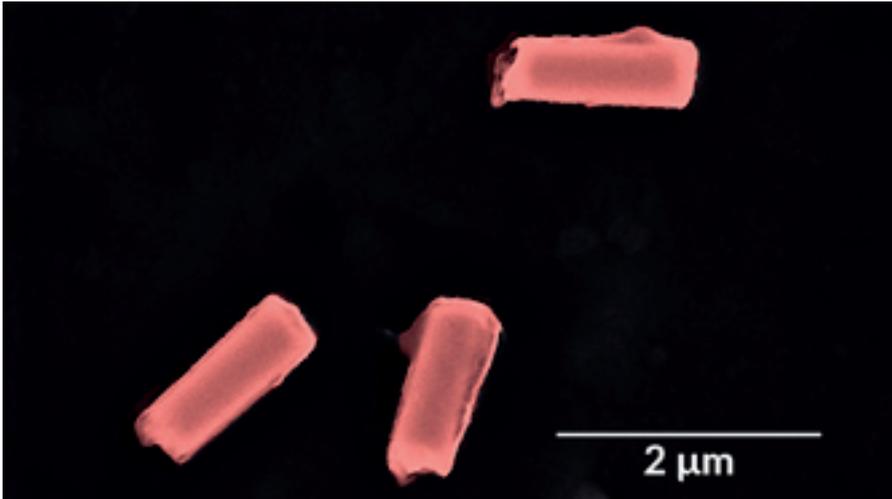
Mikro- und Nanobots

Zukunftsmusik sind auch die Ansätze im Bereich Miniaturisierung. Mikro- und Nanobots sollen Medikamente gezielt durch den Körper transportieren, Gewebeproben nehmen und verstopfte Gefäße aufräumen. Unüberwindbare technische Hürden scheint es nicht zu geben, die Forschung an den technologischen Grundlagen macht jedenfalls große Fortschritte. Zwei Beispiele: Ingenieure der Universität San Diego haben 2018 den Prototyp eines magnetisch gesteuerten Nanobots vorgestellt, der gezielt Bakterien in der Blutbahn töten kann. Forscher am Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme (MPI IS) arbeiten an magnetisch gesteuerten Robotern im Submillimeter-Maßstab. Sie haben im April ein Verfahren vorgestellt, mit dem beliebige Roboterformen Stück für Stück zusammengebaut werden können.

Konkreter sind die Anwendungsmöglichkeiten auf anderen Feldern. Zum Teil, wie bei Logistik und Lagerhaltung, geht es um die Übertragung von Anwendungen aus anderen Wirtschaftsbereichen. Weitgehend autonome Systeme könnten die Warenwirtschaft von der Bestellung bis zur Distribution auf den Stationen organisieren, mobile Roboter die Materialien an die Einsatzorte bringen. Ausgestattet mit Navigationssystemen können Roboter Laborproben, Bettzeug, Medikamente oder Lebensmittel innerhalb des Krankenhausgeländes transportieren.

Roboter für klinische Routinen

Auch in Laboren, in denen die Automatisierung vergleichsweise weit fortgeschritten ist, können autonom handelnde Maschinen für Entlastung und mehr Effizienz sorgen. ServiceBots, mobile



Prototyp eines Nanoroboters besteht aus Goldfäden, die mit hybriden Membranen aus Blutplättchen und roten Blutkörperchen beschichtet werden und gezielt Bakterien töten sollen.
Foto: Universität San Diego (USA)

Roboter für unterschiedliche Zwecke, sollen künftig Patientenzimmer vorbereiten, die Essensvergabe übernehmen oder Besucher durch die Flure einer Großklinik führen. Daneben drängen Produkte auf den Markt, die gezielt für medizinische Zwecke oder die Abläufe in Kliniken entwickelt werden. Einige Beispiele:

- Autonome Desinfektionsroboter bekämpfen mit UV-Bestrahlung Mikroorganismen. Sie können die existierenden Reinigungsprotokolle ergänzen, aber nicht substituieren. Studien belegen eine deutliche Reduktion der Keimzahlen nach UV-Bestrahlung. Sie verweisen aber darauf, dass die Maschinen nicht alle Oberflächen erreichen und auch normale Verschmutzung die Wirksamkeit des UV-Beschusses einschränkt.
- Im pflegerischen Bereich werden Roboter und telemedizinische Anwendungen für physische und zeitliche Entlastung der Beschäftigten sorgen: Roboter übernehmen das Wenden oder Umbetten der Patienten, erfassen Daten wie Temperatur, Blutdruck, oder Zuckerspiegel oder sorgen dafür, dass Patienten die richtigen Medikamente zum richtigen Zeitpunkt einnehmen.
- Training-Bots verbessern Ausbildung und Training von Medizinern (und Pflegepersonal). Dabei sind zwei Entwicklungslinien erkennbar: Das Training per Virtual-Reality und die Ar-

beit an hybriden Dummies, an denen Eingriffe physisch geübt werden können und die „physiologisch“ reagieren, bis hin zu „Blutungen“ als Signal für einen Fehler. Ein Hersteller wirbt damit, dass sein Bot sich wie ein Kind verhalten könne, über verschiedene Gesichtsausdrücke verfügt, weinen und schnell atmen kann oder an einem Herzstillstand oder Herzrhythmusstörungen „leidet“.

- Social-Bots: Schon vor 20 Jahren wurde in Japan die Roboter-Robbe „Paro“ für therapeutische Zwecke in Altenheimen eingeführt. Paros Reaktion auf Berührungen hatte eine positive Wirkung auf die alten Menschen. Begleitroboter der 20er-Jahre unterhalten sich mit Patienten, zeigen scheinbar Emotionen, beraten, trainieren oder motivieren Patienten und können einfache Untersuchungen durchführen.

Die Liste ließe sich fortführen, versprochen oder vermarktet werden Physiotherapieroboter, Rehabilitationsroboter, Ambulanzenroboter, Empfangsroboter und vieles mehr. Wirklich ausgereift ist kaum ein System, die Evidenzlage zum tatsächlichen Nutzen und zur Kosteneffizienz ist dünn. Wie realistisch ist also der breite Einsatz von medical robotics in den klinischen Alltag funktionieren, welche Bedingungen erschweren die digitale Transformation? Wie kann der Prozess

beschleunigt werden? Unter anderem mit diesen Fragen beschäftigt sich das Zentrum für Robotik in der Medizin Aachen. Als Partner im europäischen Projekt „DIH-HERO“ (Digital Innovation Hubs in Healthcare Robotics) hat es das Ziel, Innovationen und Umsetzung der Robotik im Gesundheitswesen zu fördern.

Chancen und Hürden

Die Klinik für Anästhesiologie an der Uniklinik RWTH Aachen arbeitet im Rahmen des Projekts mit Wissenschaftlern, Unternehmen und Kliniken zahlreicher europäischer Länder daran konkrete Lösungen in den klinischen Einsatz zu bringen. Daneben wird an der Klinik u.a. an dem Thema Sterilisation von Instrumenten geforscht, bei dem Robotik das Personal sowie die gesamte Organisation spürbar entlasten kann. Das scheint vor dem Hintergrund der oft blumigen Versprechen der Technologie-Promoter wie ein kleiner Schritt, doch laut Prof. Rolf Rossaint, Sprecher des Zentrums für Robotik in der Medizin in Aachen an der Uniklinik RWTH Aachen, geht es vor allem darum, die technologischen Möglichkeiten und die Interessen der Kliniker kompatibel zueinander zu machen.

Dass Robotik und Künstliche Intelligenz in Zukunft eine qualitativ bessere, wirtschaftlichere und sogar menschlichere Krankenhausversorgung ermöglichen, steht für das Team des Aachener Zentrums außer Frage. Beispielsweise haben die Aachener während des Besuchsverbots im Rahmen der Covid-Pandemie erforscht, ob die Einsamkeit älterer, stationärer Patienten durch einen Teleroboter bekämpft werden kann; ein anderes Projekt untersucht, wie Drohnen durch prähospitalen Sichtung bei großen Schadensfällen zu schnelleren und besseren Behandlungswegen ermöglichen. Der Weg Robotik in die Kliniken zu bringen, so Prof. Rossaint, wird jedoch durch verschiedene Hindernisse erschwert, wenn nicht blockiert. Die größten Hürden:

- Die bauliche Infrastruktur macht es schwer, eine „roboterfreundliche Umgebung“ zu schaffen. Für viele auto-



nome Systeme wäre es notwendig die Krankenhäuser intern vollständig zu vernetzen und Aufzüge einzubinden. Prof. Rossaint: „Das wäre technisch lösbar, aber teilweise nur zu unverhältnismäßigen und nicht tragbaren Kosten“. Allerdings könne man mit Technologien, die auf die baulichen Besonderheiten der Krankenhäuser zugeschnitten sind, eine wirtschaftlich tragfähige Realisierung auch in bestehenden Häusern erreichen.

- Es fehlt in den Krankenhäusern – wie in anderen Bereichen des Gesundheitssystems – an digitaler Kompetenz, und zwar in doppelter Hinsicht: Benötigt werden zunächst „klassische“ IT-Fachleute, um die Systeme sicher und flexibel am Laufen zu halten; parallel müssen digitale Prozesse und Technologien in die medizinische Ausbildung integriert werden. Andere Länder gehen voran, zum Beispiel gibt es an der Universität im niederländischen Twente (NL) den Studiengang „Master Technical Medicine“, dessen Absolventen den Titel „Technical Physician“, technischer Arzt tragen.
- Es gibt einen Konflikt zwischen Betriebswirtschaft und medizinisch-forscherischem Interesse. In Aachen haben mehrere Professoren die Einrichtung des Zentrums für Robotik initiiert, doch selbst an diesem forschungsorientierten Uniklinikum gibt es angesichts hoher Investitionskosten wirtschaftlichen Restriktionen hinsichtlich der Realisierung, wie Prof. Rossaint sagt. Angesichts der wirtschaftlichen Situation zahlreicher Kliniken ist diese Situation in der Krankenhauslandschaft offenbar weit verbreitet. Das, so die Hoffnung der Politik, soll durch den Krankenhaus-zukunftsfonds anders werden.
- Eine Testung robotischer Systeme im regulären Krankenhausbetrieb ist organisatorisch schwierig und findet daher häufig erst in einem späten Stadium der Entwicklung statt. Das birgt die Gefahr, Lösungen am tatsächlichen Bedarf vorbei zu entwickeln.
- Im deutschen Gesundheitssystem werden Reformen und Innovationen durch



Roboter für medizinische Anwendungen basieren auf den gleichen Technologien wie Industrieroboter. Foto: Kuka

die komplexe Struktur und starke Gruppeninteressen gebremst, wenn nicht verhindert. Die unendliche Geschichte der Telematik-Infrastruktur oder die mehrfache Verschiebung des E-Rezepts stehen dafür, wie schwer der Einsatz selbst technologisch problemloser und unstrittig nützlicher Instrumente durchzusetzen ist.

Trotzdem lautet die Frage nicht mehr, ob KI und medical robotics das Krankenhaus der Zukunft prägen werden, sondern nur, wann und auf welchem Wege das erreicht wird. Schon Fachkräftemangel in Kliniken wie in der Fläche macht Telemedizin oder maschinelle Unterstützung oder Substitution pflegerischer Tätigkeiten notwendig. Dazu kommt die Vereinfachung, Beschleunigung oder der Wegfall bürokratischer Prozesse. Nicht zuletzt öffnet die Digitalisierung einen Weg zu mehr Menschlichkeit im Krankenhaus. Wenn Roboter schwere und belastende Arbeiten und Routineaufgaben übernehmen, haben Pflegekräfte und Ärzte mehr Zeit für persönliche Zuwendung und sprechende Medizin.

Ein mindestens genauso starker Treiber ist der Innovationsdruck der Technolo-

giemärkte. Der Siegeszug der Gesundheitsapps hat bewiesen, dass die technologische Entwicklung nicht auf Reformen wartet. Verbraucher, als auch Patienten, sind offen für digitale Helfer. Laut einer Untersuchung der Unternehmensberatung PWC würde sich derzeit zwar nur eine Minderheit einem operierenden Roboter anvertrauen, doch das dürfte sich mit der Generation der „Digital Natives“ ändern. Für sie könnte ein Krankenhaus „normal“ sein, in dem von der biometrischen Erfassung über die Diagnostik bis hin zu OP und Reha alle Aufgaben von „intelligenten“ Maschinen übernommen werden. Ärzte würden eine neue Rolle übernehmen, den Patienten als Übersetzer, Begleiter und Berater zu Therapieoptionen zur Seite stehen. Und möglicherweise werden damit auch neue Wettbewerber auftreten: Google, Amazon, Facebook, Apple und Microsoft sind schon lange aktiv auf unterschiedlichen Feldern des Gesundheitsmarktes. An der Vision eines „Google-Krankenhauses“ wird zweifellos schon gearbeitet.

Jörg Meyer, Journalist,
j.meyer@redaktionsbuero-meyer.de ■