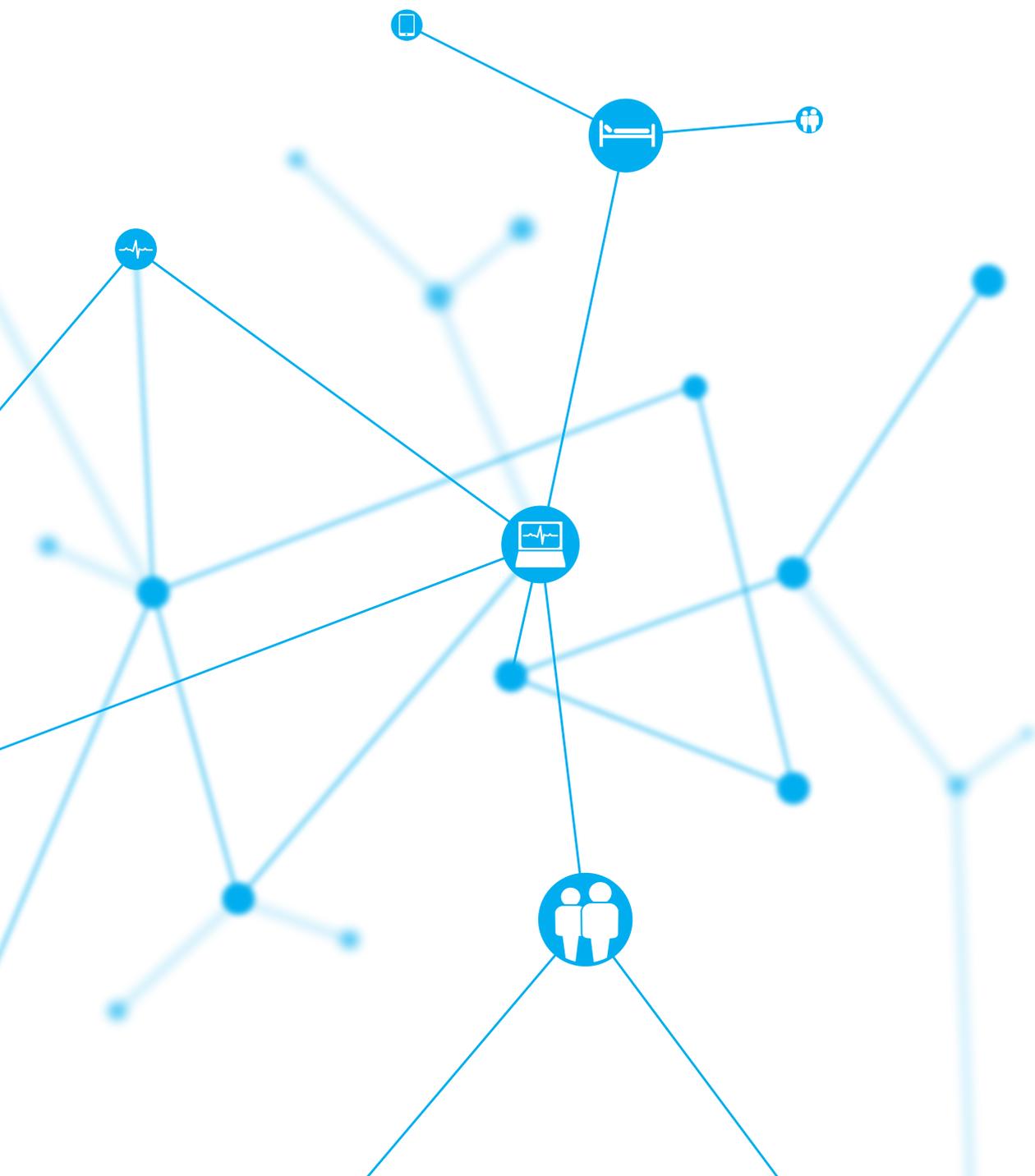




DR.-ING. SEBASTIAN WIBBELING
MARCUS HINTZE, M.SC.
DR. WOLFGANG DEITERS

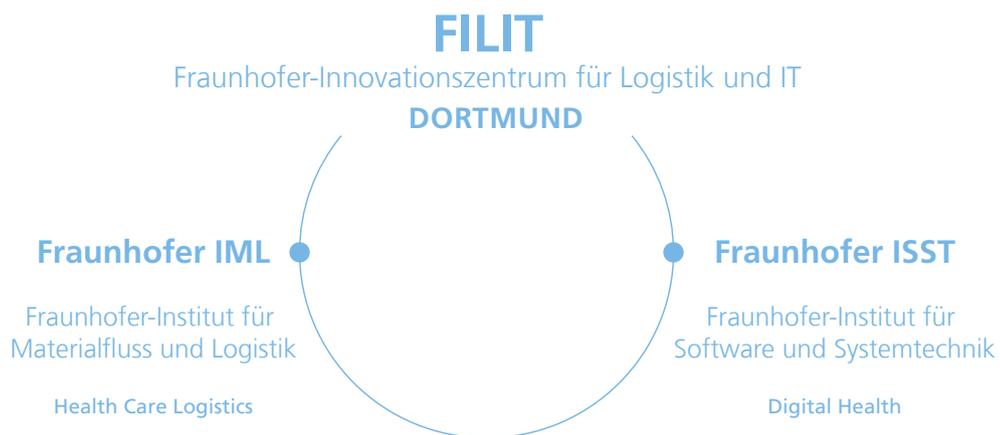
**KRANKENHAUS 4.0 –
INDUSTRIE 4.0 IM
GESUNDHEITSWESEN**
POSITIONSPAPIER



DR.-ING. SEBASTIAN WIBBELING
MARCUS HINTZE, M.SC.
DR. WOLFGANG DEITERS

KRANKENHAUS 4.0 – INDUSTRIE 4.0 IM GESUNDHEITSWESEN

POSITIONSPAPIER



INDUSTRIE 4.0 IM GESUNDHEITSWESEN

Der Begriff Industrie 4.0 beschreibt eine Zukunftsvision für Produktion und Dienstleistung in Deutschland. Begriffe wie das Internet der Dinge und Dienste, Cyber-Physische Systeme, Mensch-Maschinen-Interaktionen, autonome und intelligente Devices werden in der Wissenschaft und Industrie diskutiert und entsprechende Produkte und Anwendungen entwickelt. Doch was bedeutet Industrie 4.0 für das Gesundheitswesen? Was bedeutet es für Krankenhäuser mit ihrer speziellen Struktur? Ist der Kerngedanke von Industrie 4.0 auf das Krankenhaus übertragbar und wie können sich Entscheider im Gesundheitswesen für ein mögliches Krankenhaus 4.0 aufstellen?



WAS BEDEUTET INDUSTRIE 4.0?

Um den Begriff Krankenhaus 4.0 zu verstehen, muss die Leitidee von Industrie 4.0 verständlich werden. Im Fokus von Industrie 4.0 steht die Vernetzung der realen mit der virtuellen Welt. Also das Ziel, Informations- und Kommunikationstechnologien mit den vorhandenen Produktions- und Automatisierungstechniken zu verknüpfen und die Digitalisierung der Industrie voranzubringen.

Die Entwicklung hin zu einer digitalisierten Industrie wird insbesondere durch die Betrachtung der zuvor vollzogenen industriellen Revolutionen deutlich und erklärt die Namensgebung (Abb. 1). Als erste industrielle Revolution wird die Erfindung des mechanischen Webstuhls verstanden und damit die Geburt der Nutzung von Wasser- und Dampfkraft zur mechanischen Produktion. Zum Ende des 19. Jahrhunderts folgte die zweite industrielle Revolution durch die Inbetriebnahme von Fließbändern auf den Schlachthöfen von Cincinnati oder bei der Ford Motor Company, mit welcher die arbeitsteilige Massenproduktion eingeläutet wurde. Der Einsatz der Elektronik in Zusammenspiel mit der Informationstechnik stellt in Form der speicherprogrammierbaren Steuerung die dritte industrielle Revolution dar. Heute wird von der vierten industriellen Revolution gesprochen, die chronologisch betrachtet, einen weiteren Schritt zur Autonomisierung in der Industrie einnimmt. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden letztgenannten Revolutionen liegt in der erforderlichen Organisations- und Steuerungsstruktur. Während in der dritten industriellen Revolution eine zentralisierte Struktur sowie Entscheidungsfindung geprägt wurde, ist in der Industrie 4.0 aufgrund der zu verarbeitenden Daten und der damit einhergehenden Masse und Komplexität an Entscheidungsfindungen eine dezentrale Struktur notwendig. Die einzelnen Akteure fungieren als autonome Einheiten. Selbstorganisation und Autonomie ist das hervorzuhebende finale Ziel der Industrie 4.0. Auf dieser technischen Basis sollen neue, flexible Geschäftsprozesse und Geschäftsmodelle möglich werden. Industrie 4.0 wird vor allem die Individualisierung von Gütern und Waren voranbringen. Die Analyse und Verwertung von Daten wird dabei eine wesentliche Rolle spielen und neue Dienstleistungen hervorbringen. In der Industrie 4.0 werden vermehrt so genannte hybride Produkt-Dienstleistungskombinationen entstehen, bei denen neben dem eigentlichen Erzeugnis auch eine begleitende Dienstleistung Teil des Angebots sein wird.

Um die Vernetzung und Selbststeuerung in den Fabriken und zwischen den Unternehmen zu realisieren, benötigt es zum einen die Infrastruktur und zum anderen ein intelligentes und autonomes Verhalten einzelner Einheiten. Zu diesen Einheiten zählen beispielsweise Maschinen, Transportbehälter und Fahrzeuge sowie das herzustellende Produkt. Mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechniken sollen die Einheiten befähigt werden, selbstständig miteinander und mit dem Menschen zu kommunizieren und zu interagieren, um beispielsweise autark Aufträge zu erteilen oder anzunehmen. Die Einheiten müssen demnach miteinander vernetzt sein, um in Echtzeit die relevanten Informationen untereinander weiterzuleiten und einen optimalen Wertschöpfungsprozess zu generieren.

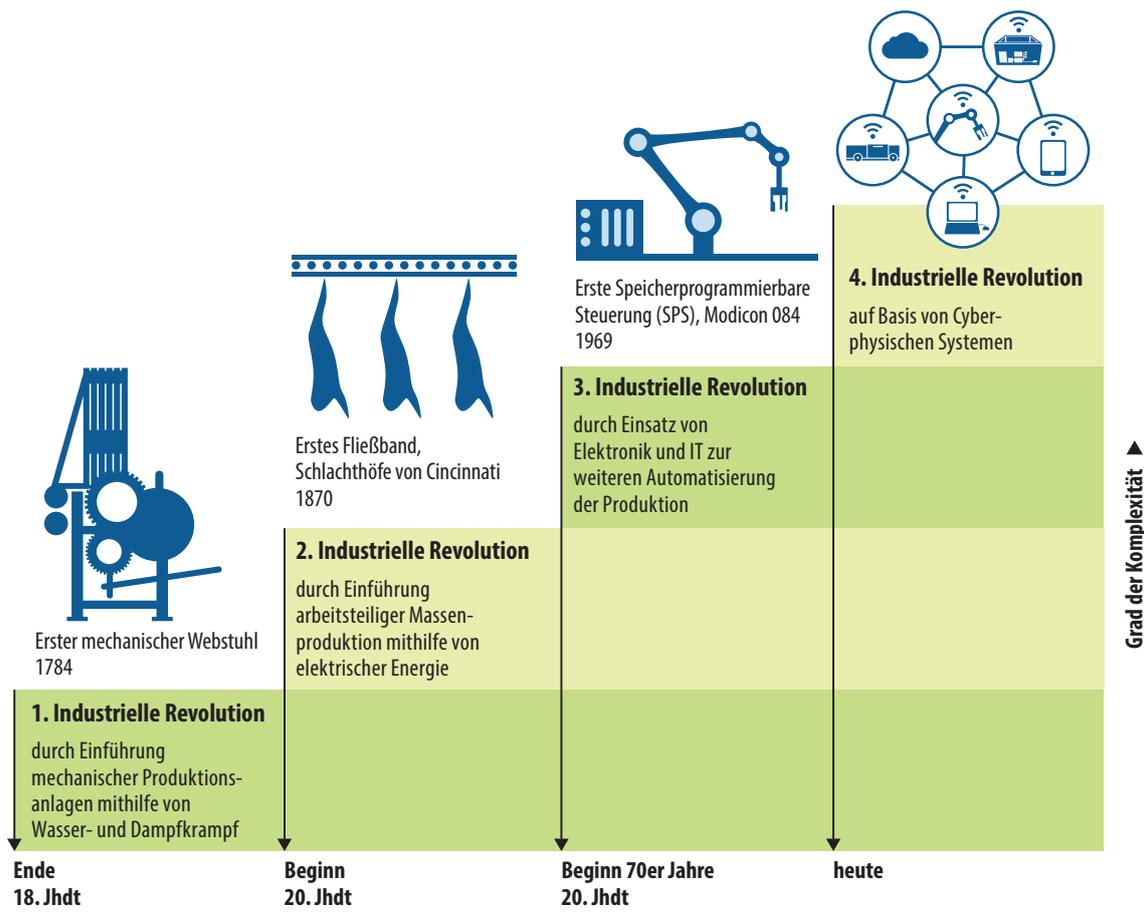


Abbildung 1: Die industriellen Revolutionen (Quelle: DFKI 2011)

WIE IST DER TECHNOLOGISCHE ANSATZ VON INDUSTRIE 4.0?

Der Technologieansatz der Industrie 4.0 setzt sich aus der Verbindung von Cyber-Physischen Systemen (CPS) mit dem Internet der Dinge und Dienste zusammen. CPS sind Einheiten (Maschinen, Transportbehälter etc.), die mit eingebetteten Systemen, Sensoren und Aktoren ausgestattet sind. Hierbei erhalten die Einheiten (Dinge) durch die eingebauten Sensoren »Augen und Ohren« sowie durch die Aktoren »Hände und Füße«. Zusammen mit den eingebetteten Systemen wird ihnen diese intelligente Fähigkeit zur Selbststeuerung verliehen. Eingebettete Systeme (embedded system) sind im Allgemeinen informationsverarbeitende Systeme, die in Form von Kleinstcomputern oder

-rechnern in einer technischen Umgebung eingebunden sind. Die Vernetzung mit anderen CPS und die damit einhergehende Interaktion und Kommunikation mit ihrer Umgebung wird in der Fachliteratur als das Internet der Dinge umschrieben. Neben dem Internet der Dinge als Kommunikationsinfrastruktur gibt es das Internet der Dienste, welches das Anbieten und Erbringen von Dienstleistungen mit Hilfe des Internets, wie beispielsweise das Cloud-Computing, versinnbildlicht. Das Internet nimmt demnach eine zentrale Rolle bei der Vernetzung der CPS ein. Zur besseren Sicherheit kann eine Kommunikation jedoch auch über geschlossene Netzwerke genutzt werden. Zusammenfassend ist Industrie 4.0 als die Zusammenführung von Cyber-Physischen Systemen und der infrastrukturellen Komponente des Internets der Dinge und Dienste zu verstehen (Abb. 2).

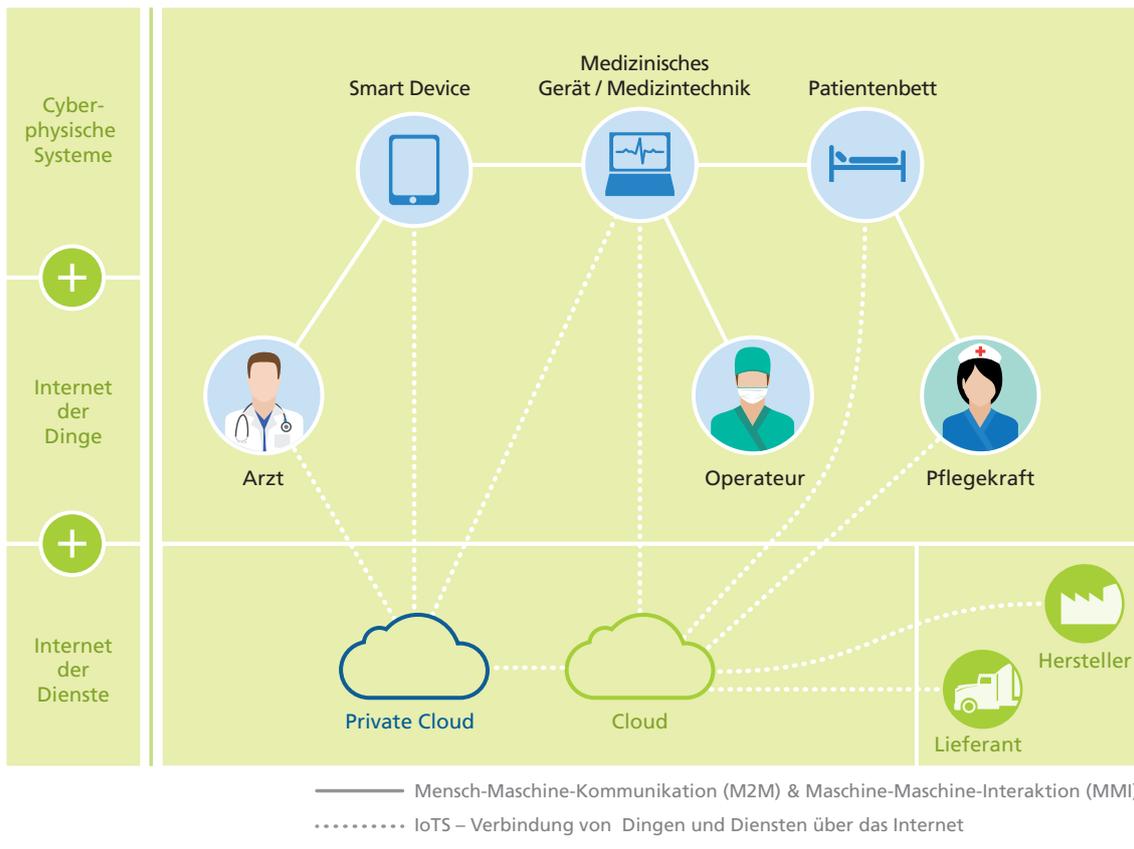


Abbildung 2: Cyber-Physische Systeme & Internet der Dinge & Dienste

WIE KÖNNEN DIE ANSÄTZE DER INDUSTRIE 4.0 AUF DEN KRANKENHAUSESEKTOR ÜBERTRAGEN WERDEN?

Im Gegensatz zur Industrie stehen im Krankenhaus keine Produktions- und Automatisierungs-techniken im Vordergrund, sondern Diagnose- und Therapieprozesse. Zudem müssen die unterstützenden Ver- und Entsorgungsprozesse, wie Arzneimittel- und Wäscheversorgung sowie Abfallentsorgung für die Behandlung beachtet werden. Ein weiterer wichtiger Unterschied liegt in der Tatsache, dass in einem Krankenhaus keine Produkte hergestellt, sondern Menschen behandelt werden und somit eine schlechtere Planbarkeit vorherrscht. Bei näherer Betrachtung dieser Fakten wird deutlich, dass der Mensch im Krankenhaus im Fokus steht und dass trotz einer Steigerung der Digitalisierung und Vernetzung im Sinne von Industrie 4.0 eine direkte Mensch-Mensch-Kommunikation von zentraler Bedeutung ist. Dies bedeutet jedoch nicht, dass CPS oder das Internet der Dinge und Dienste grundsätzlich nicht im Krankenhaus eingesetzt werden sollten. Der Fokus im Krankenhaus liegt vielmehr in der Unterstützung der Prozesse. Bereits heute befinden sich in Kliniken Einheiten, die mit einer Intelligenz ausgestattet sind und damit in der Zukunft zu autonomen und selbstorganisierten Handlungen weiterentwickelt werden können. Hier sind insbesondere medizinische Geräte und Medizintechnik zu nennen. Die Entwicklung von intelligenter Medizintechnik mit einer Kopplung der IT-Welt ist heute bereits vereinzelt gestartet. Beispiele sind intelligente Implantate, die zu einer Verbesserung der Therapie von chronischen Erkrankungen führen sowie intelligente Unterstützungssysteme, welche auf der Intensivstation oder in OP-Sälen zum Einsatz kommen. Dies zeigt die Möglichkeit, dass adaptierte Cyber-Physische Systeme und das Internet der Dinge und Dienste prinzipiell in einem Krankenhaus eingeführt werden können. Im Gegensatz

zur Industrie werden diese Systeme in erster Linie jedoch zur Unterstützung der Entscheidungsträger (Ärzte & Pflegekräfte) fungieren. Die Interaktion zwischen Menschen während der Diagnose und Therapie wird auch in Zukunft für die Heilung des Patienten ein wichtiger Faktor bleiben. Hinsichtlich der unterstützenden Prozesse (von der Ver- & Entsorgung bis zur Planung) kann der Leitgedanke von Industrie 4.0 übertragen werden. Diese, für den Patienten im Hintergrund befindlichen Prozesse, können mit Hilfe von Cyber-Physischen Systemen und deren Vernetzung optimiert werden.

Neben den erwähnten Unterschieden zwischen Industrie 4.0 und dem Krankenhausbereich sind zentrale Parallelen zu erkennen, die eine Übertragung von Industrie 4.0 auf das Krankenhaus möglich erscheinen lassen. Anhand der nachfolgenden Ausführung wird deutlich, dass der Kerngedanke von Industrie 4.0 eine größere Übertragungswahrscheinlichkeit zum Krankenhaus als die derzeitige klassische Produktionsorganisation in der Industrie hat. Derzeitig sind die Produktionsflüsse in einer Fabrik und die Patientenflüsse in einem Krankenhaus noch unterschiedlich geregelt. In den klassischen Produktionsstätten wird in der Regel versucht, durch Massenproduktion die Kosten für ein Produkt zu reduzieren. Eine Produktionslinie, wie sie beispielsweise in der Automobilbranche in Form eines Fließbandprinzips zur Montage genutzt wird, stellt den Produktionsfluss einer klassischen Produktionsstätte dar. Hierzu wird das zu montierende Fahrzeug mit dem Fließband von einer Fertigungsstation zur nächsten gefahren. Die hierzu benötigten Autoteile werden den einzelnen Fertigungsstationen zugeliefert. Massenproduktion und das Fließbandprinzip werden in Zukunft für hochentwickelte Industrieländer jedoch immer unrentabler. Der Trend zu individualisierten Produkten und darauf aufbauend zu flexibilisierten Arbeitsabläufen nimmt zu. Eine flexible Produktionssteuerung mit Losgröße 1 wird zur Befriedigung der Kundenbedürfnisse für die Industrie immer wichtiger. Dies ist der zentrale Treiber bei der Implementierung von Industrie 4.0. Durch autonome, dezentral gesteuerte Prozesse und der eigenständigen Kommunikation zwischen den einzelnen Produktions- und Automatisierungstechniken in der Fabrik, kann eine wirtschaftliche Produktion einer Vielzahl an Einzelfertigungen erfolgen. Der Produktionsfluss ist dementsprechend anders aufgebaut als in einer Massenproduktion. Jedes zu erzeugende Produkt folgt in der Fabrik einem anderen Weg. Aufgrund der damit einhergehenden flexibleren Produktion, ist ein Fließbandprinzip nicht mehr mit der zukünftigen geforderten Produktionssteuerung zu vergleichen. Das von der Industrie 4.0 erdachte Produktionsprinzip mit der Losgröße 1 und flexiblen Prozessen weist somit große Ähnlichkeiten zur Organisation des Patientenflusses in einem Krankenhaus auf. Es ist nicht zielführend, jeden Patienten nach den Prinzipien einer Massenproduktion zu behandeln und zu therapieren. Zwar gibt es in Krankenhäusern die Bemühung durch klinische Patientenpfade eine Standardisierung der Prozesse zu erzielen, jedoch sind individuelle Nebenerkrankungen und Komplikationen im Behandlungsprozess möglich und führen zu einer hohen Variabilität. Daher gestalten sich auch die Wege eines Patienten unterschiedlich und können nicht mit Hilfe des Fließbandprinzips dargestellt werden (Abb. 3). Vielmehr ist zu erkennen, dass der Behandlungsweg eines Patienten im Krankenhaus dem Produktionsweg in der Industrie 4.0 ähnelt. Der Patient bzw. das Produkt bewegt sich individuell von einem Behandlungs- bzw. Produktionsschritt zum nächsten. Der Patient muss zur Behandlung seiner Krankheit und deren zuvor gestellten Diagnose unterschiedliche Wege gehen. Trotz standardisierter Einzeluntersuchungen für bestimmte Krankheitsbilder, ist der Weg vieler Patienten unterschiedlich.

Neben den Gemeinsamkeiten hinsichtlich des Produktions- und Patientenflusses weist auch die Organisationsstruktur zwischen Industrie 4.0 und dem Krankenhaus weitaus mehr Ähnlichkeiten auf, als derzeit zwischen der Industrie und dem Krankenhausbereich vorherrschen. Dezentrale Entscheidungsstrukturen werden in der Industrie 4.0 zunehmen. Autonome Akteure werden selbstbestimmt Informationen aufnehmen, verarbeiten und weitergeben. Durch die Verarbeitung der Daten generiert jeder Akteur für sich weitere Arbeitsprozesse, die im Gesamtprozess eingebettet werden. Ähnlich erfolgt die Organisationsstruktur in einem Krankenhaus. Hierbei stehen die Mitarbeiter im Zentrum, welche sich direkt um den Patienten kümmern. Insbesondere Ärzte aber auch Pflegekräfte können in ihren Arbeitsprozessen nicht zentral gesteuert werden. Die Mitarbeiter müssen während der Diagnose und Therapie des Patienten eigenständig Entscheidungen treffen. Eine optimale Lösung können sie jedoch nur erzielen, wenn sie mit anderen Akteuren und Systemen kommunizieren und die

● Industrie 4.0 im Gesundheitswesen

vorhandenen Informationen aufnehmen, verarbeiten und weitergeben. In diesem Bereich liegt in Zukunft das größte Potential, aber zeitgleich auch die größte Herausforderung für den Gesundheitssektor. Wie erhalten die Akteure im Krankenhaus die richtigen Informationen zur richtigen Zeit, an den richtigen Ort?

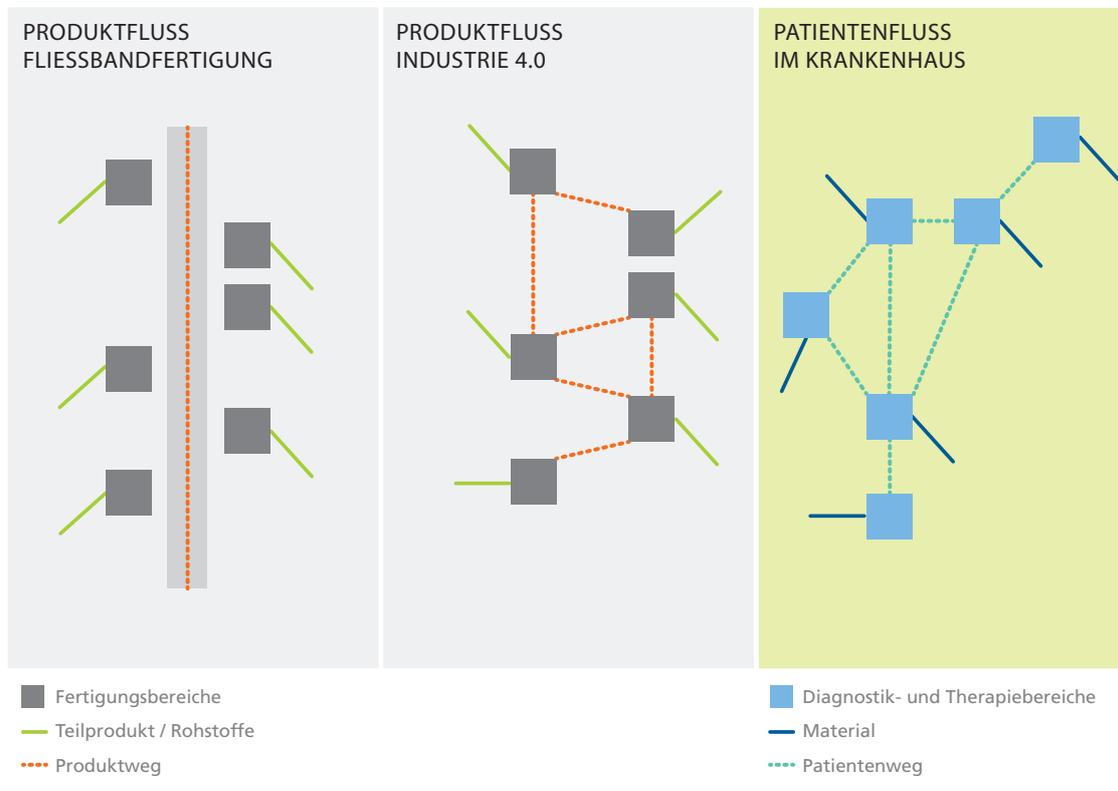


Abbildung 3: Produkt- und Patientenfluss im Vergleich

Genau in diesem Bereich liegt der Anknüpfungspunkt zur Industrie 4.0. Durch intelligente und dezentrale Assistenz- oder Unterstützungssysteme für die Akteure, können die Informationen gezielter weitergeleitet und verarbeitet werden. In der immer stärker wachsenden Spezialisierung und Individualisierung der Medizin werden intelligente Unterstützungssysteme immer wichtiger. Die technologischen Ansätze hierzu werden in der Industrie 4.0 bereits beschrieben und entwickelt. Demnach ist Krankenhaus 4.0 die Digitalisierung und Vernetzung von Behandlungs- und Versorgungsprozessen im Krankenhaus mit Hilfe von Cyber-Physischen Systemen und dem Internet der Dinge und Dienste als Unterstützungssysteme. Das Resultat sind effiziente Betriebsprozesse, welche die Wirtschaftlichkeit des Krankenhausbetriebs verbessern und gleichzeitig eine individuelle und bedarfsgerechte Versorgung des Patienten ermöglichen. Krankenhaus 4.0 verspricht weiter eine durchgängige Vernetzung von Krankenhausprozessen mit anderen Anwendungsfeldern von Industrie 4.0 – beispielsweise eine vernetzte Anwendung im Bereich Smart Home, im Verwaltungswesen oder in der Logistik. So entstehen neue vernetzte Geschäftsprozesse und neue Dienstleistungsangebote, welcher das Versorgungsangebot für den Menschen ergänzen.

Krankenhaus 4.0 ist die Digitalisierung und Vernetzung von Behandlungs- und Versorgungsprozessen im Krankenhaus mit Hilfe von Cyber-Physischen Systemen und dem Internet der Dinge und Dienste als Unterstützungssysteme.

Die dargestellte Ausführung verdeutlicht, dass die Übertragung von Industrie 4.0 auf den Krankenhausbereich grundsätzlich gelingen kann. Es wird darüber hinaus deutlich, dass die Ähnlichkeiten hinsichtlich der Produktions- und Patientenflüsse sowie der Organisationsstruktur zwischen Industrie 4.0 und den Krankenhäusern einen Übertragungsvorteil zu anderen Ansätzen aus der Industrie darstellt.

WAS SIND DIE ERSTEN SCHRITTE ZUM KRANKENHAUS 4.0?

Hieraus ergibt sich die Frage, wie sich ein Krankenhaus aufzustellen hat, um zu einem Krankenhaus 4.0 zu werden und die Vorteile daraus zu ziehen. Im ersten Schritt muss das Krankenhaus den derzeitigen Entwicklungsstand hinsichtlich des Krankenhauses 4.0 identifizieren. Dabei sollte beachtet werden, dass die meisten Krankenhäuser bereits die ersten Schritte in Richtung eines Krankenhauses 4.0 gehen. Die Einführung der elektronischen Patientenakte oder die Konzeptentwicklung zu einer automatischen fallbasierten Materialerfassung sind erste Ansatzpunkte, die in Richtung Krankenhaus 4.0 zielen. Insgesamt ist die Einführung und Weiterentwicklung zu einem Krankenhaus 4.0 als eine evolutionäre Entwicklung zu verstehen.

Für die Analyse des Entwicklungsstandes ist es hilfreich das Krankenhaus und die zu analysierenden Bereiche in unterschiedliche Entwicklungsschritte einzuordnen. In einer Studie im Auftrag des BMWI hinsichtlich der »Potenziale zur Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand« wurden fünf wesentliche Schritte zur Einführung und Umsetzung der Industrie 4.0 identifiziert. Diese lassen sich, auf das Krankenhaus übertragen (Abb. 4). Als Grundlage müssen im ersten Schritt Daten erfasst und verarbeitet werden. Ein Beispiel im Krankenhaus kann die Erfassung von Patientendaten mittels Patientenarmbändern sein. Ein Krankenhaus 4.0 kann nur entstehen, wenn digitale Daten vorhanden sind, die verarbeitet und genutzt werden. Der nächste Schritt ist das zur Verfügung stellen der erzeugten Daten und Informationen. Hierbei ist es wichtig, dass die betreffenden Personen (z.B. Arzt, Apotheker, Pflegekraft) die benötigten relevanten Informationen möglichst einfach und schnell erhalten, um sie sofort verarbeiten zu können. Dazu werden Assistenzsysteme benötigt, die als Unterstützung für die Beschäftigten dienen. Mögliche Assistenzsysteme sind mobile Endgeräte, Tablets sowie Datenbrillen oder Smart Watches. Weiterführend ist die Vernetzung und Integration der nächste Schritt zu einem Krankenhaus 4.0. Durch eine digitale Vernetzung einzelner Abteilungen und Bereiche ist eine Verbesserung und Vereinfachung der sektorübergreifenden Zusammenarbeit möglich. In diesem Teilschritt befindet sich somit der Kerngedanke des Internets der Dinge und Dienste. Im Krankenhaus ist als Beispiel zur Vernetzung und Integration der Pflegestationen und Funktionsbereiche die elektronische Patientenakte zu nennen. Insbesondere hinsichtlich der nächsten beiden Schritte, der Dezentralisierung und Serviceorientierung sowie der Selbstorganisation und Autonomie, steckt ein großer Handlungsbedarf für Krankenhäuser. Hinsichtlich der Serviceorientierung müssen die Unterstützungssysteme im Sinne von Krankenhaus 4.0 nach der Vernetzung miteinander kommunizieren, wodurch sich neue Dienstleistungen und Aufgabenstellungen herleiten. Diese zu identifizieren und darzustellen, bedarf einer dezentralen Intelligenz der einzelnen CPS, die am Ende zu Autonomie und Selbstorganisation der Systeme führt.

Aus der Analyse und Interpretation des Entwicklungsstandes werden im nächsten Schritt Handlungsfelder aufgezeigt. Diese weisen darauf hin, für welche Bereiche im Krankenhaus die höchsten Potentiale vorhanden sind und unter welchen Voraussetzungen die weiteren Entwicklungsschritte zu einem Krankenhaus 4.0 erzielt werden. Das Ziel muss sein, für die identifizierten Handlungsfelder Lösungsvorschläge zu entwickeln. Hierbei können bereits vorhandene Ansätze im Sinne von Krankenhaus 4.0 und der Digitalisierung der Krankenhäuser dargestellt und deren Kosten-Nutzen bewertet werden.

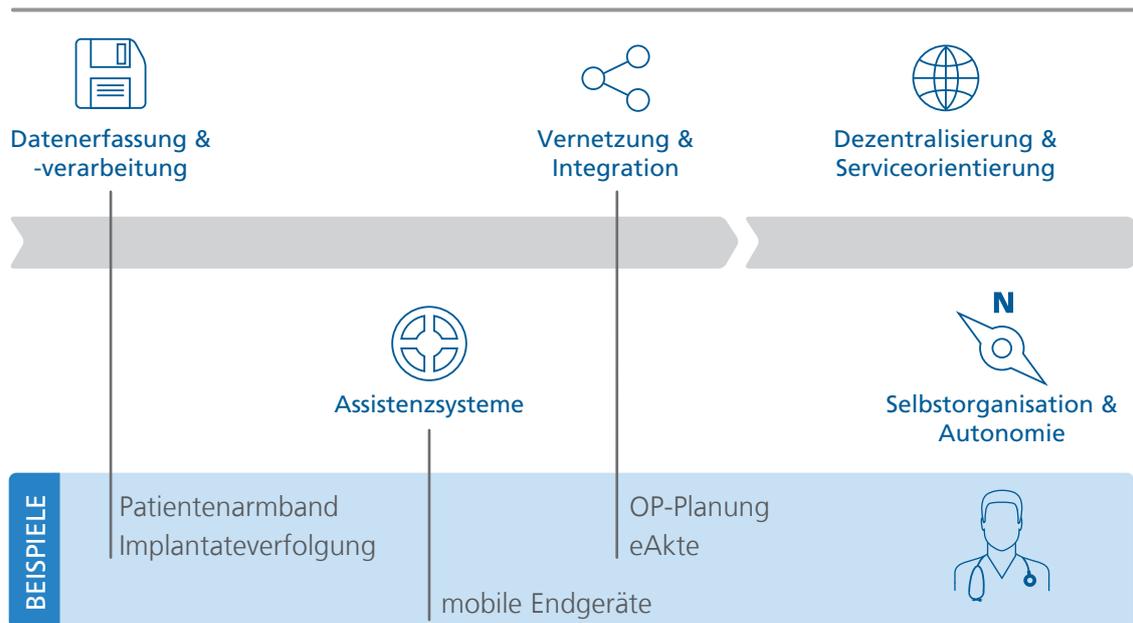


Abbildung 4: Die Entwicklungsschritte zum Krankenhaus 4.0

Es ist festzuhalten, dass der Begriff Krankenhaus 4.0 eine Zukunftsvision darstellt, deren Entwicklung langsam beginnt und bei gezielter Ausrichtung der Krankenhäuser zu Prozess- und Ablaufverbesserungen führt. Zudem werden sich durch die Einführung und Weiterentwicklung der Technologien neue Produkte und Dienstleistungen in der gesamten Wertschöpfungskette im Gesundheitsbereich ergeben. Vom Hersteller von Medizintechnik und -produkten, deren Lieferanten bis hin zum Krankenhaus und deren vor- und nachsorgenden Gesundheitseinrichtungen wird, durch die Entstehung von autonomen und vernetzten Einheiten, die Implementierung eines sektorübergreifenden Versorgungsmanagements vorangetrieben. Der Trend zur Digitalisierung und Autonomisierung ist demnach nicht alleine für das Krankenhaus zu betrachten. Krankenhaus 4.0 impliziert die Vernetzung der Lieferanten und Hersteller mit dem Krankenhaus. Für die Lieferanten und Hersteller wird es in Zukunft immer wichtiger ihre Produkte und Dienstleistungen mit den Prozessen des Krankenhauses zu vernetzen und daraus einen Mehrwert für die Krankenhäuser zu generieren.

Ähnlich wie in der Industrie steht die Autonomisierung und Digitalisierung von Geräten, Maschinen und Hilfsmitteln erst am Anfang. Die Nutzung einer elektronischen Patientenakte oder die Aufnahme und Verarbeitung von medizinischen Daten über mobile Endgeräte sind erste Schritte hin zum Krankenhaus 4.0. Die Schwierigkeit für Krankenhäuser – ähnlich wie für die Industrie – liegt darin, ein strategisches Konzept für den Weg zum Krankenhaus 4.0 zu entwickeln.

Das Fraunhofer-Innovationszentrum für Logistik und IT unterstützt Krankenhäuser, Hersteller und Lieferanten hinsichtlich der Entwicklung neuer Produkte im Bereich Cyber-Physischer Systeme und deren angegliederten Dienstleistungen und Prozessen. Hierfür ist in einer Analyse der derzeitige Digitalisierungsstand zu erheben. Es werden individuell für das jeweilige Krankenhaus die Probleme und Bedarfe identifiziert und beschrieben. Aus den Erkenntnissen heraus wird eine Entwicklungs-Roadmap aufgestellt, in der Innovationsprojekte mit klaren Zielen und Ergebnissen definiert und gemäß den identifizierten Bedarfen priorisiert werden. Anhand der entwickelten Innovationsprojekte ist im Rahmen der verfügbaren Ressourcen ein schrittweises Aufsetzen von wohldefinierten Umsetzungsprojekten auszuarbeiten und zu implementieren.

Ansprechpartner

Fraunhofer-Innovationszentrum für Logistik und IT
Healthcare Innovation

Dr.-Ing. Sebastian Wibbeling

Telefon +49 231 9743-431

E-Mail sebastian.wibbeling@iml.fraunhofer.de

Web www.iml.fraunhofer.de/healthcare

Bildquellen

Abbildungen: Fraunhofer IML

Titelbild © nito / Fotolia

