

Hospital 4.0

Nutzen und Potentiale von
Industrie 4.0 in der
Krankenhausumgebung



MEDICINE
HEALTH
TREATMENT
DOCTOR
SURVEY
RECIPE

Impressum

UniTransferKlinik Lübeck
Maria-Goeppert-Straße 1
23562 Lübeck

E-Mail: mildner@unitransferklinik.de
Tel.: 0171 530 9668

Autor

Martin Mildner

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
Abbildungsverzeichnis	VI
1. Einleitung	1
2. Technologiefelder	4
2.1 „Kommunikation“	5
2.2 „Sensorik“	6
2.3 „Aktorik“	7
2.4 „Mensch-Maschine-Schnittstelle“	7
2.5 „Software/Systemtechnik“	8
2.6 „Standards und Normung“	9
3. Funktionsbereiche Industrie 4.0	10
3.1 Datenerfassung und Verarbeitung.....	11
3.2 Vernetzung und Integration	13
3.3 Assistenzsysteme	15
3.4 Dezentralisierung und Serviceorientierung	17
3.5 Selbstorganisation und Autonomie	20
4. Funktionsbereiche in der Krankenhausumgebung.....	22
4.1 Datenerfassung und Verarbeitung.....	22
4.2 Vernetzung und Integration	23
4.3 Assistenzsysteme	24
4.4 Dezentralisierung und Serviceorientierung	24
4.5 Selbstorganisation und Autonomie	25
5. Nutzendarstellung Industrie 4.0.....	26
5.1 Interner Nutzen.....	26
5.2 Externer Nutzen	27
6. Krankenhaus 4.0	29
6.1 Hospital IT 4.0	29
6.1.1 Cloud IT	30
6.1.2 Mobile Anwendungen	31
6.1.3 Daten- und Dokumentenaustausch	33
6.1.4 Cyber-Security und Privacy.....	35
6.2 Medizintechnik 4.0	37

6.2.1 Interoperabilität intelligenter Medizingeräte	38
6.2.2 Regelbasierte Assistenzsysteme und theragnostische Systeme	39
6.2.3 Wartung und technischer Service	41
6.2.4 Usability	42
6.3 Facility Management 4.0	44
6.3.1 IT-gestützte Instandhaltung	44
6.3.2 Internet der Dinge	46
6.3.3 Sustainability – Green/Blue Hospital	48
6.3.4 Supply-Chain-Management	49
6.4 Klinisches Prozessmanagement	51
6.4.1 E-Health und Medical Apps	52
6.4.2 Clinical Unified Collaboration	53
6.4.3 Qualitäts- und Leistungserfassung und Dokumentation	55
6.4.4 Integrierte klinische Prozesse	57
7. Geschäftsmodelle 4.0	59
7.1 Add-on	59
7.2 Barter	60
7.3 Cross Selling	61
7.4 Experience Selling	62
7.5 Guaranteed Availability	63
7.6 Customization	64
7.7 Pay per Use	65
7.8 Self-Service	66
7.9 Shop-in-Shop	67
7.10 Trash-to-Cash	68
8. Fazit	69
Literaturverzeichnis	74
Anhang	75
Anhang 1: Geschäftsmodelle	75
Anhang 2: Kurzfassung Fokusthemen mit Geschäftsmodellbezügen	79

Abkürzungsverzeichnis

CPS	Cyber-physische Systeme
EEG	Elektroenzephalografie
eHealth	Electronic Health
EKG	Elektrokardiogramm
F+E	Forschung und Entwicklung
FM	Facility Management
IaaS	Infrastructure as a Service
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
IoT	Internet of Things
IT	Informationstechnik
KIS	Krankenhausinformationssystem
mHealth	Medical Health
OP	Operation
PaaS	Platform as a Service
PoC	Point of Care
RoI	Return on Investment

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Industrie 4.0 Technologiefelder	4
Tabelle 2: Kommunikation in der Medizintechnik	5
Tabelle 3: Sensorik/Eingebettete Systeme in der Medizintechnik.....	6
Tabelle 4: Aktorik in der Medizintechnik	7
Tabelle 5: Mensch-Maschine-Schnittstelle in der Medizintechnik.....	8
Tabelle 6: Software/Systemtechnik in der Medizintechnik.....	9
Tabelle 7: Standards und Normung in der Medizintechnik	10
Tabelle 8: Technologiefelder in den Funktionsbereichen.....	10
Tabelle 9: Elemente Datenerfassung & Verarbeitung	13
Tabelle 10: Elemente Vernetzung und Integration	15
Tabelle 11: Elemente Assistenzsysteme	17
Tabelle 12: Elemente Dezentralisierung und Serviceorientierung	19
Tabelle 13: Elemente Selbstorganisation und Autonomie	22
Tabelle 14: Datenerfassung und Verarbeitung in der Krankenhausumgebung	23
Tabelle 15: Vernetzung und Integration in der Krankenhausumgebung.....	23
Tabelle 16: Assistenzsysteme in der Krankenhausumgebung	24
Tabelle 17: Dezentralisierung und Serviceorientierung in der Krankenhausumgebung.....	25
Tabelle 18: Selbstorganisation in der Krankenhausumgebung.....	25
Tabelle 19: Fokusthemen.....	58
Tabelle 20: Geschäftsmodell Add-on	60
Tabelle 21: Geschäftsmodell Barter.....	61
Tabelle 22: Geschäftsmodell Cross-Selling	62
Tabelle 23: Geschäftsmodell Experience Selling.....	63
Tabelle 24: Geschäftsmodell Guaranteed Availability	64
Tabelle 25: Geschäftsmodell Mass Customization.....	65
Tabelle 26: Geschäftsmodell Pay per Use	66
Tabelle 27: Geschäftsmodell Self-Service.....	67
Tabelle 28: Geschäftsmodell Shop-in-Shop	68
Tabelle 29: Geschäftsmodell Trash-to-Cash	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Industrie 4.0 im gesamten Unternehmen.....	2
---	---

1. Einleitung

Die erste industrielle Revolution startete Anfang des 19. Jahrhunderts mit der Entwicklung der Dampfmaschine. Diese Erfindung sorgte für eine Welle neuer Erfindungen und schaffte ganze Industriezweige neu. Das Transportwesen veränderte sich durch Eisenbahnen und Dampfschiffe, die menschliche Kraft wurde durch mechanische Produktionsanlagen unterstützt, Kohleabbau und Schwerindustrie entstanden. Gegen Ende des Jahrhunderts kam mit der Einführung der Elektrizität als Antriebskraft die nächste Stufe der Industrialisierung. Die Arbeit in den Fabriken wurde weiter automatisiert. Die von Henry Ford verwendete Fließbandtechnik in der Automobilproduktion reduzierte die Produktionszeiten enorm. Außerdem wurde die Kommunikation in dieser Phase durch Telefonie und Telegramme erheblich vereinfacht. Mit der dritten industriellen Revolution ab den 1970er Jahren kam es zu weiteren Automatisierungen durch Elektronik und IT. Computer wurden nach den großen Rechenmaschinen für Büro und Haushalt nutzbar.

Nach Industrie 3.0 befindet sich die aktuelle Entwicklung derzeit mitten in der vierten industriellen Revolution. Nach Dampfmaschine, Fließbands und Computer ermöglicht nun die Digitalisierung das Erreichen der nächsten Stufe. Früher analoge Techniken werden digitalisiert und cyber-physische Systeme (CPS), also Systeme aus einem Verbund aus softwaretechnischen und mechanischen bzw. elektronischen Komponenten, werden zunehmend in Prozesse integriert. Der Grad der Vernetzung zwischen Produkten, Menschen und Unternehmen steigt stetig an. Die Produktion orientiert sich stärker an dem eigentlichen Bedarf und durch individuellere Anpassungen auf die Bedürfnisse des Kunden sinken die Losgrößen. Neue Kommunikationsformen und Wege werden geschaffen, Prozesse können immer weiter optimiert werden und neue Absatzmöglichkeiten entstehen.

Industrie 4.0 durchdringt nahezu alle Bereiche moderner Unternehmen. Dies gilt auch in der Gesundheitswirtschaft. Die Herstellung und die Ansprüche an medizinische Produkte ändern sich und die Hersteller müssen ihre Geschäftsmodelle und -prozesse anpassen bzw. verändern, wodurch zum einen Kosteneinsparungen realisierbar sind und zum anderen individuellere Erzeugnisse möglich sind. Auch Ärzte und Krankenhäuser sind von diesen Entwicklungen betroffen. Durch neue Technologien verändern sich Behandlungsmethoden und die Ansprüche von Patienten wachsen. Eine Klinik muss als Unternehmen unter diesen Gesichtspunkten ihren Betrieb immer weiter optimieren, eine zeitgemäße Behandlung zulassen und trotzdem wirtschaftlich arbeiten. Durch Prozessoptimierungen können Einsparungspotenziale erzielt und neue Geschäftsmodelle entwickelt werden.

Der vorliegende Text beschäftigt sich mit der Anwendung von Industrie 4.0 für die Gesundheitsversorgung. Besonderes Augenmerk wird hierbei auf die direkte Krankenhausumgebung gelegt, die im Prinzip eine Produktionsumgebung für den Einsatz von Medizin- und Informationstechnik darstellt. Hierzu

zählen neben der Klinik als Mittelpunkt auch die Hersteller von Medizintechnik, Zulieferer, Dienstleister und Patienten in der Form als Kunden. Welche Chancen bieten sich in Verbindung mit Industrie 4.0? Welche der Innovationen sind anwendbar und welcher Nutzen lässt sich für Kliniken und Unternehmen aus den neuen bzw. veränderten Funktionen erzielen? Es stellt sich die Frage nach einem wirtschaftlichen Mehrwert für die Anwender von 4.0-Technologien.

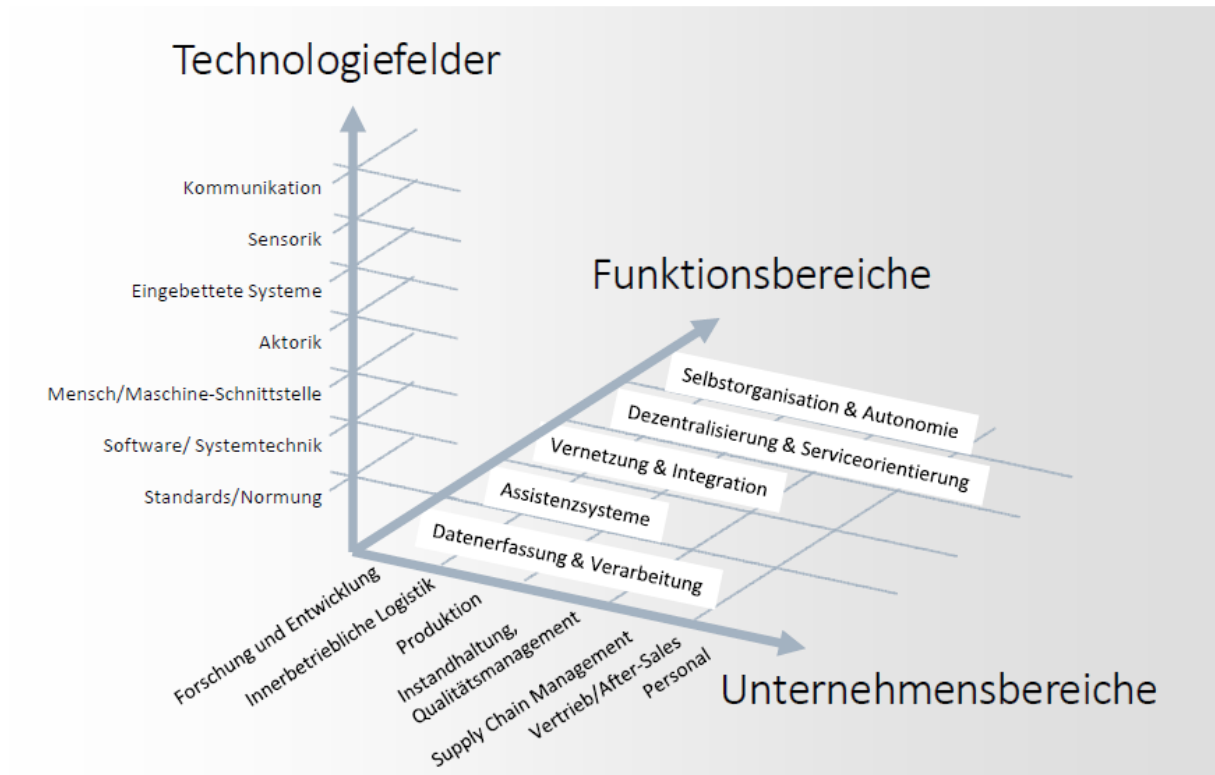


Abbildung 1: Industrie 4.0 im gesamten Unternehmen

Zunächst werden einige Technologiefelder näher betrachtet. Diese Felder umfassen technische Möglichkeiten, die die Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0 in den Funktionsbereichen eines Unternehmens bzw. eines Krankenhauses bilden. Diese Funktionsbereiche werden sodann näher untersucht. Zunächst erfolgt eine Betrachtung der Bereiche von allgemeinen mittelständischen Unternehmen, da die meisten medizintechnischen Hersteller und Krankenhäuser dieser Größe zuzuordnen sind. Nach der allgemeinen Betrachtung und der Erschließung der Nutzenpotenziale erfolgt die Darstellung der Funktionsbereiche in der Krankenhausumgebung. Das folgende Kapitel fasst mögliche 4.0-Nutzenpotenziale zusammen und unterscheidet dabei zwischen internem und externem Nutzen innerhalb von Institutionen bzw. am Markt.

Nach diesen Grundlegungen wird die eigentliche Umsetzung im Krankenhaus näher untersucht. Hierfür werden vier Fokusthemen identifiziert, die separat voneinander jeweils ein eigenes 4.0-Anwendungsgebiet im Krankenhaus abdecken und zusätzlich in verschiedene Funktionen oder Technologien

aufgeteilt sind. Es folgt die Befassung mit potenziell auf die 4.0-Fokusthemen anwendbaren Geschäftsmodellen, die vor allem für die Realisierung des externen Nutzens für Unternehmen wichtig sind. Hierfür wurde eine Auswahl geeigneter Modelle getroffen, die besonders für Möglichkeiten der Generierung eines Mehrwerts im gesundheitswirtschaftlichen Bereich geeignet sein können. Eine weitere Auswahl von relevanten Geschäftsmodellen befindet sich in Anhang. Abgeschlossen wird die Darstellung von einem Fazit, in dem neben einer Zusammenfassung der Ergebnisse auch eine Bewertung des Potenzials von Industrie 4.0 im Krankenhausumfeld abgegeben wird.

2. Technologiefelder

Es gibt einige für die Umsetzung von Technologie 4.0 relevante Technologiefelder, die im Folgenden näher erläutert werden. Die vorgestellten Technologien stellen die Basis für die Anwendung in Funktionsbereichen dar, die im Folgekapitel näher untersucht werden. Funktionsbereiche adressieren insoweit die Umsetzungsumgebung von 4.0-Technologien in Organisationen, Unternehmen wie Krankenhäusern. Auch wenn einige Gemeinsamkeiten und Übereinstimmungen zwischen den einzelnen Feldern bestehen, werden sie aufgrund der besseren Übersicht separat voneinander betrachtet.

Tabelle 1: Industrie 4.0 Technologiefelder

Technologiefelder	Zugehörige Technologien
Kommunikation	- Echtzeitfähige Bus-Technologie - Echtzeitfähige drahtlose Kommunikation - Drahtgebundene Hochleistungskommunikation - IT-Sicherheit - Selbstorganisierende Kommunikationsnetze - Mobile Kommunikationskanäle
Sensorik	- Miniaturisierte Sensorik - Intelligente, konfigurierbare und rekonfigurierbare Sensorik - Vernetzte/vernetzbare Sensorik - Sensorfusion - Neuartige Sicherheitssensorik
Eingebettete Systeme	- Intelligente eingebettete Systeme - Miniaturisierte eingebettete Systeme - Energy-Harvesting - Identifikationsmittel
Aktorik	- Intelligente Aktoren - Vernetzte Aktoren - Sichere Aktoren
Mensch-Maschine Schnittstelle	- Sprach-/Gestensteuerung - Intuitive Bedienelemente - Wahrnehmungsgesteuerte Schnittstellen - Fernwartung - Verhaltensmodelle des Menschen - Kontextbasierte Informationspräsentation - Virtual Reality
Software/Systemtechnik	- Multi-Agenten-Systeme - Maschinelles Lernen und Mustererkennung - Big-Data Speicher- und Analyseverfahren - Cloud-Computing - Web Services bzw. Cloud-Dienste - Simulationsumgebung - Multikriterielle Situationsbewertung
Standards und Normung	- Kommunikationsstandards - Semantische Standards - Standardisierung von Systemelementen - Identifikationsstandards

2.1 „Kommunikation“

Technologien im Bereich der „Kommunikation“ sind eine wichtige Grundlage für die Vernetzung und für das Internet of Things (IoT). Neben drahtgebundenem Datenaustausch stellt auch die drahtlose Kommunikation eine wichtige Basis dar. Dabei ist nicht nur die Kommunikation zwischen Personen zu beachten, sondern auch zwischen Mensch und Maschine und verschiedenen Geräten untereinander. Eine funktionierende Kommunikation ist eine Voraussetzung für die erfolgreiche Vernetzung cyber-physischer Systeme. So können beispielsweise verschiedene Lagerbehälter mit der Lagertechnik innerhalb eines autonomen Logistiksystems kommunizieren.

Im Zuge der Digitalisierung und zunehmenden Vernetzung im Rahmen von Industrie 4.0 bestehen hohe Anforderungen an die Transferleistungen und an die Sicherheit der Daten, wodurch auch die IT-Sicherheit ein zentraler Punkt dieses Technologiefeldes ist. Wichtige Bereiche dieses Feldes sind unter anderem echtzeitfähige Bus-Technologie, drahtlose/mobile echtzeitfähige Kommunikation, drahtgebundene Hochleistungs-Kommunikation und selbstorganisierende Kommunikationsnetze. Dabei sind nahezu alle der im nächsten Kapitel beschriebenen Funktionsbereiche von Industrie 4.0 unmittelbar betroffen. Die Kommunikation hat direkten Einfluss auf die erfolgreiche Umsetzung von Vernetzung und Dezentralisierung. Außerdem ist eine funktionierende Kommunikation eine Grundlage für das Arbeiten mit autonomen Systemen und der Integration von Assistenzsystemen.

In der Medizintechnik gibt es verschiedene Anwendungsgebiete. Die Sicherheit von Übertragungen spielt in allen Bereichen eine große Rolle. Der Schutz der Patientendaten ist dabei besonders wichtig. So muss zum Beispiel der Datenverkehr mit Patienten-Apps und mobilen Geräten hinreichend abgesichert sein. Alle medizinischen und administrativen Daten werden in einem Krankenhaus mithilfe eines Krankenhausinformationssystems (KIS) erfasst, bearbeitet und weitergegeben. Das KIS umfasst dabei alle informationsverarbeitenden Systeme, von Servern bis hin zu mobilen Funktionen. Neben diesen Datenströmen bedarf es auch einer Kommunikation zwischen Geräten. Cyber-physikalische Systeme (CPS) finden sich in Krankenhäusern z.B. in Operationssälen oder Intensivstationen.

Tabelle 2: Kommunikation in der Medizintechnik

Technologiefeld	Geräte-/Medizintechnik
Kommunikation	- Sichere Datenübertragung Patienten-Apps - Krankenhausinformationssysteme - Gerätevernetzung OP (Cyber-physikalische Gerätenetzwerke) - Mobile Anwendungen - Cloud-Computing

2.2 „Sensorik“

„Sensorik“ umfasst verschiedene Sensor-Technologien, die hauptsächlich der Informations- und Datengewinnung dienen und diese in vielen Prozessen überhaupt erst möglich machen. Die gesammelten Informationen können dabei sehr vielfältig sein. Neben dem Zustand eines Gerätes können auch Daten über seine Umgebung und die Produkthanwendung selbst erlangt werden. Diese Informationen können in der nachfolgenden Datenverarbeitung für die Optimierung von Prozessen genutzt werden. Neben der wichtigen Bedeutung für verschiedene Funktionsbereiche von Industrie 4.0 bilden die mit Hilfe der „Sensorik“ gewonnenen Daten auch die Arbeitsgrundlage für andere Technologien aus den Feldern der Softwaresystemtechnik und der „Aktorik“. Wichtige Bereiche dieses Themenfeldes sind unter anderem die miniaturisierte Sensorik, also die Verkleinerung der Sensoren, wodurch diese besser integriert werden können, und intelligente konfigurierbare Sensoren. Außerdem liegt ein Schwerpunkt der Entwicklung auf vernetzter Sensorik und der Sensorfusion, mit deren Hilfe man mit weniger Sensoren eine größere Menge an unterschiedlichen Daten erfassen kann. Vor allem der Funktionsbereich Datenerfassung und Verarbeitung ist von diesen Technologien betroffen.

Die „Sensorik“ hat großen Einfluss auf neue Technologien im medizinischen Bereich. Durch neue Sensoren ist beispielsweise eine integrierte Anpassung intelligenter Instrumente möglich, wodurch sich diese automatisch auf die gegebenen Umstände z.B. einer Operation einstellen können. Während einer Operation bieten sich durch die von allen Seiten erfassten Daten eine erleichterte Navigation für den Operator und ermöglichen schnellere Entscheidungen und den Einsatz von Assistenzsystemen, die die Chirurgen bei der Arbeit unterstützen und die Eingriffe effizienter gestalten können.

Ein Teil dieses Technologiefeldes stellen dabei die „eingebetteten Systeme“ dar. Die Entwicklung von Hardware mit bereits integrierter Sensorik und einer eigenen Datenverarbeitungslogik steht hier im Vordergrund. Unter anderen ist die Beacon-Technologie zu nennen. Diese erlaubt das Tracking, also das Verfolgen/Finden, von Geräten, Personen oder bestimmten Prozessen. In der Krankenhausumgebung können beispielsweise mobile Geräte oder Personen (Ärzte, Pflegepersonale, Patienten, Techniker) ohne Zeitverlust geortet werden. Eine ähnliche Lokalisierungslösung bietet sich durch RFID-Technologie (*radio-frequency identification*).

Tabelle 3: Sensorik/Eingebettete Systeme in der Medizintechnik

Technologiefeld	Geräte-/Medizintechnik
Sensorik/Eingebettete Systeme	- Gewebeerkennung in intelligenten Instrumenten - Navigierte OP - Assistenzrobotik (Chirurgische Roboter-Assistenzsysteme) - Beacon-Technologie zum Tracking von Geräten, Personen, Prozessen - RFID-Technologie zur Identifikation von Geräten, Personen

2.3 „Aktorik“

Technologien aus dem Feld der „Aktorik“ ermöglichen cyber-physischen Systemen die Interaktion mit ihrer physischen Umwelt. Sie können Bewegungen ausführen und sich auf Veränderungen selbst mechanisch einstellen. Diese Fähigkeiten sind für die Eigenständigkeit solcher Systeme unverzichtbar und stellen die Voraussetzung für die Arbeit in sich verändernden Prozessen und der richtigen Reaktion auf Mitarbeiterinteraktion dar.

„Aktorik“ meint vor allem Antriebselemente. Diese reagieren auf elektronische Signale und führen Bewegungen oder Umgebungsanpassungen durch. Die relevanten Informationen erhalten sie dabei unter anderem von installierten Sensoren und werden mit diesen häufig kombiniert. Eingesetzt werden solche Technologien vor allem in Assistenzsystemen und auch in autonomen bzw. selbstorganisierten regelungsbasierten Systemen. Die Entwicklung der Technologien aus dem Bereich der „Aktorik“ geht unter anderem in Richtung intelligenter Systeme, wodurch die Antriebselemente in Zukunft in der Lage sind, komplexere und flexiblere situationsgerechte Reaktionen zu realisieren. Zusätzlich wird auf Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie den Schutz der Mitarbeiter, auf Ausfallschutz und die Vernetzung innerhalb von Prozessen geachtet.

Besonders medizinische Assistenzgeräte profitieren von Entwicklungen in der „Aktorik“. Verbesserte Antriebselemente lassen präzisere und komplizierte Aktionen zu, wodurch den Assistenzsystemen neue Aufgaben zugewiesen werden können. Beispiele sind Operationstische, die nach Lage und Ausrichtung präzise den Anforderungen von OP-Phasen angepasst werden und auch automatisch auf neue Situationen und Eingaben an anderen Geräten reagieren, oder natürlich auch chirurgisch-robotische Systeme.

Tabelle 4: Aktorik in der Medizintechnik

Technologiefeld	Geräte-/Medizintechnik
Aktorik	- Roboterassistenzsysteme - Automatische Steuerung von OP-Tischen - Intelligente Instrumente - Antriebstechnik für chirurgische Instrumente/Assistenzsysteme

2.4 „Mensch-Maschine-Schnittstelle“

Dieses Technologiefeld adressiert die Zusammenarbeit von Menschen und Maschinen. Mit fortlaufender Weiterentwicklung im Zuge von Industrie 4.0 bleibt der Mensch ein wichtiger Bestandteil in allen Prozessen, auch wenn sich seine Aufgaben verändern und an die neuen Entwicklungen anpassen müssen. Tätigkeiten wie Überwachung, Instandhaltung und Steuerung werden zwar zunehmend durch Technologien Industrie 4.0 unterstützt, verbleiben aber aufgrund der hohen Flexibilität und Wand-

lungsfähigkeit weiterhin in menschlicher Hand. Das Feld „Mensch-Maschine-Schnittstelle“ umfasst dabei diese neuen unterstützenden Technologien in allen Bereichen. Aufgrund der zunehmenden Komplexität integrierter Prozesse, Geräte und Produkte ist diese Unterstützung des Menschen notwendig. Die Unterstützung kann dabei auf verschiedenen Wegen erfolgen. Die Steuerung kann beispielsweise durch Sprach- und Gestensteuerung und intuitivere Bedienbarkeit erleichtert werden. Außerdem umfasst dieses Feld verschiedene Technologien zur Präsentation von Informationen und Daten für die Mitarbeiter, wie Virtual Reality, und ermöglicht verschiedene Möglichkeiten zur Fernwartung von Maschinen und Geräten. Dieses Technologiefeld baut dabei stark auf anderen Technologien auf. So liefert die „Sensorik“ die nötigen Informationen und die „Kommunikation“ bietet Möglichkeiten zur effizienteren Steuerung und Abstimmung mit den Maschinen.

Beispielgebend ist hier unter anderem die Gestensteuerung. Diese kann beispielsweise im Operationsaal eingesetzt werden. Die Steuerung von medizinischen Geräten mit Hilfe von Gesten sichert die Sterilität der Instrumente und spart den Platz der Bedienkonsolen. Benutzeroberflächen können grafisch gestaltet werden. Die Usability/Bedienbarkeit von komplexen und vernetzten Medizingeräten wird verbessert.

Tabelle 5: Mensch-Maschine-Schnittstelle in der Medizintechnik

Technologiefeld	Geräte-/Medizintechnik
Mensch/Maschine-Schnittstelle	- Gestensteuerung im OP - 3D Motion Sensors z.B. für Kontexterfassung am PoC - Usability Design: GUI für komplexe und vernetzte Medizingeräte - Multifunktionale Bedienelemente

2.5 „Software/Systemtechnik“

Zwischen dem Erfassen von Informationen und der erfolgreichen Umsetzung von Maßnahmen liegt die Verarbeitung der Daten. Dieser Aufgabe widmet sich die „Softwaresystemtechnik“. Erst diese Verarbeitung ermöglicht eine Automatisierung oder Autonomie von CPS und der dezentralen Steuerung eben dieser. Maschinelles Lernen und Mustererkennung wird ermöglicht. „Softwaresystemtechnik“ ist die Basis für Big-Data-Analysen und Cloudcomputing mit den zugehörigen Speicher- und Zugriffsverfahren. Dies ist mit Blick auf Web Services und Cloud-Dienste essentiell. Durch diese Schlüsselrolle an der Schnittstelle zwischen Erfassung und Umsetzung ist die „Softwaresystemtechnik“ für die erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 unerlässlich und steht in Verbindung mit allen anderen Technologiefeldern. Die intelligenten Komponenten eines cyber-physischen Systems bestehen aus Software und sind von dieser abhängig. Mit zunehmender Intelligenz, Autonomie und Vernetzung solcher Systeme und steigenden Datenmengen in allen Prozessen steigt die Abhängigkeit und Notwendigkeit von funktionierenden Technologien aus diesem Feld.

Im Krankenhaus sind Technologien aus diesem Feld stark vertreten. So ermöglichen Signalanalysen erst die Arbeit z.B. mit EKG (Elektrokardiogramm) und EEG (Elektroenzephalografie). Systemtechnologien finden sich u.a. auch im breiten Anwendungsfeld von Bildgebung- und -verarbeitung bis hin zu Operationssimulationen und medizinischen Assistenzsystemen.

Tabelle 6: Software/Systemtechnik in der Medizintechnik

Technologiefeld	Geräte-/Medizintechnik
Software/Systemtechnik	- Signalanalyse (EKG, EEG) - Bildgebung/-verarbeitung für OP-Simulationen - Medizinische Assistenzsysteme - PLM-Softwareentwicklung - Runtime-Verification-Software

2.6 „Standards und Normung“

Für die zunehmende Vernetzung und Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Organisationseinheiten und über Unternehmensgrenzen hinweg ist die Einführung und Umsetzung von Normen und Standards ein wichtiger Punkt. Vor allem die Kommunikation und die Erfassung von Daten sind davon betroffen. So ist die Identifikation und Informationserfassung von Produkten und anderen Objekten entlang einer Lieferkette mittels z.B. AutoID- und Sensortechnologien nur umsetzbar, wenn die Erfassung dieser Daten auch von allen Teilnehmern möglich ist. Dasselbe gilt für die Kommunikation zwischen vernetzten Maschinen und Systemen untereinander. Für den Austausch und die erfolgreiche Verwertung ist eine einheitliche strukturierte Beschreibung von Produkt- und Anwendungsdaten notwendig. Im Hardware-Bereich ermöglicht die Vereinheitlichung von Bauteilen und Anschlüssen eine Modularisierung von Produkten, wodurch wiederum eine einfachere Produktadaption und eine höhere Produktvielfalt möglich sind. Standardisierung und Normierung stellen die Basis für die Entwicklung der zunehmenden Serviceorientierung von Unternehmen im Zuge von Industrie 4.0 und bieten die Möglichkeit zur erfolgreichen Anwendung entsprechender Geschäftsmodelle.

Die Standardisierung ist insoweit z.B. entscheidend für die Vernetzung unterschiedlicher Medizingeräte. Die Instrumente der unterschiedlichen Hersteller müssen in einem vernetzten Operationssaal miteinander kommunizieren können. Auch können nur unter dieser Voraussetzung mehrere Geräte mit einem Bedienelement gesteuert werden.

Tabelle 7: Standards und Normung in der Medizintechnik

Technologiefeld	Geräte-/Medizintechnik
Standards und Normung	- Gerätevernetzung (IEEE 11073, HL7/FHIR, LOINC, ICD-10, SNOMED, OSCP, IHE-Profile) - MDPWS (Medical Device Profile for Web Services) - Standardisierte Bedienelemente - Identifikationsstandards

Tabelle 8: Technologiefelder in den Funktionsbereichen

Technologiefelder/Funktionsbereiche	Datenerfassung & Verarbeitung	Assistenz	Vernetzung & Integration	Dezentralisierung & Serviceorientierung	Selbstorganisation & Autonomie
Kommunikation	x	x	x	x	x
Sensorik	x	x	x		x
Eingebettete Systeme			x		x
Aktorik		x			x
Mensch/Maschine-Schnittstelle		x	x		x
Software/Systemtechnik	x	x	x		x
Standards und Normung	x		x	x	

3. Funktionsbereiche Industrie 4.0

Die bisher aufgezeigten Entwicklungen der verschiedenen Technologiefelder in Verbindung mit Industrie 4.0 haben Einfluss auf die einzelnen Funktionsbereiche eines Unternehmens. Tabelle 8 zeigt, welche der beschriebenen Technologiefelder in welchen Funktionsbereichen typischerweise Anwendung finden. Das Ausmaß des Einflusses hängt dabei von der jeweiligen Nutzbarkeit der neuen Technologien und Innovationen ab und wie leicht sich diese in die bisherigen Prozess- und Infrastrukturen implementieren lassen. Da viele Technologien aus dem Feld der Industrie 4.0 aufeinander aufbauen, ist die Reihenfolge einer Umsetzung zu berücksichtigen. So können beispielsweise keine autonomen Systeme erfolgreich verwendet werden, ohne dass die nötigen Sensoren zur Datenerfassung oder ein gewisser Grad an Vernetzung innerhalb und zwischen den Prozessen bereits vorhanden sind. Diese Abhängigkeit überträgt sich auf die gewünschten Funktionen und bestimmt zumindest zum Teil die Umsetzungsstrategie.

Im folgenden Kapitel werden die einzelnen Funktionsbereiche von Industrie 4.0 betrachtet. Die Untersuchung beschränkt sich vorerst auf die allgemeine Betrachtung mittelständischer Unternehmen, wie sie in der Medizintechnik bestehen und im übertragenen Sinn auch für Krankenhäuser typisch sind. Neben dem Potenzial und den Chancen, die eine Umsetzung für die Unternehmen bieten, werden auch einige Umsetzungsrisiken und der derzeitige Umsetzungsstand angesprochen. Die Felder sind dabei in der Reihenfolge beschrieben, die für eine Umsetzung nötig oder zumindest empfehlenswert ist.

3.1 Datenerfassung und Verarbeitung

Dieser Funktionsbereich beschäftigt sich mit der Erhebung und der Auswertung von Daten innerhalb und außerhalb eines Unternehmens. Das Interesse liegt hier bei verschiedensten Daten aller Art. So können Informationen zu Prozessen, Produkten und ihrer Qualität, Beschäftigten und Kunden von hohem Wert sein. Durch eine Auswertung der Daten können Fehler oder ineffiziente Abläufe entdeckt werden und beispielsweise Produkte optimiert werden.

Insbesondere durch Anwendung von Technologien aus dem Feld der „Sensorik“ lassen sich eine Vielzahl von Daten innerhalb der Produktionsketten und der Produkte selbst erfassen und sammeln. Barcodesysteme und RFID erleichtern die Erfassung der Informationen und ermöglichen die Identifizierung von Produkten an verschiedenen Orten. So können die Daten eines einzelnen Produktes sowohl an den einzelnen Stationen der Produktion innerhalb des Betriebes als auch über den gesamten Lebenszyklus gesammelt werden. Der Einsatz von Sensoren ist dabei durch die schnelle technische Entwicklung - mit der verbundenen besseren Leistung und günstigeren Herstellung – begünstigt.

Um einen Nutzen aus den gewonnenen Informationen ziehen zu können muss nach der Erfassung eine Datenverarbeitung folgen. In dem Funktionsbereich Datenerfassung und Verarbeitung liegt der Fokus auf Analysen, aus denen Beschäftigte Schlüsse ziehen und entsprechende Maßnahmen einleiten können. Beispiele für solche Analysen sind Big-Data- und OEE-Auswertungen. OEE steht dabei für *overall equipment efficiency*, also der Effizienz einer gesamten Ausrüstung. Die aus den gewonnenen Daten folgenden Maßnahmen zielen dabei meist auf Qualitätsverbesserungen der Produkte und auf Prozessoptimierungen ab. Eine Weiterentwicklung dieses Vorgehens wird später im Bereich der Autonomie näher angesprochen. Dieser Funktionsbereich geht noch einen Schritt weiter, indem Produkte und Maschinen eigene dezentrale Entscheidungen treffen und aus den kontinuierlich gesammelten Daten Reaktionen folgen.

Die Chancen, die sich für ein Unternehmen durch die Datenerfassung und Verarbeitung ergeben, sind sehr vielfältig. Durch die kontinuierliche Sammlung von Daten entsteht ein virtuelles Bild der Prozesse und Produkte, das vor allem bei der Planung und Steuerung von Prozessen hilfreich sein kann. So können Produktionskapazitäten und zur Verfügung stehende Ressourcen effizienter genutzt und eingeteilt

werden. Außerdem führt die lückenlose Aufzeichnung zu einem verbesserten Verständnis von Abläufen und Funktionszusammenhängen, die Entscheidungsträgern eine bessere Grundlage für ihre Handlungen ermöglicht. Aus diesen Analysen abgeleitete Handlungen können so beispielsweise zu einer verbesserten Zusammenarbeit von Produktion und Logistik führen. So können durch eine bessere Abstimmung und Zusammenarbeit Produktionszeiten und Rüst- und Liegezeiten verringert werden und damit Kosten gesenkt werden. Fehler und Abweichungen können während der Prozesse besser erkannt und behoben werden. Dies betrifft unter anderem auch Fehler in frühen Stadien der Produktion. Durch ihre Eliminierung können Folgefehler vermieden und die Kosten für Nacharbeiten deutlich reduziert werden.

Durch die bessere Qualität der Daten verringert sich außerdem die unproduktive manuelle Datenerhebung. In Verbindung mit einem einheitlichen Dateiformat und Datenstamm können so auch doppelte und unnötige Datenerzeugungsprozesse reduziert werden. Zusätzlich steigt die Qualität der Bestandsdaten durch gestiegene Aktualität. Dies lässt eine zuverlässigere Nutzung der Nutzungs- und Verbrauchsdaten zu. Ein direkter Kundenvorteil entsteht in Verbindung mit einer besseren Planbarkeit von Aufträgen. So steigt die Prognosegenauigkeit für voraussichtliche Liefertermine. Außerdem profitieren sie unter Umständen von sinkenden Produktionskosten und steigender Qualität der Produkte. Mit steigender Datenerfassung sind aber auch Risiken verbunden. Eines der bedeutendsten zu lösenden Risiken ist die Gewährleistung des Schutzes der gewonnenen Daten. Die Besitzverhältnisse, Verwendungserlaubnisse und der Schutz durch Missbrauch der Daten durch Dritte müssen rechtzeitig geregelt werden. Dies betrifft vor allem die Daten, die nicht ausschließlich innerhalb eines Unternehmens bleiben, sondern innerhalb einer Supply Chain und an verschiedenen Standorten genutzt werden. Ein Datentransfer im Inter- oder Intranet birgt hohe Risiken an möglichen Manipulationsversuchen. Eine Verschlüsselung der Daten ist essentiell.

In der Realität werden auch schon heutzutage bereits viele Daten gesammelt. Dazu zählen vor allem Daten aus Bereichen der Logistik, wie Bestände oder Transporte, aber auch Daten aus der Auftragsbearbeitung, der Produktion und dem Qualitätsmanagement. Die gewonnenen Informationen werden dabei in mittelständischen Unternehmen zumeist mithilfe von ERP-Systemen verwaltet. Die Auswahl der gespeicherten Daten erfolgt dabei meistens auf Auftragsebene, wodurch nicht alle Informationen auf der Produktebene erhalten bleiben und nicht der vollständige Lebenszyklus eines Produkts nachvollzogen werden kann. Die Daten werden nur selten und unregelmäßig ausgewertet. Wissen zu den eigentlichen Prozessen, wie beispielsweise Störungen, wird nur selten dokumentiert und gewonnene Daten haben häufig nur eine geringe Qualität. Die Datenpflege wird nicht strukturiert und diszipliniert betrieben. Zuverlässige Stammdaten sind meist nicht verfügbar. Dabei ist die eigentliche Erfassung und Weiterverarbeitung von Informationen ohne Schwierigkeiten möglich und die benötigten Technologien, Systeme, Sensoren und Datenspeicher sind vorhanden.

Das Potenzial von Industrie 4.0 basiert auf einer großen Datenmenge und –qualität. Selbst mit den bisher gewonnenen Daten lässt sich ein nicht unerheblicher wirtschaftlicher Nutzen generieren. Viele der bisher gewonnenen Daten werden aber noch unzureichend genutzt und selbst ohne größere Investitionen könnten schnell Erfolge erzielt werden.

Tabelle 9: Elemente Datenerfassung & Verarbeitung

Funktionsbereich	Elemente
Datenerfassung & Verarbeitung	- Kundendaten (CRM, Wünsche, Marktstudien, Feedback, Auftragshistorie) - Produktdaten (Auftragsdaten, Stückzahlen, Spezifikationen, Lieferzahlen, Produktidentifikation/Historie, Preise, Liefertermin) - Produktionsdaten (Fertigmeldungen, Prozessquittierung, Störungen, Stückzahlen) - Lager- und Bestandsdaten (Transport/Lagerbuchungen, Objektlokalisierung) - Kapazitätsdaten (Maschinenauslastung, Mitarbeiterereinsatz, Kapazitäten, OEE, Stillstandszeiten) - Nutzungsdaten (Betriebsdaten, Nutzungsverhalten, Wartungs-/Verbrauchsbedarfe, Zustands-/Verschleißinformationen, Transporteinrichtungen) - Qualitätsdaten (Liefertreue, Produktqualität, Ausfälle, Probleme, Rückläufer, Reklamationen) - Umgebungsdaten (Position, Temperatur, Feuchtigkeit) - Wissen (Dokumentation von Problemen, Mitarbeiterkommunikation) - Supply Chain Daten (Auslastung, Termine, Verzögerungen) - (Big-)Data-Analysen (Marktanalyse, Produktionsoptimierung)

3.2 Vernetzung und Integration

Der Funktionsbereich Vernetzung und Integration umfasst neben der flexiblen Vernetzung zwischen Abteilungen auch die Vernetzung zwischen Unternehmen und Geräten bzw. Prozessen und ist damit ein wichtiger Aspekt der Idee von Industrie 4.0. Gemeint ist der Informationsaustausch und das Zusammenspiel der einzelnen Anlagen, Beschäftigten, Maschinen, Produkte und Produktionsinfrastrukturen. Daten und Informationen sollen beispielsweise in einem Netzwerk mit Kunden und Partnern über die gesamte Lieferkette ausgetauscht werden, um sie beispielsweise über Probleme oder Wünsche in Kenntnis zu setzen. Das eigene interne Wissensmanagement innerhalb des Unternehmens wird verbessert, indem Wissen mit allen anderen Kollegen und Abteilungen geteilt wird. Nur mit kleineren Insellösungen ohne eine Vernetzung ist es nicht möglich, das volle Potenzial von Industrie 4.0 auszuschöpfen. Für eine erfolgreiche Umsetzung werden je nach Anwendungsgebiet Technologien aus fast allen Feldern benötigt.

Durch eine flexible Vernetzung lässt sich eine Zusammenarbeit entlang der Liefer- und Wertschöpfungsketten besser koordinieren und bietet eine erhöhte Transparenz für alle Teilnehmer. So lassen sich beispielsweise Produktionsmengen besser aufeinander abstimmen und das Verständnis von Zusammenhängen innerhalb der Lieferkette wird verbessert. Außerdem kann der durch Bedarfsschwankungen verursachte Bullwhip- Effekt, bei dem geringe Schwankungen in der Nachfrage der Kunden

durch Störungen und Verzerrungen entlang der Lieferkette zu stark verändernden Bestellmengen der Unternehmen führen, abgeschwächt werden.

Durch die verstärkte und unkompliziertere Kooperation zwischen Unternehmen ist eine Steigerung der Marktpräsenz und Marktmacht einzelner Akteure möglich. Durch eine engere Zusammenarbeit lassen sich so zum Beispiel neue Betriebs- und Beschaffungswege erschließen und gemeinsame Dienstleistungen anbieten. Außerdem ist durch die zusätzlichen Informationen zu den Produkten und Produktionsprozessen eine Optimierung der Folgeprozesse beispielsweise bei der Weiterverarbeitung von Erzeugnissen oder dem Vertrieb möglich. Dies führt neben einer möglichen Produktivitätssteigerung und Qualitätsverbesserung auch zu einem steigenden Potenzial für Serviceprozesse. Die verstärkte Vernetzung zu den Kunden ermöglicht eine kundengerechtere Produktentwicklung und eine erhöhte Kundenbindung an das Unternehmen. Mit den zusätzlichen zurücklaufenden Daten aus dem aktiven Betrieb der Produkte lässt sich zudem die Qualität der Produkte verbessern. Außerdem können Informationen am Lebensende eines Produkts über die verwendeten Teile und Rohstoffe zu einer gesteigerten Wiederverwendung führen.

Eine in diesem Feld wichtige Technologie ist dabei das Cloud Computing, die Speicherung von Daten auf räumlich getrennten Servern. Durch die zentrale Datenspeicherung in einem einzigen System lassen sich auch viele Schnittstellenprobleme durch die Verwendung verschiedener Systeme beheben. Daten müssen nur einmal gesichert werden und die Sicherung der Aktualität der gespeicherten Informationen ist einfacher möglich. Durch kunden-, zeit- und ortonabhängige Zugriffsmöglichkeiten auf die Cloud und die leichtere Zugänglichkeit der Informationen lassen sich Vorteile für die Beschäftigten erzielen.

Wichtig für die erfolgreiche Verwendung von Vernetzungs-Lösungen sind die IT-Infrastrukturen aller Beteiligten und eine Standardisierung der gemeinsamen Schnittstellen. Je komplexer und größer die vernetzten Systeme werden, desto fehleranfälliger werden sie. Zudem steigt durch den Datenaustausch über Kanäle wie das Internet das Risiko auf die Einflussnahme Dritter durch Sabotage, Spionage und Manipulation.

Allerdings steigt auch die Abhängigkeit zu anderen Netzwerkpartnern. Durch die engere Kooperation wird Spezialwissen innerhalb des Systems aufgebaut. Der Verlust eines eingebundenen Partners aus einem Netzwerk birgt die Gefahr von Wissensverlust. Das ausgeschiedene Unternehmen kann zudem das angeeignete Know-how in konkurrierenden Unternehmensnetzwerken einbringen. Das Füllen der entstandenen Lücke durch einen neuen gleichwertigen Partner kann schwierig sein, da das verlorene spezielle Wissen ausgeglichen werden muss und das neue Unternehmen die nötigen strukturellen Voraussetzungen für die Integration in das System vorweisen muss.

Die bisherige Zusammenarbeit zwischen mittelständischen Unternehmen in einer Lieferkette erfolgt bislang meist informell mittels E-Mail, Fax und Telefon und Absprachen werden im direkten Gespräch

getroffen. Auch innerhalb der Betriebe sind die Abstimmungsprozesse zwischen den Abteilungen auf einem niedrigen Entwicklungsstand. Eine vollständige Betrachtung des Produktlebenszyklus ist durch ein fehlendes durchgängiges Produktdatenmanagement nicht möglich. Die fehlende Umsetzung von Cloud-Systemen liegt vor allem an der Angst der Unternehmen um ihre Daten. Das fehlende Vertrauen in die Sicherheit und die fehlende Erkenntnis über den eigenen Mehrwert verhindern eine Einführung und Einrichtung eines Netzwerks. Auch fehlende Organisationsformen und alternative Geschäftsmodelle stellen ein Hemmnis dar. Es werden bei der Vernetzung zwischen Unternehmen und auch Kunden neue Regelungen bezüglich Haftungsfragen, Abrechnungsmethoden und Eigentum benötigt. Dabei sind die benötigten Technologien für eine solche Vernetzung zum Großteil bereits entwickelt und verfügbar.

Tabelle 10: Elemente Vernetzung und Integration

Funktionsbereich	Elemente
Vernetzung und Integration	- Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus (durchgängiges PDM, Entsorgung, Re-Cycling/Up-Cycling) - Austausch von Auftragsdaten (Vorankündigung von Lieferungen, Melden von Transportbedarfen, Kommunikation von Bedarfsschwankungen – zwischen Abteilungen und im Netzwerk, Abstimmung von Wartungsterminen) - Vernetzung von IT-Systemen (LVS, Transportverwaltung, ERP, MES, MRP) - Austausch von Technologiedaten (mit Maschinenherstellern, Netzwerkpartnern, anderen Abteilungen) - Unternehmensübergreifender Austausch von Entwicklungsdaten, Produktionsdaten, Qualitätsdaten - Integration in die Produktentwicklung (Kunden, AV, QS, Produktion, Einkauf) - Entwicklungszusammenarbeit und Simultaneous Engineering - Cloud-Technologie/VPN - Verfügbarkeit von Wissen und Know-How (Wissens- und Informationsmanagement) - Vernetzung mit anderen Unternehmen (Stärkung Marktmacht, virtuelle Unternehmen)

3.3 Assistenzsysteme

Der Funktionsbereich der Assistenzsysteme umfasst alle unterstützenden Technologien, mit deren Hilfe die Beschäftigten in einem Prozess in ihrer Arbeit unterstützt werden und sich auf ihre Kernkompetenzen fokussieren können. Teil dieses Bereichs sind unter anderem Technologien aus dem Feld der Kommunikation, Aktorik Mensch/Maschine-Schnittstelle und Software/System-Technik. So zählen beispielsweise technische Lösungen zur Datenbereitstellung, die möglichst schnell und einfach an jedem Ort Informationen zugänglich machen, zum Bereich der Assistenzsysteme. Hierzu zählen unter anderem mobile Endgeräte wie beispielsweise Datenbrillen. Aber auch andere zum Teil Berechnungen vornehmende oder motorisch helfende Geräte zählen zu Assistenzsystemen. Die eigentliche Unterstüt-

zung erfolgt dabei über unterschiedliche Funktionen. Visualisierungssysteme bieten beispielsweise Anzeigen von Arbeitsanweisungen oder Daten und können den Beschäftigten visuelle und multimediale Hilfestellung bieten.

Die Chancen dieser Art von Technologien sind ebenfalls vielfältig. Durch die bessere Übermittlung und Verfügbarkeit von Handlungsanweisungen kann die Fehlerhäufigkeit in Arbeits- und Produktionsprozessen deutlich reduziert werden. So können beispielsweise Beschädigungen der Produkte oder Maschinen durch falsche Handhabung der Mitarbeiter verhindert werden. Dies ist vor allem durch eine gute und leicht verständliche visuelle Bereitstellung der Informationen auf mobilen Endgeräten der Fall. Eine erreichbare höhere Prozessqualität durch die verfügbaren Zusatzinformationen hat Einfluss auf die spätere Produktqualität und es kann zu Zeiteinsparungen kommen. Diese werden durch die schnellere standardisierte Informationsübermittlung erreicht, die die zur Beschaffung von Dokumenten und Anweisungen benötigte Zeit reduziert.

Ebenso wird der Lernprozess neuer Mitarbeiter unterstützt und die Einarbeitung in neue Aufgaben wird beschleunigt. Es sind auch intelligente Arbeitsplätze und Werkzeuge denkbar, die Beschäftigte erkennen oder sich selbst auf bestimmte Aufgaben einstellen und zu einer Fehlervermeidung durch eine falsche Einstellung beitragen. Neben der Minimierung von Fehlern bei der Produktion und der Zeitaufwendungen für Informationsbeschaffung kann auch die Arbeitssicherheit durch die Übermittlung prozessspezifischer Sicherheitshinweise erhöht werden. Durch die Verwendung von bereits vorhandenen und kostenoptimierten Consumer-Produkten, wie Tablets oder Smartphones, fallen für Umsetzung nötige finanzielle Investitionen niedrig aus.

Das größte Risiko für den Erfolg von Assistenzsystemen in einem Unternehmen ist die fehlende Akzeptanz von Seiten der Mitarbeiter. Diese fehlt vor allem, wenn das System nicht als Bereicherung erkannt wird und sich der Nutzen nicht erschließt. Gerade bei der Einführung muss auf eine gute Kommunikation mit den Mitarbeitern geachtet werden und ein guter Einstieg in die neue Technologie ermöglicht werden. Die neuen Anforderungen an Beschäftigte und alte Prozessstrukturen sind nicht zu unterschätzen. Der digitale Anpassungsprozess erfordert ein Umdenken in den bisherigen Arbeitsmustern und erhöht meist den Umfang und die Komplexität der Aufgaben. Bei nutzerunfreundlichen Programmen oder Systemen kann schnell ein Motivationsverlust und steigende Frustration bei den Beschäftigten auftreten, die ab einem gewissen Punkt nicht mehr zur qualitativen Arbeit mit diesem System bereit sind. Für eine erfolgreiche Umsetzung von Assistenzsystemen ist schon im Vorfeld Überzeugungsarbeit zu leisten. Außerdem sollte das Feedback der Mitarbeiter in die nachträgliche Optimierung und Anpassung von Systemen einfließen um mögliche Schwachstellen ausbessern zu können und um die Motivation aufrecht zu erhalten. Zusätzlich bedarf es Investitionen in Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen um eine erfolgreiche Umsetzung zu gewährleisten.

Ein zusätzliches Risiko neben der Akzeptanz der Mitarbeiter ist zudem die steigende Abhängigkeit von der IT-Infrastruktur. Störungen und Ausfälle an einzelnen Punkten im System können zu massiven Problemen in der gesamten Lieferkette, sowohl inner- als auch außerbetrieblich, führen. Für diese Fälle müssen zur Schadensminimierung Ersatzstrategien entwickelt werden. Außerdem bedürfen die Systeme eines hohen Betreuungs- und Pflegeaufwandes und müssen regelmäßig auf ihre richtige Funktion überprüft werden.

Bisher wurde in diesem Technologiefeld nur geringer Grad der Umsetzung erreicht. Die mittelständischen Unternehmen erkennen die Vorteile und Potenziale von Assistenzsystemen bisher nicht hinreichend. Bei den zurzeit in der Praxis vorkommenden unterstützenden Softwarelösungen handelt es sich zumeist um reine Expertensysteme. Diesen fehlt es an einfacher mobiler Handhabung um sie für den Mittelstand attraktiv zu machen. Bisher werden Informationen noch primär papierbasiert bereitgestellt und übermittelt. Zusätzlich wird auf Excel-Anwendungen und eigene selbstprogrammierte Inselösungen zurückgegriffen. Wissen wird nur unzureichend weitergegeben und verbleibt bei den ausgebildeten langjährigen Beschäftigten.

Tabelle 11: Elemente Assistenzsysteme

Funktionsbereich	Elemente
Assistenzsysteme	- IT-Tools und Apps (CAX, Engineering-Apps, FMEA-Apps, Audit-Apps, webbasierter Produktkonfigurator, Planungshilfsmittel) - IT-Systeme zur Dokumentation und zum Wissensmanagement (Prozesswissen, Claim-Management, Qualifikationsmanagement) - Elektronische Arbeitsanleitungen (Assistenz beim Picken, Wegeführung, multimodale Montageanleitung, Wartungsanleitung, Qualitätshinweise, Sicherheitshinweise) - Bereitstellung von Auftragsinformationen und Kennzahlen (Status, Störungen, Wartungsbedarfe, Prioritäten, Standort, Lieferterminprognose) - Anpassung an die Beschäftigten (kontextsensitive Informationsbereitstellung, individuelle Arbeitsplatzanpassung) - Bereitstellung von Produktdaten (Historie, F&E-Daten, Nutzungsdaten, Produktspezifikationen) - Kollaboration/Kooperation von Mensch und Maschine, motorische Assistenz - Elektronische Kommunikationsinstrumente zwischen Beschäftigten - Elektronisch gestütztes Lernen (e-Unterweisungen) - Simulationssysteme (Produkt-, Prozess-, Materialflusssimulation)

3.4 Dezentralisierung und Serviceorientierung

Das Feld der Dezentralisierung und Serviceorientierung umfasst erhebliche Veränderungen in der bisherigen Struktur der meisten Unternehmen und profitiert von Innovationen aus den Technologiefeldern Kommunikation, Mensch/Maschine-Schnittstelle und Standards und Normung. Die Idee hinter der Dezentralisierung ist dabei eine eigenständige Optimierung einzelner Unternehmensbereiche und die Einführung einer flexiblen Entscheidungsfindung. Die Führungsebene von Unternehmen legt dabei keine genauen Pläne und Anweisungen sondern nur Zielvorgaben vor, an denen sich einzelne Bereiche

orientieren. Das gesamte Unternehmen kann dabei mit seinen einzelnen Abteilungen in Leistungseinheiten aufgebaut werden. Diese Einheiten können dann ihre Leistung als Service innerhalb des Unternehmens und im Unternehmensnetzwerk anbieten und sind wie ein Dienstleister für andere Abteilungen zu sehen. Dabei muss sich jeder Bereich fragen, welche Leistungen er anderen Abteilungen und Partnern anbieten kann. Diese angebotenen Dienste sind klar definiert und können in ihrem abgeschlossenen Funktionsumfang innerhalb des Netzwerkes von anderen Bereichen genutzt werden.

Eine solche Struktur mit einem besonderen Fokus auf Service bietet vor allem eine hohe Flexibilität. Das Unternehmen ist sehr anpassungsfähig mit Blick auf die Nutzung der zur Verfügung stehenden Ressourcen und kann schnell auf Veränderungen reagieren. Die dezentrale Organisation ermöglicht dabei die zunehmende Komplexität und fördert die Koordination. Eine zentrale Steuerung würde bremsend wirken. Durch eine effizientere Nutzung der vorhandenen Kapazitäten können beispielsweise Stillstände in der Produktion oder Wartezeiten der Beschäftigten durch schnellere Zuweisung neuer Aufträge und Aufgaben reduziert werden. In Verbindung mit einem Netzwerk aus verschiedenen Unternehmen können Produktionsprozesse, die nicht zu den Kernkompetenzen eines Betriebes gehören, an andere Dienstleister abgegeben werden. Mit einer solchen Unternehmensstruktur entstehen auch für potenzielle Kunden interessante Optionen und die Attraktivität des Angebots wird erhöht. So können unter anderem *Pay-per-Use-Modelle*, also Modelle bei denen nicht das Produkt erworben wird, sondern nur für seine Nutzung bezahlt wird, leichter umgesetzt werden. Der Vorteil sind dabei geringere Investitionskosten für die Kunden und die Möglichkeit für Unternehmen, mehr Dienstleistungen und Produkte abzusetzen. Außerdem können sie weitere Dienstleistungen im After-Sales-Bereich, also nach dem eigentlichen Verkauf des Produkts, anbieten und aus den Daten der sich in Benutzung befindenden Produkte lassen sich wertvolle Informationen für die Verbesserung und Entwicklung sammeln.

Die Vorteile einer solchen Umstrukturierung lassen sich allerdings nur durch die Abgabe von Entscheidungsgewalt und Verantwortung verwirklichen und gehen mit einem Kontrollverlust der Unternehmensführung einher. Eingriffe in das Gesamtsystem sind nur schwierig möglich, da es an Übersicht über die Abläufe der einzelnen Prozesse fehlt. Es fehlt mit zunehmender Komplexität an Transparenz. Zudem müssen Regelungen geschaffen werden, wer für Fehler und Störungen innerhalb des Systems die Verantwortung übernimmt. Eine erfolgreiche Umsetzung ist außerdem von der vorhandenen Struktur abhängig. Alle Abteilungen und Bereiche müssen über eine hohe Eigenverantwortlichkeit und über alle notwendigen Daten verfügen, um ihre lokalen Optima zu finden. Wenn nicht alle Informationen verfügbar sind, kann das Gesamtsystem nicht effizient arbeiten und kann sogar durch einzelne Leistungseinheiten behindert werden. Zudem entsteht eine Vielzahl von Schnittstellen. Ihre Standar-

disierung ist für eine reibungslose Zusammenarbeit und Informationsaustausch erforderlich und rechtliche Fragen zu Dateneigentum und Verwendung müssen vor allem bei dem Outsourcing von Dienstleistungen an andere Unternehmen geklärt werden.

Die bisherige Umsetzung der Serviceorientierung befindet sich auf einem niedrigen Niveau. Pay-Per-Use-Modelle sind zwar bekannt, werden jedoch bisher nur in seltenen Fällen auch wirklich umgesetzt. Viele Unternehmen identifizieren sich mit ihrem Produkt und sind noch nicht bereit, ihre primäre Wertschöpfung aus dem Angebot von Services zu ziehen. Außerdem fehlt es in diesem Bereich noch an geeigneten Geschäftsmodellen zur effizienten Umsetzung. After-Sales werden von vielen Unternehmen schon angewendet, beschränken sich aber meist auf einfache Ersatzteillieferungen. Die Kooperation und der Austausch von Bearbeitungsleistungen zwischen Unternehmen sind bereits etabliert. Die Abstimmung erfolgt aber noch über direkten Kontakt und situationsbedingt. Eine elektronische Abwicklung über Kapazitätsmärkte ist noch nicht vorhanden. Die Entwicklung der Standardisierung und Modularisierung schreitet voran, ist für die Erfordernisse in Blick auf Industrie 4.0 aber noch nicht weit genug implementiert. Der Mittelstand hat mit der Entwicklung von Produktbaukästen schon einen wichtigen Schritt im Bereich der Modularisierung gemacht. Vor allem im Bereich der Standardisierung von Abläufen, Daten und Informationen, die für Industrie 4.0 eine wichtige Voraussetzung bilden, ist die Umsetzung noch nicht weit fortgeschritten. Im Mittelstand finden sich häufig flache Hierarchien, die die Dezentralisierung der Prozessverantwortung erleichtern. Diese schreitet auch seit einigen Jahren voran, wobei die eigentliche Planung weiterhin zentral gestaltet wird. Die Informationsübermittlung an Beschäftigte erfolgt zumeist auch noch analog und in der Personalplanung finden sich nur einfache Softwarelösungen.

Tabelle 12: Elemente Dezentralisierung und Serviceorientierung

Funktionsbereich	Elemente
Dezentralisierung und Serviceorientierung	- Anbieten von Ergänzungsleistungen zum Produkt (Zusatzservices, Instandhaltung, Wartungsverträge, Monitoring, Assistenz bei Problemen, Verschleiß- und Verbrauchsmaterial) - Anbieten von Leistungen anstelle von Produkten (Pay-per-Use-Modelle) - Anbieten von Leistungen für Netzwerkpartner (Bearbeitung, Transport- oder Produktkapazitäten) - Nutzen von Services (Instandhaltung, Bearbeitung, bei Transport- oder Kapazitätsengpässen) - Modularisierung/Standardisierung (Produkte, Systeme, Prozesse, Materialien, Informationen) - Flexible Maschinen und Anlagen (selbstkonfigurierende und plug-and-produce-fähige Maschinen, wandlungsfähige Fördertechnik/Produktionssysteme) - Dezentrale Prozessverantwortung (Qualitätsmanagement, Kapazitätenplanung, Selbstbestimmung und lokale Kompetenzen)

3.5 Selbstorganisation und Autonomie

In diesem Funktionsbereich werden Technologien und ihre Anwendungen zusammengefasst, die eine automatische Datenerfassung, Auswertung und Verarbeitung vornehmen. Hierfür werden vor allem Technologien aus den Feldern der Kommunikation, Aktorik und Software/Systemtechnik benötigt. Die Systeme können anschließend an diesen Verarbeitungsprozess selbstständig und autonom reagieren. Hierdurch lässt sich neben einer Selbstkonfiguration und Optimierung zum Teil auch eine vollständige Selbstorganisation von Systemen erreichen. Dies ist auch ein wichtiger Teil von cyber-physischen Systemen, die neben der vollständigen Erfassung, Speicherung und Analyse von Daten auch mit anderen Systemen kommunizieren und mit ihrer Umgebung interagieren können. Für die Ausschöpfung des Potenzials dieser Art von Technologien müssen die Prozesse die entsprechenden Freiheitsgrade aufweisen, damit sich die Anlagen bis zu einem gewissen Grad selbst steuern können. Autonome Systeme können beispielsweise intelligente Behälter sein, die bei Materialentnahme automatische Nachbestellungen tätigen. Auch intelligente Werkträger, die Produktinformationen und Bearbeitungsschritte aufzeichnen, werden zu diesen Systemen hinzugezählt.

Eine Chance von autonomen Systemen liegt in der Reduzierung von unnötigen Prozessen und der Verkürzung der Prozesszeiten. Die Kommunikation zwischen den einzelnen selbstorganisierenden Produktions- und Logistikeinheiten führt zu einer besseren Abstimmung und zu schnelleren Anpassungen auf veränderte Bedarfe. Materialien und Maschinen werden zu den Zeiten angefordert und angesteuert, zu denen sie im Prozessablauf benötigt werden. Dies verkürzt die Durchlaufzeiten durch die Optimierung der Transportwege und die Minimierung von Zwischenbeständen und Wartezeiten. Die autonome Kapazitätenplanung passt sich flexibel an und ermöglicht eine bessere Anpassung der zur Verfügung stehenden Ressourcen an die Auslastungssituation.

Ein weiterer Vorteil ist die Reaktionsgeschwindigkeit autonomer Systeme. Auf unerwartete Störungen kann ein System sofort reagieren und die zur Behebung notwendigen Schritte einleiten. So kann es Fehler an das Wartungspersonal melden und gleichzeitig die nötigen Reparaturmaterialien ordern und gegebenenfalls die Fehlerursache samt Lösung zur Behebung liefern. Für die Kontrolle der Qualität lassen sich Regelkreise installieren, die die Maschinen und Prozesse überwachen. Bei Abweichungen von den vorher festgelegten Parametern kommt es zu einer sofortigen Anpassung, so dass sich alle Werte zu jeder Zeit im zulässigen Bereich befinden und minderwertige Produkte und potenzielle Ausfälle vermindert werden können. Die bessere Abstimmung führt außerdem zu einer Reduzierung des Energiebedarfs. Anlagen werden nur mit Energie versorgt, wenn sie benötigt werden, und können in der Zeit ohne Aufgabe durch Abschaltung oder Ruhemodus die Betriebskosten reduzieren. Zusätzlich können die autonomen Systeme ihre Umgebungseinflüsse optimieren, so dass beispielsweise Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Be-/Entlüftung automatisch optimal reguliert werden. Durch die Möglichkeiten der Modulbauweise lässt sich eine wandlungsfähige Produktionsumgebung realisieren. Durch den

schnellen und unkomplizierten Austausch von Modulen bei fest installierten Anlagen, die durch autonome Systeme versorgt werden, lassen sich ohne großen Aufwand neue Prozesse und Produkte in der Produktion umsetzen. Diese neue Mobilität ermöglicht es, schnell auf neue Einflüsse und Veränderungen zu reagieren. Diese Bauweise lässt sich neben ganzen Anlagen auch auf einzelne Systeme und Geräte anwenden.

All diese Automatismen innerhalb eines Unternehmens führen auch zu einer Veränderung des Kapazitäteneinsatzes in Unternehmen und für Mitarbeiter. Die Tätigkeiten der Beschäftigten verschieben sich hin zum Setzen von Parameter im System, ihrer Nachkontrolle und in besonderen Fällen wie Störungen zu einem aktiven Eingriff. Diese Veränderung des Aufgabenbereiches erhöht die Komplexität und damit die Anforderungen an die Mitarbeiter. Dies kann neben der Chance auf eine Steigerung der Motivation durch abwechslungsreichere und interessantere Tätigkeiten auch zu einer Überforderung führen. Um der Bewältigung der Komplexität entgegen zu wirken und den Bedarf an Fachkräften kompensieren zu können, müssen rechtzeitig Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen entwickelt und umgesetzt werden.

Das wichtige Feld der Betriebssicherheit, insbesondere der Sicherheit der Beschäftigten, ermöglicht noch keine vollständige Umsetzung autonomer und selbstorganisierender Systeme. Der derzeitige technische Entwicklungsstand lässt noch kein gefahrloses Zusammenarbeiten von Menschen und automatischen Fertigungsanlagen zu. Die Infrastruktur und die Schnittstellen zwischen Maschinen und Personal müssen zunächst sicherer gestaltet werden und etwaige gefährdende Fehlfunktionen müssen ausgeschlossen werden können. Erst dann kann eine rechtliche Grundlage für die Nutzung autonomer Systeme geschaffen werden. Zusätzlich zu diesen Sicherheitsrisiken sind die nötigen Investitionskosten für die Anschaffung und Einrichtung komplexer Systems sehr hoch. Der Betrieb ist ebenfalls mit hohen Folgekosten für Pflege und Wartung verbunden. Außerdem sind die Verfügbarkeit solcher Systeme und Praxiserfahrungen aufgrund des relativ frühen Entwicklungsstadiums sehr begrenzt.

Der Umsetzungsstand ist folglich auf einem geringen Niveau. Die Anwendungen sind bislang nur sehr begrenzt für mittelständische Unternehmen nutzbar. Der geringe technische Reifegrad und die hohen Investitionskosten machen eine mögliche Umsetzung noch nicht attraktiv genug. Es besteht ein hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf um das Potenzial dieses Technologiefelds zu entfalten.

Tabelle 13: Elemente Selbstorganisation und Autonomie

Funktionsbereich	Elemente
Selbstorganisation und Autonomie	- Qualitätsregelkreise (Inprozesskontrollen und Regelung der Bearbeitungsqualität, Nutzen von Produktions- und Nutzungsdaten zur Prozess und Produktverbesserung) - Versorgungskreise (Steuerung von Nachschub und Verbrauchsmaterial, Behältermanagement, automatische Beschaffung) - Produktionsplanung und -steuerung (Terminplanung, Auftragsfreigabe, Reihenfolgenbildung) - Autonome Kapazitäts- und Ressourcenplanung (Logistikanlagen, Fördermittel, Maschinen, Beschäftigte) - Prozesssteuerung (Produkt steuert Bearbeitungs- und Transportprozesse) - Proaktiver Service (Planung der Servicere Ressourcen)

4. Funktionsbereiche in der Krankenhausumgebung

Nach der allgemeinen Darstellung von Funktionsbereichen in Unternehmen werden im folgenden Kapitel die Anwendungsmöglichkeiten im Krankenhausumfeld als Produktionsumgebung der Gesundheitsversorgung und Anwendungsfeld von Medizintechnik skizziert. Hierzu zählen neben der eigentlichen Klinik deshalb auch medizintechnische Hersteller und Zulieferer sowie Dienstleister. Eine genaue Betrachtung einer Umsetzung im Rahmen von Krankenhaus 4.0 folgt in Kapitel 6.

4.1 Datenerfassung und Verarbeitung

Die Datenerfassung und Verarbeitung ist in der Medizintechnik vor allem in der Datenanalyse und Optimierung anwendbar. Klinische Big Data-Analysen sind dabei ein neues Werkzeug für die Verbesserung von Prozessen. Es werden bereits viele Informationen aus Behandlungen und Gerätenutzungen quantitativ erfasst. Bei Behandlungen wird so beispielsweise die Untersuchung des Patienten dokumentiert, einzelne Untersuchungsschritte und Ergebnisse werden archiviert und routinemäßig erfasste Daten werden aufgenommen. Die qualitative Auswertung fehlt in den meisten Fällen allerdings noch. Für eine effiziente Analyse müssen die Einzeldaten gezielt zusammengeführt, analysiert und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Prozesse können so optimiert werden, indem beispielsweise zeit- und kostenintensive Behandlungsschritte minimiert und Abläufe effizienter gestaltet werden. Neben der Verarbeitung werden auch neue Methoden für elektronische Dokumentation entwickelt. Die zusätzlich generierten Informationen erhöhen die verfügbare Datengrundlage für Big Data-Analysen. Die Menge der Daten nimmt im Gesundheitswesen immer weiter zu. Neben der Prozessoptimierung können die Informationen auch für medizinische Entscheidungen herangezogen werden. Damit die Informationen auch von Klinik und Patienten genutzt werden können, müssen sie in geeigneter Form

aufbereitet und zugänglich gemacht werden. Daten bilden so die Basis für Clinical oder auch Medical Decision Support Systeme (CDSS bzw. MDSS), also Systeme die bei der Entscheidungsfindung helfen. Diese Systeme können patientenspezifische Empfehlungen für eine Behandlung aussprechen. Die Empfehlung basiert dabei meistens auf vorher bestimmten Richtlinien. Neuere Systeme erlauben auch einen eigenen Lernprozess, wodurch Empfehlungen durch bisherige Erfahrungswerte beeinflusst werden und das System aus Fehldiagnosen oder nicht erfolgreichen Therapien lernt. Diese Empfehlungen steigern die Autonomie des Patienten und sichern den behandelnden Arzt zusätzlich ab.

Tabelle 14: Datenerfassung und Verarbeitung in der Krankenhausumgebung

Funktionsbereich	Geräte-/Medizintechnik
Datenerfassung und Verarbeitung	- Datenanalyse und Prozessoptimierung Geräteeinsatz - Clinical Big Data - Decision Support Systeme - Qualitätsmanagement

4.2 Vernetzung und Integration

Die Idee dieses Funktionsbereichs wird im medizinischen Bereich vor allem mit der Vernetzung von medizinischen Systemen und der Verknüpfung von Bildgebungsmodalitäten umgesetzt. Im Krankenhaus und besonders in den Operationssälen befindet sich eine Vielzahl verschiedener hochmoderner Geräte, wie beispielsweise elektronische Schneidgeräte, Operationsmikroskope, Röntgengeräte und 3D-Navigations- und Endoskopiegeräte. Das Personal ist stark in die Überwachung und Bedienung der Maschinen eingebunden und die erforderlichen Kompetenzen steigen zunehmend. Durch Vernetzung dieser Geräte ist eine gegenseitige Überwachung und Wechselwirkung möglich. Vor allem bei der Integration von Instrumenten und Geräten verschiedener Hersteller entstehen bisher häufig Probleme fehlender Schnittstellen und mangelnder Standardisierung. Die Vernetzung der Systeme ermöglicht die Steuerung verschiedener Geräte über dieselben Bedienelemente. So kann der operierende Arzt verschiedene Instrumente und Navigationssysteme über das gleiche User-Interface steuern. Dieses Interface sollte dabei möglichst intuitiv gesteuert werden können. Dies führt durch leichtere Bedienbarkeit und Arbeitserleichterung zu einer höheren Arbeitseffektivität und Sicherheit der Eingriffe.

Tabelle 15: Vernetzung und Integration in der Krankenhausumgebung

Funktionsbereich	Geräte-/Medizintechnik
Vernetzung und Integration	- Vernetzung medizinischer Systeme - Vernetzung mit anderen Unternehmen - Verknüpfung von Bildgebungsmodalitäten - Cloud-Systeme - Datenaustausch

4.3 Assistenzsysteme

Assistenzsysteme dienen in einem Krankenhaus der Unterstützung des Personals. In der Medizintechnik finden vor allem zwei verschiedene Arten Anwendung, die regelbasierten Assistenzsysteme und die theragnostischen Systeme. Regelbasierte Assistenzsysteme erlauben in bestimmten Situationen die Teilautomatisierung von Prozessen. Chirurgische Instrumente können sich beispielsweise während einer Operation auf neue Gegebenheiten einstellen, ohne dass diese Änderung manuell eingegeben werden muss. Diese Einstellungen basieren auf vorher festgelegten Regeln und Befehlen. Bei einem eintretenden Fall reagiert das Gerät mit den festgelegten Aktionen. Denkbar ist auch eine Software zur patientenzentrierten Datenbereitstellung. Diese unterstützt den Arzt mit aktuellen relevanten Informationen zu einem Patienten oder leitet durch komplizierte Operationen durch Handlungsempfehlungen. So sind unter anderem auch bildgeführte Interventionen möglich.

Theragnostische Systeme ermöglichen neben einer Diagnose eine Therapieempfehlung und auch Anwendung. Diese Systeme handeln eigenständig im Rahmen der vorher festgelegten Bedingungen. Ihnen ist es beispielsweise möglich, Patienten kontinuierlich zu Überwachen und bei Veränderung der Werte entsprechende Gegenmaßnahmen einzuleiten. Bei der Überwachung der Lungenfunktion eines Patienten kann das System die eigenen Parameter anpassen um die Atmung optimal zu unterstützen und kann von einer passiven Unterstützung gegebenenfalls in eine aktive Beatmung wechseln. Dies führt außerdem zu einer höheren Standardisierung der Abläufe, wodurch besonders unerfahrenes Personal unterstützt werden kann.

Tabelle 16: Assistenzsysteme in der Krankenhausumgebung

Funktionsbereich	Geräte-/Medizintechnik
Assistenzsysteme	- Patientenzentrierte Datenbereitstellung - Assist-Systeme und theragnostische Systeme - PLM-App - IT-Systeme zur Dokumentation und Wissensmanagement - Elektronische Arbeitsanleitungen - Simulationssysteme

4.4 Dezentralisierung und Serviceorientierung

Durch Innovationen in diesem Bereich entstehen viele Chancen für die Medizintechnik und Krankenhäuser. Dezentralisierung ermöglicht eine effizientere interne Erledigung von Aufgaben, eine schnellere Entscheidungsfindung und bessere Reaktionszeiten auf neue Situationen. Zusätzlich können Service-Apps auch die Behandlung von Patienten dezentralisieren und für Entlastung sorgen. Neben der Steigerung der Arbeitseffizienz durch Dezentralisierung verschafft eine stärkere Serviceorientierung sowohl den Herstellern von medizinischen Geräten als auch den Krankenhäusern neue Chancen und

Möglichkeiten. Der zunehmende Fokus auf Service lässt neue Geschäftsmodelle und Abrechnungskonzepte zu. Modelle wie Pay-per-Use lassen die Investitionshürden sinken, wodurch sich Krankenhäuser trotz niedrigen Budgets modernisieren und die herstellenden Firmen neue Kunden gewinnen können. Eine nähere Betrachtung von möglichen Geschäftsmodellen erfolgt im Kapitel 7.

Tabelle 17: Dezentralisierung und Serviceorientierung in der Krankenhausumgebung

Funktionsbereich	Geräte-/Medizintechnik
Dezentralisierung und Serviceorientierung	- Neue Geschäfts-/Abrechnungsmodelle - Service-Apps (SOA) - Gerätevernetzung, Plug&Play - Dezentrale Prozessverantwortung

4.5 Selbstorganisation und Autonomie

Durch Funktionen aus dem Bereich der Selbstorganisation und Autonomie ist es unter anderem möglich, die Intralogistik innerhalb einer Klinik zu optimieren. Durch die Ausstattung mit autonomen Systemen können Logistikprozesse effizienter gestaltet werden und unnötige Wege werden vermieden. Dies führt auch zu einer besseren Verfügbarkeit benötigter Materialien und Proben gelangen schneller in die untersuchenden Labore. Neben intralogistischen Lösungen besteht auch die Möglichkeit der Optimierung der gesamten Supply-Chain vom Hersteller bis ins Krankenhaus und zu dem Patienten. Autonome Systeme bestellen beispielsweise selbstständig neue Verbrauchsgüter bei Bedarf oder niedrigen Lagerbeständen von den entsprechenden Unternehmen. Selbstorganisierte Qualitätsregelkreise in der Patientenversorgung sind ebenfalls möglich. Die Versorgung wird hier ständig überprüft und verbessert.

Zusätzlich gibt es eine starke Verbindung zu dem Funktionsbereich der Assistenzsysteme. Diese unterstützen die Prozesse im Krankenhaus durch zunehmende Autonomie und Selbstorganisation weiter. Hierzu zählen unter anderem teilautomatisierte Systeme bei Operationen.

Tabelle 18: Selbstorganisation in der Krankenhausumgebung

Funktionsbereich	Geräte-/Medizintechnik
Selbstorganisation und Autonomie	- Supply-Chain-Management Hersteller-Klinik - Intralogistik Klinik mit autonomen Systemen - Qualitätsregelkreise Patientenversorgung - Produktionsplanung und Steuerung - Versorgungskreise, Steuerung Materialflüsse

5. Nutzendarstellung Industrie 4.0

Der aus der Anwendung der Innovationen und Ideen von Industrie 4.0 entstehende Nutzen zeigt sich auf unterschiedlichste Weise. Die Optimierungen und Umstellungen, die in den einzelnen Funktionsbereichen vorgenommen werden, und die Anwendung neuer Technologien generieren häufig sofortige Mehrwerte, die dem gesamten Unternehmen und unter Umständen auch den Partnern zugutekommen. Die Vorteile sind dabei nicht auf Unternehmensbereiche beschränkt. Im folgenden Kapitel wird zwischen zwei Nutzenbereichen unterschieden, dem internen und externen Nutzen.

5.1 Interner Nutzen

Ein interner Nutzen wird durch die Optimierung der Prozesse innerhalb eines Unternehmens erzielt. Die Produktion wird beispielsweise mit neuen Geräten ergänzt und Abläufe werden verbessert. Der primäre Mehrwert entsteht hier durch eine Reduktion der Produktions- und Betriebskosten bzw. Prozesse und durch erhöhte Arbeitseffizienz. Externe Unternehmen und Personen profitieren nur mittelbar von solchen Verbesserungen. Die gesunkenen Kosten können auf die Preise übertragen werden und schnellere Bearbeitungszeiten wirken sich positiv auf Warte- und Lieferzeiten aus. Die Verbesserung der eigenen Leistungsfähigkeit ist wichtig für die Konkurrenzfähigkeit auf dem Markt. Gleiches gilt für Krankenhäuser, die auch wirtschaftlich arbeiten müssen und im Wettbewerb zu anderen Kliniken stehen.

Ein Primärnutzen ist die **Datenverfügbarkeit**. Diese Verfügbarkeit ist die Grundlage und nahezu alle Nutzen können ohne zusätzliche Daten nicht erschlossen werden. Damit ist neben dem erleichterten Datenzugriff durch Cloud-Systeme oder mobile Geräte auch eine größere Datenmenge gemeint. Durch Sensoren werden beispielsweise mehr Informationen erfasst. Die entstehenden Mehrwerte sind dabei sehr unterschiedlich. Durch eine größere Menge an Informationen über Produkte, Geräte und Prozesse und ihrer Analyse lassen diese sich optimieren. Dadurch kann unter anderem die Produktion effizienter laufen und Kosten können beispielsweise durch angepassten Personaleinsatz gesenkt werden. Außerdem werden die Planungsmöglichkeiten verbessert, indem die Daten über Durchlaufzeiten, Lagerbestände und Lieferwege gespeichert werden.

In einem Krankenhaus ist diese Betrachtung z.B. der Logistik ebenfalls wichtig. Durch viele Lieferungen und Transporte von Proben, Instrumenten, Materialien und Patienten besteht auch hier ein großes Einsparungspotenzial. Auch alle anderen Prozesse können wie auch in anderen Unternehmen optimiert werden. Die Analyse der Produktdaten über den gesamten Lebenszyklus kann wie auch die Produktionsdaten zu einer höheren Qualität der Erzeugnisse führen. Die Medizintechnikhersteller können den Betrieb ihrer Geräte über den Zeitraum ihrer Nutzung im Krankenhaus und bei anderen Ärzten beobachten und Erfahrungen sammeln, die zukünftigen Produkten zugutekommen.

Ein weiterer Nutzen im Kontext Verfügbarkeit der Daten ist der **erleichterte Zugriff auf die Informationen** und die dadurch gesteigerte Arbeitseffizienz. Durch die Verwendung von Cloud-Systemen können alle Informationen einheitlich gespeichert werden. Dies fördert unter anderem die Aktualität und Zuverlässigkeit der Daten. Doppelspeicherungen und Datenverlust werden vermieden. Für das Personal ergibt sich eine Zeitersparnis für die Informationsbeschaffung, da die Suche auf eine Datenbank beschränkt ist. Die zentrale Speicherung der Daten erlaubt außerdem einen dezentralen Zugriff. Mitarbeiter können mithilfe von mobilen Endgeräten auf den digitalen Speicher zugreifen. Dadurch sind Informationen schneller verfügbar. Bei gewährleisteter Sicherheit der Informationen ist auch ein mobiler Zugriff auf die Cloud von außerhalb des Krankenhauses denkbar, wodurch Ärzte beispielsweise von zuhause Diagnosen erstellen könnten und sie in der Gestaltung ihrer Arbeitszeit freier wären.

Die Steigerung der Effizienz von Prozessen ist neben der Umstrukturierung und Anpassung aufgrund der Analyse von Daten auch mithilfe von Assistenzsystemen erreichbar. Der primäre Nutzen ist hier die Erhöhung der **Arbeitseffizienz**. Die Assistenz durch verschiedene Systeme kann beispielsweise Operationen oder auch andere Prozesse beschleunigen. Durch diese **Zeitersparnis** und auch durch die Hilfe bei der Überwachung und Stabilisierung von Patienten werden die verfügbaren Kapazitäten eines Krankenhauses entlastet. Auch autonome und selbstorganisierte Geräte können die Strukturen entlasten und eine höhere Arbeitseffizienz ermöglichen.

Durch Assistenzsysteme kann außerdem die **Qualität von Produkten und Prozessen** gleichermaßen verbessert werden. Durch Hilfestellung und Übernahme von Aufgaben durch Geräte können Fehler reduziert werden. Komplizierte Eingriffe werden durch verschiedene Systeme unterstützt und leiten den Operator beispielsweise durch die Operation. Bei Entscheidungen und der Überwachung von Patienten wird der Risikofaktor Mensch minimiert. Neben den reinen Assistenzsystemen können auch autonome Systeme zu einer Qualitätssicherung beitragen. Die Automatisierung bestimmter Prozesse kann beispielsweise Bearbeitungsfehler vermeiden. Bei einer gewissen Intelligenz der Systeme kann auch eine Lernfähigkeit implementiert werden, wodurch aus Erfahrungen gelernt wird und ineffiziente Schritte und Fehler vermieden bzw. optimiert werden können. Außerdem kann die **Qualität der Ausbildung** neuen Personals gehalten und gegebenenfalls verbessert werden. Durch die verbesserte Zugriffsmöglichkeit auf Informationen ist Wissen leichter verfügbar. Zusätzlich können Eingriffe und Behandlungen durch Assistenzsysteme schneller im aktiven Klinikalltag erlernt werden.

5.2 Externer Nutzen

Der externe Nutzen entsteht im Gegensatz zu dem internen Nutzen nicht direkt innerhalb eines Unternehmens durch Kosteneinsparungen und Effizienzsteigerung, sondern durch externe Nutzen-/Ertragserweiterungen. Durch die Anwendung der Innovationen und Ideen von Industrie 4.0 lässt sich die

Konkurrenzfähigkeit auf dem bisherigen Markt verstärken und auch neue Märkte erschließen. Die Entwicklung zu einem größeren **Serviceangebot** erfordert die Anpassung bzw. Erweiterung des eigenen Geschäftsmodells. Nur so kann ein Unternehmen den größtmöglichen Mehrwert aus der Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 ziehen. Mögliche anwendbare Modelle werden in Kapitel 7 näher erläutert.

Aus der Vernetzung über die Unternehmensgrenzen hinweg mit anderen Partnern kann ein Mehrwert für alle Beteiligten entstehen. Fokussierung auf die eigenen Kernkompetenzen und die Ausgliederung von Prozessen bietet **Spezialisierungsvorteile**. Der Nutzen daraus ist, dass jeder Beteiligte sich auf die Bereiche konzentriert, in denen er wirklich gut ist und so zum einen neue Kapazitäten frei werden und zum anderen die eigenen verbleibenden Prozesse an Qualität gewinnen können. Durch eine funktionierende Integration über die gesamte Lieferkette hinweg ist auch ein **leichterer Ausgleich von Bedarfsschwankungen** möglich. Voraussetzung ist dabei eine funktionierende Kommunikation und die Verfügbarkeit der notwendigen Daten. Die Dezentralisierung der Entscheidungsprozesse unterstützt das Outsourcing von Aufgaben noch weiter.

Die Vernetzung entwickelt sich aber nicht nur in Richtung anderer Unternehmen, sondern auch zum Kunden hin. Diese stärkere Verbindung lässt kundengerechtere Produktentwicklung zu. Es kann stärker auf die Bedürfnisse und Wünsche eingegangen werden. So sind unter anderem individualisierte Lösungen realisierbar. Neben der **Gewinnung neuer Kunden** durch solche Möglichkeiten kann auch eine **stärkere Bindung** des Kunden an das eigene Unternehmen entstehen. Die Abnehmer sind mit dem individuell auf sie zugeschnittenen Produkt zufriedener. Neben der eigentlichen Produktentwicklung ist die Nähe zum Kunden auch für das **Erkennen neuer Markttrends** von Vorteil. Durch die Zusammenarbeit ist ein besserer Einblick in den Markt und seine Entwicklungen möglich. Medizintechnikunternehmen können ihre Produkte individuell auf die Bedürfnisse der Krankenhäuser zuschneiden und so die bessere Integration in die klinischen Prozesse gewährleisten. Zusammenarbeit existiert schon lange, wird aber durch zunehmende Vernetzung verstärkt.

Durch neue Techniken wie die Fernüberwachung von Geräten und Maschinen mithilfe verschiedener Sensoren entsteht ebenfalls ein Nutzen für Anwender. Dieser besteht unter anderem in der Eröffnung neuer Möglichkeiten im Bereich des Services. Neue Überwachungs- und Instandhaltungsmöglichkeiten ermöglichen **neue Serviceangebote** und auch neue **Abrechnungsmodelle**. Geschäftsmodelle wie *Pay per Use*, die in Kapitel 7 näher betrachtet werden, sind erst mit diesem Fortschritt umsetzbar. Die neuen Leistungen können zusätzlich zu den bisherigen Produkten in das Angebot mit aufgenommen werden und auch mit diesen gekoppelt werden. Bei einem Verkauf eines Gerätes kann der Instandhaltungs- und Wartungsservice und die nötigen Produktschulungen mit angeboten werden. Daraus entsteht der Verkauf einer zusätzlichen Leistung. Außerdem erhöhen langfristige Instandhaltungsverträge die **Kundenbindung** an das eigene Unternehmen.

6. Krankenhaus 4.0

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit der Umsetzung der bisher untersuchten Aspekte von Industrie 4.0 im Krankenhausumfeld. Zu diesem Zweck wurden vier primäre Fokusthemen identifiziert, die für eine Umsetzung in diesem Bereich essentiell sind und eigene Anwendungsgebiete mit den damit verbundenen speziellen Anforderungen verkörpern. In Zusammenhang mit diesen Themen werden die jeweils wichtigsten Funktionsbereiche und Technologien mit ihrer Anwendung in der Praxis näher erläutert.

6.1 Hospital IT 4.0

Hospital IT 4.0 steht für die Vision einer modernen, auf die Bedürfnisse des Patienten abgestimmten Gesundheitsversorgung, in der verteilte Krankenhausinformationssysteme, Medizingeräte, Anlagen und Anwendungen durch Vernetzung und strukturierten Datenaustausch direkt mit den Anwendern wertschöpfend interagieren. Der Begriff Hospital IT 4.0 bezeichnet die digitale Informations- und Datenverarbeitung im Krankenhaus auf Basis dafür bereitgestellter digitaler Dienste und Funktionen, die eine dahinterliegende IT-Infrastruktur aus vernetzten klinischen Informationssystemen virtuell oder über Netzwerke bereitstellt.

Eine moderne IT-Infrastruktur im Krankenhaus 4.0 kann dahingehend ausgelegt sein, die anfallenden großen Datenmengen („Big Data“) aus vernetzten Patientendaten-Managementsystemen zu sammeln und zu analysieren. Die Analysen und Vergleiche der Patientendaten sollen bei der diagnostischen und therapeutischen Entscheidungsfindung unterstützen und damit den individuellen Heilungsverlauf begünstigen. Dem Anwender werden selektiert die Patientendaten zur Verfügung gestellt, die er zur Ausführung seiner ärztlichen oder pflegerischen Aufgaben benötigt. Auch sollen die Applikationen die Fachkraft unterstützen, leitliniengerecht die Behandlung am Patienten auszuführen und zu dokumentieren.

Hospital IT 4.0 stellt der medizinischen Fachkraft am „Point-of-Care“ auch außerhalb des Krankenhauses Anwendungen auf mobilen Endgeräten zur Verfügung. Die mobilen Anwendungen befähigen die Fachkraft auf Patientendaten zur jeder Zeit und unabhängig vom Ort zurückgreifen zu können. Häufig sind Daten eines Patienten in separaten elektronischen Patientenakten unterschiedlicher Versorgungsorganisationen abgelegt. Um ein Kontinuum der individuellen Patientenversorgung zu erreichen ist es daher unabdingbar, dass der intra- und intersektorale Datenaustausch nach standardisierten Profilen abläuft und Inhalte der Dokumente in einheitlichen Terminologien vermittelt und dargestellt werden. Da es sich um sensible Patientendaten handelt, muss der Zugriff auf die Datenquellen klar geregelt sein und den rechtlichen Datensicherheitsanforderungen entsprechen.

6.1.1 Cloud IT

Cloud-Dienste können in drei Kategorien eingeteilt werden. Zunächst das „Infrastructure as a Service“ Modell, kurz IaaS. Mit diesem Service können sich Kunden selbst virtualisierte Computerhardware passend zu ihrem aktuellen Bedarf an Ressourcen wie Speicher und Rechenleistung zusammenstellen und auf dieser dann selbstverantwortlich arbeiten. Dieses Mieten von Rechnerinfrastruktur hat gegenüber dem direkten Kauf einige Vorteile. Die mit der Anschaffung verbundenen Kosten und Aufwände werden vermieden, seltene Nutzung wird bezahlbar, Bedarfsschwankungen, sowohl kurzfristige wie Belastungsspitzen, als auch langfristiges Wachstum können abgefangen werden und durch die nötige Virtualisierungstechnologie weitere Möglichkeiten wie Softwaretests auf unterschiedlichen Plattformen werden erleichtert. Möchte ein Kunde Software entwickeln, kann er die dafür benötigten Plattformen wie Laufzeit- und Entwicklungsumgebung ebenfalls ohne die Anschaffung der benötigten Hard- und Software über die Cloud beziehen (Platform as a Service, kurz PaaS). Aber Software kann nicht nur entwickelt, sondern auch als Cloud-Dienst angeboten werden. Beim „Software as a Service“ Modell betreibt ein externer IT-Dienstleister die Software und die dafür nötige Infrastruktur und der Kunde nutzt diese als Dienstleistung. Hier ist ebenfalls die Kostenersparnis ein bedeutender Vorteil, da Wartung und Aktualisierung an den Dienstleister ausgelagert sind und der Kunde sich auf sein Kerngeschäft konzentrieren kann. Wie bei jeder Auslagerung begibt sich der Nutzer dieser Services damit in Abhängigkeit zum Anbieter und nimmt einen Grad an Kontrollverlust in Kauf. Daher muss sorgfältig geprüft werden, welche Dienste über die Cloud bezogen werden sollen.

Außerdem gibt es verschiedene Arten einer Cloud. Neben den genannten Service-Modellen gibt es auch verschiedene Liefermodelle. Die beiden Hauptkonzepte sind die Public Cloud, in der einer breiten Öffentlichkeit über das Internet abstrahierte IT-Dienste angeboten werden. Am anderen Ende steht die Private Cloud, die nur einer begrenzten Gruppe Zugang ermöglicht und deren Hardware sich innerhalb („on premises“) des jeweiligen Unternehmens befindet. Dazwischen gibt es verschiedene Kombinations- bzw. Misch-Modelle. Hier sind u.a. die Hybrid-Cloud zu erwähnen, die auf den Nutzer zugeschnittenen kombinierten Zugang sowohl zu Public als auch Private Cloud Diensten bietet und die Virtual Private Cloud, die öffentliche IT-Infrastruktur nutzt, aber durch geeignete Sicherheitsmaßnahmen wie VPN einen „privaten Bereich“ ermöglicht.

Aus diesem Katalog an Möglichkeiten bieten sich nicht nur für die Industrie, sondern auch in Krankenhäusern viele Einsatzmöglichkeiten. Neben den erwähnten Vorteilen der Einsparungen von Kosten und Einrichtungsaufwand durch Auslagerung kann die Cloud bzw. Cloud-Dienste dazu genutzt werden, große anfallende Datenmengen, die mit klassischen Methoden kaum zu analysieren sind (Big Data) strukturiert auszuwerten. Die so neu gewonnen Erkenntnisse fließen wieder direkt in die eigene Wertschöpfungskette. Die Nutzung dieser Massendaten kann zusätzlich dazu verwendet werden, die eigene

Produktion bzw. im Falle eines Krankenhauses die eigene Logistik und weitere Abläufe mit Partnern wie Zulieferern abzustimmen und frühzeitig auf Veränderungen wie Lieferengpässe zu reagieren.

In der Industrie, aber im Besonderen auch im Gesundheitsbereich, muss die Sicherheit der Daten gewährleistet sein. Gerade bei der Nutzung von Public Cloud Diensten ist es oft schwer nachvollziehbar, wo genau die jeweiligen Daten gespeichert werden und wer dort Zugriff besitzt bzw. erlangen könnte. Neben Verschlüsselungsmaßnahmen, die verhindern sollen, dass Daten während der Übertragung eingesehen werden können, ist eine besondere Herausforderung für die Sicherheit, dass der Anbieter der genutzten Cloud-Dienste bzw. der genutzten IT-Infrastruktur grundsätzlich Zugang zu den Daten hat. Die Sealed Cloud (versiegelte Wolke) ermöglicht es durch eine Reihe an organisatorischen und technischen Maßnahmen, dass während der Übermittlung, Verarbeitung und Speicherung von Daten selbst der Betreiber der Infrastruktur keinen Zugriff auf die Daten hat. Diese Technologie wurde u.a. im Zuge des Trusted Cloud Programm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie weiterentwickelt. Teil dieses Programms ist auch die „HealthCloud“, die dazu dienen soll, medizinische Rohdaten datenschutzgerecht für Fragestellungen aus Forschung, Entwicklung und Gesundheitsökonomie auszuwerten. Mögliche Anwendungen sind die Auswertung aus anonymisierten Patientendaten, Wirtschaftlichkeitsprüfungen medizinischer Behandlungen und frühzeitige Erkennung von Nebenwirkungen neu eingeführter Medikamente durch automatisierte Verfahren. Diese Services können über eine öffentliche, aber auch über eine private Cloud bereitgestellt werden. Auch über eine interne, durch die eigene Firewall geschützte private Cloud ergeben sich viele weitere Anwendungsmöglichkeiten für Krankenhäuser, wie das Verwalten und die Analyse sowohl medizinischer Daten aus Medical Apps, aber auch logistisch relevanter Daten, wie der Raumauslastung und Materialverbrauch durch den Einsatz von IoT-Technologie, über die sogenannte „smart devices“ selbstständig Daten über Gateways an Cloud-Dienste weitergeben können. Auch im Gesundheitswesen spielt „Big Data“ eine Rolle. Neben der erwähnten Nutzung der anonymisierten Daten als Grundlage zur Forschung und Entwicklung können die von einem Patienten anfallenden Daten aus der elektronischen Patientenakte genutzt werden, die Behandlung auf eine personalisierte medizinische Versorgung auszurichten.

Cloud IT im Krankenhaus bietet viele Möglichkeiten, die Digitalisierung und Vernetzung voranzubringen und ganz neue Anwendungen umzusetzen. Dabei ist es jedoch besonders wichtig zu entscheiden, welche Dienste intern über eine sicherere private Cloud bereitgestellt oder über die Public Cloud bezogen werden sollen und wie man diese Systeme miteinander verbindet.

6.1.2 Mobile Anwendungen

Die Digitalisierung und der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) im Gesundheitswesen, oft als eHealth bezeichnet, umfasst die Bereiche der Vorbeugung, Diagnose, Therapie, Überwachung und auch der Verwaltung. Dabei werden zunehmend auch mobile Endgeräte wie

Smartphones und Tablets eingesetzt, um IT-Applikationen am „Point of Care“, also direkt am Patienten, nutzen zu können. Aber auch in den nicht medizinischen Bereichen wie der Logistik und Instandhaltung finden Anwendungen auf mobilen Geräten Verwendung.

Mobile Geräte wie Smartphones und Tablets, die nicht als Medizingeräte entwickelt wurden, können durch die Verwendung von sogenannten Medical Apps trotzdem als solche fungieren. Dies kann der Darstellung von Röntgenaufnahmen am Krankenbett, der direkten Nachbestellungen von Medikamenten oder aber auch der Unterstützung von medizinischen Entscheidungen durch je nach Anwender festgelegten und sicheren Zugriff auf weitreichende Daten dienen. Da die mobilen Geräte selbst nur Zugriff auf diese Daten benötigen und sie nicht selbst speichern und verwalten können, bieten sich Cloud-Plattformen zur zentralen Verwaltung der Datenmengen an. Auch die Medical Apps selbst können als Cloud-Dienste dem Anwender zur Verfügung gestellt werden.

Der Bereich der mobilen Anwendungen im Gesundheitswesen, inzwischen auch mit mHealth für „Mobile Health“ bezeichnet, kann in mehrere Einsatzgebiete bzgl. der Anwendergruppen unterteilt werden. So bezeichnet der „Bürgerbereich“ Anwendungen ohne direkten medizinischen Zweck, die freiwillig verwendet werden können und der Wellness und Fitness dienen, wie Laufcomputer oder Ernährungs-Apps. Erfüllen die Anwendungen einen medizinischen Zweck, müssen Qualitäts- und Sicherheitsstandards erfüllt werden. Anwender hier sind Patienten mit akuten oder chronischen Erkrankungen, die mit Hilfe der mobilen und tragbaren Geräte z.B. Vitalparameter wie Herzfrequenz und Blutzucker aufzeichnen oder auch direkt weiterleiten im Rahmen eines „Remote Monitoring“, also der medizinischen Überwachung aus der Ferne. Abgesehen von den so aufgezeichneten Daten kann das medizinische Fachpersonal ebenfalls von mobilen Anwendungen profitieren. Stehen ein Krankenhausinformationssystem (KIS) und/oder eine elektronische Patientenakte (EPA) zur Verfügung, kann diese vom jeweiligen Endgerät abgerufen oder auch bearbeitet werden. So wird vermieden, dass Patientenakten in bestimmten Situationen nicht zugänglich sind und Lücken durch fehlende Dokumentation oder wechselnde Einrichtungen entstehen. Hierdurch kann der Behandlungspfad besser dokumentiert und organisiert und das Krankenhaus bzw. Praxis-Management unterstützt werden.

Ein Vorteil vieler mobiler medizinischer Anwendungen ist es, auf schon bestehende Technologien wie das mobile Internet zurückgreifen zu können, wodurch die Einführungskosten gesenkt und trotzdem eine Verbesserung der Arbeitsabläufe und der Patientenversorgung erreicht werden kann. Doch nutzt man schon vorhandene Technologien, muss genau geprüft werden, ob diese den besonderen Anforderungen im medizinischen Kontext an funktioneller Sicherheit und Datenschutz genügen. Denn der Schutz der medizinischen und personenbezogenen Informationen ist eine der Hauptherausforderungen bei der Einführung von mHealth-Anwendungen. Nicht nur aus technischer Sicht, sondern auch als vertrauensbildende Maßnahme gegenüber den Patienten, die oft nicht nachvollziehen können, wo

ihre Daten wirklich gespeichert werden und wer wann Zugriff auf sie hat. Hilfreich wären Zertifizierungen und Qualitätssiegel. Hier gibt es schon einige Ansätze wie das European Directory of Health Apps, welches über 200 von europäischen Patientengruppen empfohlenen mHealth-Anwendungen auflistet. Zum Thema mHealth veröffentlichte zudem die Europäische Kommission ein Grünbuch über Mobile-Health-Dienste, in dem der aktuelle rechtliche Rahmen, Potentiale und nächste Schritte behandelt werden.

Durch mobile Anwendungen und die Verwendung von Medical Apps werden Patienten besser in den Behandlungsprozess mit einbezogen und haben eine bessere Übersicht über die vom Arzt getroffenen Maßnahmen. Besonders chronisch Erkrankte können von Möglichkeiten wie dem Remote Monitoring profitieren, um die Anzahl nötiger Kontrolltermine zu reduzieren. Mit Blick auf den demografischen Wandel und die steigende Zahl chronischer Erkrankter könnten diese und weitere telemedizinischen Anwendungen Versorgungsengpässen entgegenwirken. Aber nicht nur für den Patienten, sondern auch für das medizinische Fachpersonal bringen mobile Anwendungen Vorteile. Bei Visiten können Ärzte direkt neueste Ergebnisse abrufen, dem Patienten visualisieren und sind bei der Einpflege eigener Maßnahmen und Daten nicht mehr auf einen festen Arbeitsplatz und Desktop-Computer angewiesen. Neben den medizinischen Anwendungen können auch andere Bereiche im Krankenhaus wie die Logistik und die Instandhaltung von mehr Mobilität profitieren. Wartungstechniker können so mit geeigneten Schnittstellen an den jeweiligen Geräten Zugriff auf relevante Daten wie Fehlermeldungen oder Störungen erhalten, um nötige Maßnahmen effizienter zu koordinieren und durchführen zu können. Insgesamt stellen mobile Anwendungen auf Endgeräten wie Smartphones und Tablets eine der Hauptschnittstellen zwischen dem „Krankenhaus 4.0“ und den Anwendern, dem Personal und den Patienten dar und können so seine Vorteile direkt zugänglich machen.

6.1.3 Daten- und Dokumentenaustausch

Im klinischen Umfeld entsteht eine große Datenmenge, die eine funktionierende Dokumentation unabdingbar macht. Diese dient dabei nicht nur der direkten medizinischen Versorgung, wie Patienteninformationen, Medikation, Arztbriefe, Laborergebnisse, Röntgenaufnahmen etc., sondern ist auch notwendig für die Qualitäts- und Leistungserfassung, die Forschung, sowie für die Patienten- und Personalsicherheit.

Durch fehlende Standards und Medienbrüche während der Dokumentation kann es zu Lücken und auch zu Fehlern kommen. Im Gesundheitswesen ist besonders die Vielfältigkeit der anfallenden Informationen eine Herausforderung, um Normen und Standards für verschiedene Einrichtungen dieses Sektors zu erstellen. Doch genau diese sind notwendig und wichtig bei einer fortschreitenden Digitalisierung und Vernetzung, denn die Übermittlung bzw. der Austausch von Informationen bildet die Grundlage für das Krankenhaus 4.0.

Allerdings wird in vielen Bereichen die Dokumentation derzeit noch papierbasiert umgesetzt. Dies kann einige Nachteile nach sich ziehen, wie Übertragungsfehler durch unleserliche Schrift, Unzugänglichkeit durch fehlerhafte Ablage oder lange Wartezeiten bei Anfragen. Innerhalb eines Krankenhauses bieten Krankenhausinformationssysteme die Möglichkeit, anfallende Daten und Dokumente zu verwalten und jedem befugten Mitarbeiter Zugang (inzwischen auch über mobile Anwendungen) zu den für ihn relevanten Informationen zu gewährleisten. Nicht nur medizinische Informationen wie Krankheitsdaten und Arztbriefe, sondern auch administrative und logistische Daten können erfasst werden. Doch bei der Integration von KIS-Strukturen gibt es kaum Standards, nur bei der konkreten Datenübermittlung sind Protokolle und Normen vorhanden, wie HL7 (Health Level 7) oder in Bezug auf die medizinische Bildgebung der offene Standard DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine), der zumindest in diesem Umfeld herstellerübergreifende Interoperabilität ermöglicht.

Beim Austausch von Informationen verschiedener Einrichtungen, wie zwischen der Praxis des Hausarztes und der Klinik, ergeben sich weitere Schwierigkeiten. So können bei der Überweisung von Patienten Informationen zur Medikation, der Krankheitsgeschichte und der bisher stattgefundenen Behandlung fehlen, was zu Doppeluntersuchungen, Wartezeiten durch angeforderte Informationen oder sogar zu Behandlungsfehlern wie Fehlmedikation führen kann. Um Vollständigkeit und Kontinuität der zu übermittelnden Information zu gewährleisten, gibt es für Ärzte die Möglichkeit, für den Patienten bzw. seinen konkreten Behandlungsfall eine elektronische Fallakte (EFA) anzulegen. Diese ersetzt nicht die Dokumentation innerhalb der eigenen Einrichtung, sondern stellt ein Bindeglied zwischen den einzelnen Einrichtungen und Leistungsträgern dar. In ihr vermerkt bzw. überträgt der Arzt mit der Einverständniserklärung des Patienten alle relevanten Informationen, die für eine Weiterbehandlung nötig sind, erstellt Zugangsberechtigungen für die jeweiligen Fachabteilungen und übermittelt die Akte über die EFA-Plattform an die Einrichtung, an die der Patient überwiesen wird. Die dafür nötige Infrastruktur können die beteiligten Einrichtungen selbst aufbauen oder inzwischen über EFA-Provider beziehen, wodurch sich sowohl technischer als auch finanzieller Aufwand reduziert. Über standardisierte EFA-Schnittstellen ist die Übertragung unabhängig von den jeweiligen IT-Systemen vor Ort. Unterstützung bei der Integration eines solchen Systems bietet der Verein Elektronische FallAkte e.V. Durch Kooperation mit weiteren Organisationen und Initiativen zur Einführung von Standards beim Daten- und Dokumentenaustausch im Gesundheitswesen wie dem IHE (Integrating the Healthcare Enterprise) und HL7 werden die Einsatzmöglichkeiten und die Verbreitung weiter vorangetrieben.

Über das Konzept der EFA hinaus könnten zukünftig alle anfallenden Patientendaten zentral in einer elektronischen Patientenakte (EPA) hinterlegt werden. In ihr würden alle Informationen des Patienten, von aktueller Medikation und Unverträglichkeiten bis hin zu einzelnen Befunden erfasst und durch gesteuerte Zugriffsrechte dem Arzt, der Pflegekraft oder dem Patienten selbst jederzeit und unabhän-

gig vom Ort zur Verfügung gestellt werden. Dies ermöglicht einen reibungsloseren Ablauf bei Einweisung und Entlassung sowie bei der Behandlung selbst und sorgt für mehr Transparenz, was sowohl der Qualitäts- und Leistungskontrolle als auch der Sicherheit zu Gute kommt. Auf der anderen Seite ergeben sich mit der EPA neue Anforderungen an den Schutz der Daten.

Insgesamt bietet die Standardisierung von Erfassung, Dokumentation und Austausch medizinischer Daten die Möglichkeit, klinikübergreifende Datenbanken anzulegen. Auf dieser Menge an Daten (Big Data) könnten z.B. Algorithmen und Data Scientists arbeiten, um Ärzten Behandlungsempfehlungen zu geben oder Studien bzgl. neu eingeführter Medikamente durchgeführt werden. Durch eine gemeinsame Dokumentation und Nutzung der Daten können besonders kleinere Einrichtungen vom Expertenwissen anderer profitieren, wird dem Patienten eine auf ihn besser angepasste, personalisierte medizinische Behandlung ermöglicht und die Grenze zwischen medizinischer Versorgung und Forschung überwunden.

6.1.4 Cyber-Security und Privacy

Bei der Betrachtung von Fragestellungen der IT-Sicherheit müssen mehrere unterschiedliche Aspekte berücksichtigt werden. Zum einen gibt es die sogenannte Funktionssicherheit (safety), die gewährleisten soll, dass Systeme gemäß ihrer erwarteten Funktion arbeiten. Daneben beschreibt die Informations- bzw. Datensicherheit (security) den Schutz der Informationen vor unautorisiertem Zugriff. Darauf aufbauend bezieht sich der Datenschutz auf die Sicherheit von Personen, die Kontrolle über die eigenen persönlichen Daten zu behalten (privacy).

Eine der am weitesten verbreiteten Bedenken bei der Einführung von neuer Technologie im Rahmen „Industrie 4.0“ ist die Security, also die Datensicherheit. Laut einer Umfrage des VDE unter Entscheidern in der Industrie ist für 7 von 10 Befragten die IT-Sicherheit das größte Hindernis der Industrie 4.0 in Deutschland. Daher kommt der IT-Sicherheit eine Schlüsselrolle bei der Entwicklung hin zur Industrie, aber auch dem Krankenhaus 4.0 zu. Die entsprechenden Maßnahmen erfüllen damit nicht nur ihren technischen Zweck, sondern wirken vertrauensbildend als Wegbereiter neuer Technologien.

Wenn immer mehr Systeme vernetzt werden und somit einen breiter verteilten Zugang erlaubt, steigt auch das Risiko von unautorisierten Zugriffen. Dies gilt für Anlagen wie Kraftwerke, Strom- und Telefonnetze, aber auch für Fabriken, Krankenhäuser und Privathaushalte.

Die Sicherheit von Anlagen wie einer „Smart Factory“ der Industrie 4.0 ist durch die Vernetzung im Unternehmen selbst und die Vernetzung nach außen, sowie durch die Heterogenität der Teilnehmer wie cyber-physischer Systeme eine besondere Herausforderung. Dies gilt ebenso für das "Krankenhaus 4.0", das durch die Vielzahl unterschiedlicher Anwender, Geräte und Systeme, sowie die Sensibilität der Informationen besonders geschützt werden muss. Doch der Einsatz von neuen Technologien im

Zusammenhang mit "4.0" bedeutet nicht automatisch den potentiell öffentlichen Zugang zu den eigenen Daten. So können z.B. Cloud-Strukturen auch als „private cloud“ nur innerhalb des eigenen Unternehmens etabliert werden, physisch getrennt oder durch Firewalls und weitere Systeme und Module geschützt.

Um diese Sicherheit der IT in sogenannten soziotechnischen Systemen, in denen die IT verschiedenste Zwecke erfüllt und die Anwender bzw. Mitarbeiter über unterschiedliches Know-How verfügen zu gewährleisten, bedarf es eines methodischen und systematischen Vorgehens (Security Engineering). Um Unternehmen bei Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit wie Bedrohungsanalyse, Modellierung und Bewertung zu unterstützen, hat das Bundesministerium für Sicherheit und Informationstechnik (BSI) mehrere Ansätze entwickelt. Das „ICS-Security-Kompendium“ (ICS für Industrial Control Systems) stellt eine Art Grundlagenwerk für die IT-Sicherheit in Automatisierungs-, Prozesssteuerungs- und Prozessleitsystemen dar und richtet sich an IT-Sicherheitsexperten, aber auch als Informationsquelle für Betreiber mit weniger Erfahrung. Ergänzend steht mit dem „Light and Right Security ICS, kurz LARS ICS ein Werkzeug für einen einfachen Einstieg für kleinere und mittlere Unternehmen in das Thema der Cyber-Security zur Verfügung.

Im Krankenhaus 4.0 ergeben sich ähnliche Probleme bezüglich vernetzter Systeme. Doch hier können Angriffe auf die IT eines Krankenhauses mehr als nur wirtschaftlichen Schaden, sondern auch direkt gesundheitliche Konsequenzen für die Patienten bedeuten. Laut einer IBM Studie war das Gesundheitswesen 2015 der am häufigsten von Cyber-Angriffen betroffene Sektor. Über verbundene Medizingeräte wie Messgeräte auf der Intensivstation kann Zugriff auf das Krankenhausnetzwerk erlangt und Malware eingeschleust werden. Ziele der Hacker sind oft die Patientendaten und weitere wichtige und vertrauliche Daten des Krankenhauses, um diese weiter zu verkaufen oder zu sperren, um das Krankenhaus zu erpressen. Auch nach einem Angriff kann die verwendete Malware zu Fehlfunktionen der infizierten Geräte führen. Ein Grund für erfolgreiche Angriffe ist oft die veraltete Software der Geräte, die durch vernachlässigte oder durch rechtliche Hürden blockierte Updates für neue Bedrohungen angreifbar werden. Daher ist es besonders wichtig, genau zu wissen, welche Geräte verbunden sind und über welche Sicherheitsmaßnahmen diese verfügen, um so das Krankenhaus sowohl im Sinne der Funktionssicherheit als auch der Informationssicherheit und des Datenschutzes zu schützen.

Ein prominentes Beispiel bezüglich des Datenschutzes im Gesundheitswesen ist die deutsche elektronische Gesundheitskarte (eGK). Auf dieser Smartcard sind neben dem Namen und Adressdaten des Versicherten auch Informationen gespeichert, die besonderen Schutz vor unautorisiertem Zugriff bedürfen, wie Daten über den sozialen Status, Rezepte oder zukünftig auch weitere medizinische Daten. Die eGK verfügt über verschiedene Verschlüsselungsverfahren und -Ebenen. Neben einer sechs- bis

achtstelligen PIN unterstützt die eGK zur Erstellung digitaler Signaturen und Zertifikate das RSA-Verfahren, den X.509 Standard und verwendet Verschlüsselungsalgorithmen wie SHA-1 und 3DES. Ein wichtiger Schritt hin zu mehr IT-Sicherheit ist die Sensibilisierung der Hersteller, Betreiber und Anwender für das Thema Cyber-Security. Zudem ist es wichtig, dass Abteilungen, die bisher eigenständig agierten, wie Office-, Infrastruktur- und Medizingeräte-IT ein gemeinsames Sicherheitskonzept etablieren, um Schwachstellen in der umfassenden Vernetzung des Krankenhauses zu verhindern.

6.2 Medizintechnik 4.0

Medizintechnik 4.0 steht für die Begrifflichkeit vernetzter Medizingeräte, die ihre diagnostischen und therapeutischen Eigenschaften und Funktionen über programmierbare Anwendungsschnittstellen (APIs – „Application Programming Interfaces“) in Form von digitalen Diensten (Services) austauschen. Der Mehrwert der physischen Vernetzung der Medizingerätesysteme und der Interoperabilität zwischen den Medizingeräten entsteht erst durch eine vereinheitlichte virtuelle Repräsentation der Medizingerätesysteme („Digital Twins“) und der Interoperabilität und Orchestrierung von digitalen Services als gekapselte Funktionalitätsmodule.

Interoperable und orchestrierbare digitale Services sind unabdingbare Voraussetzung zum Bau modularer und theragnostischer Assistenzsysteme. Theragnostische Assistenzsysteme sollen regelbasiert und echtzeitnah individualisierte Diagnose und Therapie unterstützen, wobei sich die Regeln aus der Analyse gekoppelter physiologischer und systemtechnischer Modelle ableiten und körpernahe Sensordaten als Führungsgröße in den automatisierten Regelkreis eingehen.

Durch einen vom Betreiber zugelassenen Fernzugang zum vernetzten Medizingerät am Betriebsort über die „Cloud“ Lösung entstehen für den Gerätehersteller Potentiale für neuartige Geschäftsmodelle. Neue Geschäftsmodelle können zum Beispiel „Pay per Use“-Modelle oder digitale online Service-Angebote umfassen. Zu möglichen online Service-Angebote zählen u.a. Cloud-basierte Software-update-Dienste, vorausschauende Wartungsdienste zu Verschleißteilen und Dienste zur rechtzeitigen Bereitstellung von Verbrauchsmaterialien. Zudem kann der Hersteller dem Betreiber zusätzliche Gerätemanagementdienste anbieten, die sich über den vollständigen Lebenszyklus des Gerätes erstrecken. Medizintechnik 4.0 bietet innovative Integrationslösungen für den schlanken und orchestrierten Datenaustausch zwischen den Nutzer-Frontends und der Backend-Plattform. Moderne Web-Applikationen können vom Backend geliefert und betriebssystemunabhängig im Browser des Nutzer-Endgerätes ablaufen. Die Mensch-Maschinen-Schnittstelle (MMI) des Endgerätes wird zur eigenständigen Softwaresystemkomponente, die über Mockups und virtuelle Datenquellen aus der Cloud auf Gebrauchstauglichkeit am „Point of Care“ im Versorgungsumfeld getestet werden kann.

6.2.1 Interoperabilität intelligenter Medizingeräte

Im Kontext von Medizingeräten bezeichnet Interoperabilität die Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme hinsichtlich physischer oder virtueller Schnittstellen verwertbare Informationen auszutauschen. Durch intelligente Menüführung, Vernetzung und Belegung verschiedener Geräte mit dem gleichen bzw. einem gemeinsamen User-Interface kann die Komplexität der Geräte gemanagt und Abläufe automatisiert und verbessert werden. Da beispielsweise im OP eine Vielzahl hochmoderner Geräte, wie Maschinen für die Anästhesie und Blutgasanalyse, elektronische Schneidinstrumente, Operationsmikroskope, 3D-Navigations- und Endoskopiegeräte, mobile Röntgengeräte und viele weitere zum Einsatz kommt, werden gegenseitige Überwachung und automatisierte Wechselwirkungen zwischen den Geräten immer wichtiger. Das OP-Personal ist zunehmend mit der Bedienung der Geräte und Beobachtung der Monitore beschäftigt. Durch Vernetzung der Geräte über dasselbe User-Interface wird für den Operateur eine Bedienung verschiedener elektrochirurgischer Geräte und Navigationssysteme über ein einziges Bediensystem ermöglicht. Hierdurch kann die Komplexität der Bediensysteme reduziert und Fehler in der Bedienung verhindert werden, was schließlich die Effektivität sowie die Patientensicherheit erhöht.

Eine Vernetzung der Geräte beinhaltet die Möglichkeit des Datenaustausches zwischen ihnen. Durch geräteübergreifende Verbindungen könnten die Systeme untereinander kommunizieren. Stehen einem Gerät somit zusätzliche Informationen und Daten aus dem Netzwerk zur Verfügung, entstehen hierbei neue Möglichkeiten für lernfähige Geräte. Von den gemeinsamen Daten können die Geräte profitieren und benötigen beispielsweise weniger Eingreifen seitens des Personals. So können Abläufe automatisiert und vereinfacht werden. Zudem wird die Grundlage für ein intelligentes, an verschiedene Situationen angepasstes Verhalten der Geräte geschaffen.

Allerdings unterliegen Systeme vernetzter Medizingeräte dem Medizinproduktegesetz und müssen daher auch entsprechende Auflagen bzgl. Sicherheit und Qualität erfüllen, um zugelassen zu werden. Dies gilt ebenfalls, wenn beispielsweise bestehende Systeme mit dem Ziel einer besseren Interoperabilität verändert und umgebaut werden. Es müssen u.a. klinische- und Leistungsbewertungen vorgenommen, sowie Sicherheitsaspekte betrachtet werden. Zudem muss das Produkt eine CE-Kennzeichnung erhalten.

Die technischen Möglichkeiten für interoperabel vernetzte Medizingeräte sind zwar gegeben, konkrete Lösungen scheitern jedoch vor allem daran, dass meist Geräte unterschiedlicher Hersteller zum Einsatz kommen und diese unterschiedliche Kommunikationsprotokolle und Datenformate verwenden. National wie international existieren hierfür kaum umfassend verbreitete Standards. Voraussetzung für eine erfolgreiche Vernetzung und der damit einhergehenden Vorteile ist somit eine auf Standards beruhende Geräteschnittstelle für die Einbindung in klinische IT-Netzwerke. Momentan bestehen die Möglichkeiten hauptsächlich aus Insellösungen oder Komplettlösungen, wie ein vollständig vernetzter

OP-Saal eines Herstellers. Dieser kann demnach interoperabel agieren, lässt jedoch keinerlei Produkte anderer Hersteller zu. Ein anderer ungeklärter Punkt ist die Sicherheit. Je mehr vernetzte Geräte und WLAN-Schnittstellen es gibt, desto mehr Angriffsflächen bieten sich Hackern, Viren und ähnlichem. Folglich müssen Sicherheitsaspekte schon bei der Herstellung der Geräte mitbedacht werden. Dennoch existieren Mittel, die zur Bewältigung dieser Schwierigkeiten beitragen können. Ein Beispiel bildet die neue Technologiegeneration OPC Unified Architecture aus der Industrie 4.0. Diese ist ein M2M-Kommunikationsprotokoll und soll für einen sicheren, plattformunabhängigen, zuverlässigen Informations- und Datenaustausch zwischen Produkten verschiedener Hersteller sorgen. Der Standard erfüllt somit die wichtigsten Anforderungen, die auch in der Medizin bei der Vernetzung von Geräten entstehen. Wenn solche Ansätze zu einer perfekten Interoperabilität verschiedener Medizingeräte und intelligenter Systeme führen könnten, bringt die Zukunft vielleicht die Möglichkeiten, neue Medizingeräte genauso schnell an die IT-Infrastruktur im Krankenhaus einzubinden, wie ein USB-Gerät an einen Computer.

6.2.2 Regelbasierte Assistenzsysteme und theragnostische Systeme

Assistenzsysteme dienen der Unterstützung des Krankenhauspersonals in bestimmten Situationen und bei speziellen Abläufen. Dabei reicht die Assistenz von der automatisierten Überwachung der Vitalparameter eines Patienten über sich selbst regelnde Beatmungsgeräte bis hin zu intelligenten Systemen, die durch Auswertung umfassender Daten das Personal bei medizinischen Entscheidungen unterstützen. Voraussetzung für ein intelligentes und auch lernfähiges System ist dabei die selbständige Analyse aktueller aber auch zurückliegender Daten, sodass es sich mit Hilfe von Software, Sensoren und Aktuatoren an neue Gegebenheiten anpassen kann. Sogenannte theragnostische Systeme stellen als Assistenz eine Verknüpfung zwischen Diagnostik und Therapie her. So können mit Hilfe eines einzigen Gerätes oder Systems Diagnosen gestellt bzw. unterstützt und Patienten zugleich therapiert werden.

Assistenzsysteme sollen in bestimmten Situationen Automatisierungen oder Teilautomatisierungen eines Ablaufes ermöglichen und sich währenddessen selbst regeln. Wenn sich beispielsweise Überwachungsgeräte oder chirurgische Instrumente entsprechend anpassen können, sodass sie sich bestmöglich auf veränderte Lagen während einer OP einstellen, kann der Operationsablauf sowohl effizienter und einfacher, als auch sicherer für Patienten werden. Denkbar für ein Assistenzsystem wäre zum Beispiel eine in OP-Tische eingebaute Temperaturregelung. Das System könnte die Körpertemperatur des Patienten während der OP selbstständig überwachen und die Temperatur des Tisches entsprechend automatisch anpassen. Ein weiteres Beispiel für Assistenzsysteme ist das Da Vinci-Operationssystem, das Chirurgen erlaubt, hoch präzise Operationen durchzuführen, in dem u.a. menschliche Bewegungs-

schwankungen wie Zittern ausgeglichen werden. Neuartige Beatmungsgeräte, die die Atmung des Patienten überwachen und sich daran anpassen, stellen ein theragnostisches System dar, welches sich durch eigenständiges Handeln und somit durch eine gewisse Intelligenz auszeichnet. Während das Gerät den Atmungszustand des Patienten kontinuierlich überwacht, passt es die eigenen Parameter an, um die Atmung ständig im optimalen Bereich zu halten. Es kann sich auf verschiedene Lungenbedingungen anpassen und den Patienten basierend auf vom Pflegepersonal eingegebener Zielwerte vom passiven in den spontanen Atmungsmodus steuern. So ist das System zum einen in der Lage durch die Überwachung des Patientenzustandes Diagnosen zu stellen und zum anderen auf diese zu reagieren und sie durch Anpassung der Parameter zu therapieren. Auf ähnliche Weise funktionieren automatisierte externe Defibrillatoren. Diese können den Herzrhythmus selbstständig analysieren und bei Bedarf einen Stromimpuls abgeben. Durch akustische und optische Signale, sowie gesprochene Anweisungen können die Geräte auch Laien durch den Reanimationsvorgang führen. Doch nicht nur das medizinische Personal kann von Assistenzsystemen profitieren. Roboter-gestützte Assistenzsysteme bieten z.B. Schlaganfall-Patienten die Möglichkeit, Bewegungsabläufe neu zu erlernen bzw. zu trainieren, um teilweise ihre Bewegungsfreiheit wieder zu erlangen. Vielen dieser Systeme ist gemein, dass sie Daten, selbst erfasst oder von externen Quellen zugänglich gemacht, nutzen, um eine für jeden Patienten optimierte Anwendung zu ermöglichen. Erkenntnisse aus der Analyse von großen Datenmengen (Big Data) von vielen schon durchgeführten Vorgängen helfen dabei, Prozesse immer weiter zu optimieren. So kann z.B. ein intelligentes Anästhesiesystem, das zusätzlich mit anderen Überwachungsgeräten vernetzt ist, Reaktionen des Patienten auf eine Anpassung der Dosierung besser abschätzen und entsprechend reagieren.

Viele Anwendungsmöglichkeiten ergeben sich aus Erkenntnissen anderer Bereiche der Technik, wie beispielsweise der Servicerobotik oder dem Automobil- und Flugzeugbau oder speziell aus dem Bereich der Industrie 4.0 bzgl. cyber-physischen Systemen. Diese werden auf medizinische Anwendungen übertragen und dort angepasst und weiterentwickelt, sodass neuartige Assistenzsysteme entstehen, die moderne Behandlungsmethoden ermöglichen. Chirurgische Assistenzsysteme sollen zukünftig besser in den Handlungsalltag integriert werden, indem sie dem Benutzer dabei helfen, chirurgische Interventionen präziser und sicherer durchzuführen. Dabei können zum Beispiel sensorische Assistenzsysteme, die hand- oder konsolengesteuert als sogenannte „smart instruments“ zum Einsatz kommen, den Operateur unterstützen. Vernetzte Überwachungsgeräte können das medizinische Personal entlasten und gezielt relevante Informationen verarbeiten und durch neue Usability Konzepte wie Augmented Reality bereitstellen. Durch neue Formen der Mensch-Maschine-Kooperation ergeben sich viele Szenarien, in denen medizinische Geräte assistieren können, sowohl bei Diagnose, Therapie als auch in der Rehabilitation.

6.2.3 Wartung und technischer Service

Der Einsatz medizinischer Geräte bei der Behandlung von Patienten ist heutzutage nicht mehr weg zu denken. Diese Geräte benötigen jedoch in gewissen zeitlichen Abständen Wartungsmaßnahmen, um nach wie vor einwandfrei funktionieren zu können und sowohl Qualitäts- als auch Sicherheitsstandards zu erfüllen. Wartungsmaßnahmen sind ein fester Bestandteil des Produkt-Lebenszyklus und sollen die Betriebssicherheit und den vollen Funktionsumfang des Gerätes gewährleisten. Auftretende Fehler sollen frühzeitig erkannt und behoben werden können. Wartungsarbeiten von Medizingeräten werden momentan überwiegend in medizinischen Einrichtungen vor Ort durchgeführt, manchmal müssen die entsprechenden Geräte aber auch eingeschickt werden. Um die Wartung von medizinischen Geräten einfacher zu gestalten lässt sich durch den Einsatz moderner IT ein Tele-Wartungs-System einführen, über das der aktuelle technische Stand des Medizingeräts einsehbar ist und entsprechende Maßnahmen im Zuge einer predictive maintenance, also einer vorausschauenden Wartung ergriffen werden können. Dies würde Zeit und Kosten sparen, sowie die Instandhaltungsmaßnahmen der Geräte flexibler gestalten, sodass diese schneller wieder in Betrieb genommen werden können.

Ein Ablauf eines solchen Tele-Wartungs-Systems am Beispiel eines Beatmungsgerätes könnte wie folgt aussehen: Dadurch, dass das Beatmungsgerät seine Daten wie Logfiles nicht nur intern speichert, sondern direkt an den Hersteller bzw. Wartungs-Service sendet, kann dieser an zuvor festgelegten Störungsparametern ein Problem des Gerätes unmittelbar nach Auftreten erkennen oder durch Analyse vorheriger Daten vorhersagen. Bei dem Beatmungsgerät könnte ein solches Problem zum Beispiel der Ausfall der Monitoranzeige sein, sowie im schlimmsten Fall der Ausfall der Beatmungsfunktion selbst. Falls es trotz der Überwachung des Gerätes zu Problemen kommt, werden Fehlermeldungen vom Gerät an das Wartungs-System weitergeleitet, woraufhin eine Fehlerkategorisierung erfolgt, bei der ermittelt wird, ob das Gerät automatisch handeln kann bzw. über die Vernetzung mit dem Wartungs-Service repariert werden kann oder bei schwerwiegenderen Problemen der Wartungsservice das Gerät vor Ort untersuchen muss. Zurzeit gibt es für die jeweiligen Geräte überwiegend nur feste Wartungstermine, von denen zwecks Planungssicherheit nicht abgewichen wird, wodurch Geräte-Probleme ggf. meist erst spät erkannt werden und es so zu ungeplanten und längeren Ausfällen des Gerätes kommen kann, die sowohl kostenintensiv sind und die Sicherheit des Patienten gefährden können.

Wenn technische Geräte zum Einsatz kommen ist es zudem wichtig, auf technischen Service, auch unabhängig von der Wartung des Geräts, zurückgreifen zu können. Fragen bezüglich der Bedienung bzw. Analyse des Gerätes müssen besonders in der Medizintechnik zeitnahe beantwortet werden können. Ein automatisches Service-System für Medizingeräte kann als Hilfe für allgemeine bzw. oft gestellte Fragen zum Einsatz kommen und sowohl am Gerät selbst oder auch als Anwendung auf mobilen Endgeräten als Apps zur Verfügung stehen, sodass der Anwender selbst einfachere Wartungsarbeiten

durchführen kann. Darüber hinaus könnten diese Systeme die Möglichkeit einer direkten Verknüpfung mit dem Wartungsservice bieten, auf die im Falle schwieriger Fragen zurückgegriffen werden kann. Die Vernetzung von Medizingeräten über moderne Technologien wie dem Internet der Dinge erlauben auch neue Formen der Wartung und des technischen Service. Ein Tele-Wartungs-System ist in der Lage Fehler und Störungen frühzeitig zu erkennen, Systemausfällen somit vorzubeugen und einen automatisierten Ablauf von Standard-Wartungsarbeiten zu gewährleisten. Dadurch, dass technisch relevante Daten der Medizingeräte nicht mehr vor Ort ausgelesen werden müssen, sondern auch extern einsehbar sind, wird wertvolle Wartungszeit gespart und Stillstände vermieden. Teilweise sind Online-Wartungssysteme bereits in Benutzung, jedoch noch nicht ausreichend gut gegenüber Cyberattacken geschützt. Der technische Service für Medizingeräte wird nach wie vor noch per Telefon-Hotline oder vor Ort angeboten. Eine sichere Vernetzung der Geräte mit dem Wartungs-Service und eine Bereitstellung von mobilen Anwendungen zur eigenständigen Überprüfung ermöglichen flexiblere und Zeit sparende Maßnahmen für einen effizienteren Krankenhausbetrieb.

6.2.4 Usability

Medizinische Geräte und Maschinen werden in immer mehr Bereichen eingesetzt, übernehmen neue Aufgaben und zeichnen sich durch eine zunehmende Komplexität aus. Für eine optimale Nutzung der Geräte, sowie eine intuitive, sichere und fehlerfreie Bedienung, werden daher neue Usability Technologien benötigt, die Bedienbarkeit und Benutzerfreundlichkeit gewährleisten. Für den Informationsaustausch und die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine stehen immer mehr Möglichkeiten zur Verfügung. Von einfachen Tasten, Reglern und Monitoren über Touch Screens erstreckt sich das Spektrum bis hin zu neuen „Human Machine Interfaces“, die Technologien für Gestenerkennung, Spracherkennung oder Augmented Reality verwenden. Diese Technologien gewinnen zunehmend an Bedeutung in Situationen, in denen sich das medizinische Personal um die Behandlung des Patienten kümmern muss, gleichzeitig jedoch auch die Bedienung eines Gerätes, zum Beispiel zur Eingabe oder zum Erhalt von Informationen oder der unterstützenden Behandlung des Patienten, handhaben muss. In Monitoring Situationen, in denen der Blick ständig zwischen Patient und Monitor wechselt, kann beispielsweise ein Audio-Design helfen, welches akustische Signale abgibt. Diese können Informationen über relevante Patientendaten enthalten, sodass der Blick zu einem Monitor entfällt und das Personal sich besser auf andere Dinge konzentrieren kann. In ähnlicher Weise können auch Sprach- oder Gestenerkennung Behandlungssituationen vereinfachen.

Neben dem Nutzen für das medizinische Personal ist Usability aber auch für den Patienten selbst wichtig. Viele Patienten möchten aktiv an ihrer Behandlung mitwirken und sich an Behandlungsentscheidungen beteiligen. Voraussetzung dafür ist, dass sie die Behandlungsabläufe verstehen. Beispielsweise

wird einigen Patienten durch Medical Apps die Möglichkeit gegeben, selber bestimmte Teile der Behandlung zu übernehmen. Damit dies für die Patienten möglich ist, ist vor allem dort die Benutzerfreundlichkeit für ein sicheres Verständnis von Bedeutung.

Die Gestaltung der Usability eines Produktes unterliegt nicht allein dem Hersteller. Allgemeine Festlegungen für Sicherheit, Prüfungen und Richtlinien der Gebrauchstauglichkeit werden durch Normen, wie DIN EN 60601-1-6 und DIN EN 6236 geregelt. Für die Untersuchung der Gebrauchstauglichkeit werden beispielsweise Dokumentationen über Anforderungen an den Anwender, Spezifikationen über den Anwenderkreis und die Anwendungsumgebung oder vorhersehbare Fehlhandlungen gefordert.

Die zunehmende Autonomie technischer Systeme verändert das Zusammenspiel zwischen Mensch und Technik. Maschinen übernehmen immer mehr Aufgaben, um den Menschen zu unterstützen und Fehlverhalten zu minimieren. Hierfür muss der Nutzer der Maschine Informationen geben, die diese wiederum verwenden kann, um sich dem Nutzer anzupassen und entsprechend zu handeln. Diese Informationen können bewusst oder auch unbewusst, zum Beispiel durch einen hohen Puls, einen abgewandten Blick etc. mitgeteilt werden. Durch solche Signale kann die Maschine Schlüsse ziehen und anhand des menschlichen Verhaltens lernen, wie sie in bestimmten Situationen handeln muss. Insgesamt soll die Mensch-Maschine-Interaktion natürlicher und einfacher bzw. intuitiver gestaltet werden, sodass die Maschine ein menschenähnliches Verhalten annimmt. Dies ist auch das Ziel des Perceptual User Interface, der wahrnehmungsgesteuerten Benutzerschnittstelle. Sie konzentriert sich auf die Bedienung mehrere Sinne des Nutzers und unterstützt mehrere Eingabemodalitäten, sodass Mensch und Maschine unabhängig von Tastatur und Maus interagieren können. Dies soll hauptsächlich perzeptiv ablaufen, sodass Wahrnehmung und Informationsverarbeitung unbewusst von statten gehen und eine menschenähnliche Kommunikation geschaffen wird. Noch weiter geht das Brain Computer Interface, bei dem durch Messung der Hirnströme eine Verbindung zwischen Gehirn und Computer geschaffen wird, sodass mit Gedanken und der daraus resultierenden elektrischen Aktivität, bestimmte Dinge gesteuert werden können.

Insgesamt gewinnt somit eine multimodale Bedienung, also eine Steuerung durch mehrere Sinneskanäle des Menschen, an Bedeutung. Mit Hilfe der Augmented Reality können zukünftig „Head-up-Displays“ für verschiedenste Informationen eingesetzt werden. Hierdurch können beispielsweise Informationen und Bilder in das Sichtfeld eines Operators projiziert werden, sodass dieser den Kopf nicht in Richtung eines Monitors drehen muss. Neben der Effizienzsteigerung und Vermeidung von Fehlern werden bestimmte Behandlungsmethoden durch solche neuartigen Usability-Technologien überhaupt erst ermöglicht.

6.3 Facility Management 4.0

Facility Management (FM) 4.0 steht für die sukzessive Implementierung von IoT- und Cloud-Technologien, um die verteilten Anlagensysteme der Immobilie Krankenhaus über integrierende Fernanwendungen besser warten, bedienen und instand halten zu können. Sämtliche Datenströme aus den Anlagen-spezifischen Sensor- und Aktor-Knoten des lokalen Datenbussystems werden künftig über Gateways an zentrale FM-Cloud-Plattformen übertragen. Durch eine übergeordnete Kontrolle und Analyse sämtlicher Datenströme aus den Anlagen und präventiver Steuerung sollen Fehleranfälligkeit reduziert und Systemausfälle vermieden werden. „Cloud-Computer-Aided“ FM-Systemsoftware unterstützt den FM-Betreiber die Businessprozesse dem Betriebskonzept der Krankenhausanlagen anzupassen und die Prozesse gesamtheitlich zu überwachen. Kommunizierende Sensorik und „digital Twins“ physischer Objekte bieten dem FM neue Möglichkeiten, IoT Technologien für logistische Aufgaben aus der Zulieferungskette des Krankenhauses und dem Warenfluss im Krankenhaus einzusetzen.

Zusätzlich kann sich das FM 4.0 für ein zentrales „Tracking“ und „Tracing“ und Zusammenführen mobiler Dinge, Waren und Personen im Krankenhaus verantwortlich zeigen, um reibungsloses Betriebs- und Versorgungsabläufe im Krankenhaus zu begünstigen. Durch eine „smarte“ Steuerung der Anlagen sind Konzepte wie das „Blue-Hospital 4.0“ erst möglich. Das Blue-Hospital zeichnet sich durch einen umwelt- und ressourcenschonenden Betrieb aus, dessen Nachhaltigkeit durch Sparsamkeit, Effizienz und Optimierung der Betriebsabläufe erreicht wird.

6.3.1 IT-gestützte Instandhaltung

Neben der Kernaufgabe eines Krankenhauses, der medizinischen und pflegerischen Betreuung von Patienten, muss ein Krankenhaus auch viele sekundäre Leistungen erbringen, ohne die die primäre Aufgabe gar nicht möglich wäre. Zu diesen sekundären Leistungen gehört die Wartung und Instandhaltung sowohl der medizinischen, als auch nicht medizinischen Infra- und auch Suprastruktur. Dazu zählen u.a. Geräte, Anlagen z.B. zur Strom- und Wasserversorgung, weitere Gebäudetechnik und die Gebäude und Räume selbst.

So wie die Bereiche vielfältig sind, in denen Wartung und Instandhaltung notwendig ist, so ist auch die Durchführung der Maßnahmen und ihrer Dokumentation oft unterschiedlich und nicht zentral überschaubar. Sobald eine Anlage oder Gerät installiert ist, endet oft auch die Kommunikation mit dem Hersteller. Die Anwender verfügen jedoch nur selten über die Expertise, kleinere Störungen, die aber schließlich zu einem Ausfall führen könnten, rechtzeitig zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen. Die so entstehenden Stillstände ziehen Kosten nach sich und können besonders im Umfeld Krankenhaus zu weitreichenden Konsequenzen führen. Dabei wird der Bereich der Instandhaltung oft nur als Kostenstelle betrachtet, ohne mögliche Potentiale der Einsparung, aber auch der Unterstützung und Verbesserung anderer sekundärer, aber auch der primären Leistung durch Optimierung von Wartungs-

und Instandhaltungsprozessen zu berücksichtigen. Grund hierfür sind oft veraltete Systeme und lückenhafte Digitalisierung, sowie fehlende Kommunikation und Datenaustausch zwischen Anwendern, Betreiber und Hersteller. Hier könnten moderne, IT-gestützte Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssysteme (kurz IPS) helfen, im Zuge eines umfassenden Facility Managements die Instandhaltung als Teil der Wertschöpfungskette zu erfassen und zu verbessern.

Oft besteht die IT-Unterstützung noch allein darin, dass relevante Daten mit Office-Programmen erfasst und dokumentiert werden. Inkompatible Formate und Versionen können potentielle Fehlerquellen bei der Übertragung darstellen sowie zu Intransparenz zwischen den einzelnen Vorgängen führen. Doch nicht nur bei der Dokumentation kann IT helfen, sondern auch bei der Optimierung der Wartungs- und Instandhaltungsprozesse selbst. Das sogenannte „Condition Monitoring“ erlaubt es, durch integrierte Sensoren den Zustand von Geräten bzw. kritischen Bauteilen in Anlagen zu erfassen und damit ihn nicht nur vor Ort dem Anwender sichtbar zu machen, sondern die Daten direkt an den Hersteller bzw. Instandhalter zu schicken, um möglichen Wartungsbedarf rechtzeitig zu erkennen. Ein Beispiel hierfür aus dem Anwendungsfeld Krankenhaus sind die Anlagen der Raumluftechnik in Operationssälen. Bei den besonderen Anforderungen an Hygiene und Keimfreiheit in diesem Bereich müssen die Filter der Anlage rechtzeitig gewechselt werden. Dies geschieht im Allgemeinen nicht mehr in vorher festgelegten Abständen, sondern anhand der Daten, die über eine Differenzdruckmessung vor und hinter dem Filter Informationen über den Grad der Verschmutzung liefern. So kann der aufwendige Austausch rechtzeitig geplant und der Stillstand im OP-Saal verkürzt werden. Durch diese vorausschauende Instandhaltung (predictive maintenance) können Unterschreitungen von Hygiene- und Sicherheitsstandards rechtzeitig vermieden werden. Um die Menge an für die Instandhaltung relevanten Daten verwalten zu können, gibt es spezielle Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssysteme (IPS oder auch CMMS für Computerized Maintenance Management System), die dabei helfen, alle Information wie Anleitungen, Protokolle, Statistiken und Auswertungen zentral zu verwalten.

Von Geräten, die selbstständig Daten über sich erfassen und weitergeben („smart devices“) profitiert aber nicht nur der Anwender durch eine reibungslosere Wartung. Der Instandhalter kann analysieren, wo die Schwächen der Anlagen liegen, den Bedarf an Ersatzteilen besser planen und seine eigenen Abläufe optimieren. Die gesammelten Daten können über Cloud-Plattformen den einzelnen Parteien bereitgestellt werden. Über dieses „Internet der Dinge“ vernetzt sich die Instandhaltung auch mit anderen Bereichen des Facility Managements, wie der Logistik durch automatisierte Lagerverwaltung und dem Supply-Chain-Management um ganzheitliche Prozessoptimierungen auch im Sinne eines nachhaltigen Betriebs zu ermöglichen. Die „Instandhaltung 4.0“ hat das Potential, einen viel bedeutenderen Anteil an der Wertschöpfungskette in der Industrie, aber auch im Bereich des Facility Managements im Krankenhaus einzunehmen. Neben der Erfassung betriebswirtschaftlich relevanter Daten wird durch "predictive maintenance" die Anzahl ungeplanter und damit kostenintensiver Stillstände

reduziert, Fehlerquellen und Aufwand durch manuelle Kommunikation und Dokumentation vermindert und die Auslagerung von Instandhaltungsleistungen erleichtert. Durch die Vernetzung können Inspektionen vorgenommen werden, ohne dass jemand direkt vor Ort ist oder der Anwender kann durch zugängliche Daten und mobile Wartungsgeräte selbst leichtere Instandhaltungsmaßnahmen übernehmen. Aber auch die Frage nach der Sicherheit der Systeme muss gestellt werden. Insgesamt ergeben sich durch den Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie in der Instandhaltung viele neue Möglichkeiten der Optimierung, sowohl im Bereich der sekundären, als auch der primären Leistungen im Krankenhaus.

6.3.2 Internet der Dinge

Das Internet der Dinge (englisch Internet of Things, kurz IoT) bezeichnet die Vernetzung bzw. Kommunikation nicht nur von Personen bzw. Computern, sondern von „Dingen“ bzw. Geräten, sogenannten „connected“ oder „smart devices“, die u.a. mit Sensorik und Netzwerkanschluss Informationen über den eigenen Zustand selbstständig weitergeben und austauschen können. Dies können in Textilien eingearbeitete Sensoren, aber auch die Sensorik ganzer Gebäudeanlagen sein. Ein Ziel dieser Entwicklung ist es, dass das Internet der Dinge den Menschen selbstständig und dadurch unauffällig unterstützt. Im Einsatzfeld Krankenhaus finden sich viele Anwendungsmöglichkeiten für diese Vernetzung, von verschiedenen Bereichen des Facility Managements, wie der automatischen Ermittlung von Wartungsbedarfen verschiedener Geräte und Anlagen, über die Optimierung der Logistik bezüglich Verbrauchsgütern, bis hin zur Unterstützung von Ärzten bei Diagnose, Therapie und Forschung.

Im IoT besitzt das „smart device“, also das physische Objekt oder Gerät, eine digitale Repräsentation. Dieser „digital twin“ benötigt eine eindeutige Identifizierung. Bei einem klassischen Beispiel für IoT-Anwendungen bzgl. Paketsendungsverfolgung reicht dafür ein Strichcode, bei Interaktion mit dem Internet wird eine IP-Adresse benötigt. Beim Austausch und der Zusammenführung von Daten mehrerer Geräte ist es zudem wichtig, dass die teilnehmenden Geräte kompatibel in ihren Kommunikationsprotokollen sind. Oft scheitert die Vernetzung im Falle von medizinischen Geräten bzw. wird diese um einiges erschwert durch die proprietären Datenformate verschiedener Hersteller. Derzeit gibt es verschiedene Ansätze, eine einheitliche Kommunikation zu ermöglichen. Dabei unterscheiden sich die Protokolle und ihre Verwendung in Komplexität, Geschwindigkeit, Zuverlässigkeit und Einsatzgebiet. Verbreitete Umsetzungen sind der DDS-Standard (data distribution service), die OPC UA (open platform communications unified architecture) und MQTT (message queue telemetry transport). Dabei können die Geräte nicht nur untereinander vernetzt, sondern auch über Gateways auf Cloud-Plattformen für viele weitere Anwendungen wie Datenanalyse, Speicherung und Visualisierung zugänglich gemacht werden. Besonders hier stellt sich die Frage der Sicherheit. Nicht nur der gesammelten Daten,

sondern der vernetzten Geräte selbst, die durch unautorisierten Zugang manipuliert oder sogar zum Absturz gebracht werden können.

In den nicht medizinischen Bereichen des Krankenhauses, wie der Instandhaltung, Gebäudetechnik und der Logistik, gibt es stetig wachsenden Bedarf an IoT-Technologien, um Prozesse zu überwachen und zu automatisieren. Lagersysteme können fehlende Utensilien rechtzeitig von selbst nachbestellen, Anlagen und Geräte melden automatisch Wartungstermine oder senden Fehlermeldungen direkt an den Hersteller. Durch im Gebäude verteilte, intelligente Regelungssysteme wird der Heiz- und Stromverbrauch reduziert. Insgesamt ermöglicht die Optimierung der Prozesse im Bereich „Facility Management“ einen Ressourcen schonenden und nachhaltigeren Betrieb im Sinne des „Blue Hospital“ Konzeptes.

Im klinischen Betrieb können „smarte“ Betten automatisch Information über die aktuelle Auslastung liefern, Tracking des Personals innerhalb des Krankenhauses kann Arbeitsabläufe optimieren und in Notfällen dafür sorgen, dass Hilfe schneller am Patienten ist. In Bezug auf die Entwicklung hin zur elektronischen Patientenakte (EPA) können mit ihr verbundene Geräte sie direkt mit neuen Ergebnissen und weiteren Daten ergänzen, wodurch die Vollständigkeit, Genauigkeit und Aktualität der verfügbaren Daten die von manuellen Aufzeichnungen bei weitem übertrifft. Verbundene medizinische Geräte (connected medical devices, CMD) ermöglichen zusätzlich die Reduzierung von Fehlern in vielen Bereichen der Arbeitsprozesse von Ärzten und Pflegepersonal. So sollte jedes vernetzte Gerät eine Zeiterparnis für den jeweiligen Anwender darstellen und Fehler bei der manuellen Eingabe von Daten verhindern. Eine weitere Fehlerquelle liegt in der Überwachung von Patienten, bei der verschiedene Geräte unabhängig voneinander arbeiten. Werden bestimmte Werte isoliert überwacht, kann dies zu Fehlalarmen führen. Diese können wiederum Fehler in der Nachjustierung der Geräte oder der Medikamentengabe nach sich ziehen. Eine „intelligente“ Überwachung, die die Gesamtheit der Daten aus der EMR sowie weiterer Datenbanken aus Cloud-Diensten zur Verfügung hat, könnte diese Fehlerquelle minimieren. Die gesammelten Daten können zusätzlich von Funktionen zur Unterstützung klinischer Entscheidungen (clinical decision support, CDS), wie z.B. die Auswahl und Dosierung von Medikamenten verwendet werden. Auch in den Bereichen e-Health und Telemedizin ergeben sich durch vernetzte „smart devices“ neue Möglichkeiten. Tragbare Geräte („wearables“), wie Herzmonitore ermöglichen die Überwachung des Gesundheitszustands des Patienten auch nach Verlassen der Klinik. Durch die Übertragung der Daten von „smart devices“ und speziell CMDs ist es möglich, dass Ärzte Patienten behandeln können, die sich an einem anderen Ort befinden, was die ärztliche Versorgung in ländlichen Gebieten verbessern könnte oder es erlaubt, Experten bei bestimmten Behandlungen zuzuschalten. Es wird davon ausgegangen, dass die Anzahl der CMDs in Krankenhäusern in absehbarer Zeit auf das Zehnfache anwachsen wird. Allgemein wird vorausgesagt, dass die Anzahl an teilnehmenden „smart devices“ im Internet der Dinge bis 2020 auf 30 Milliarden steigen wird.

6.3.3 Sustainability – Green/Blue Hospital

Im Zuge der Modernisierung von Krankenhäusern spielen neben der Verbesserung der Behandlungs- und Versorgungsabläufe sowie der Wirtschaftlichkeit zunehmend auch ökologische Gesichtspunkte eine Rolle. Bei der Digitalisierung im Krankenhaus stand zunächst die Verbesserung der Betriebsabläufe durch papierlose Kommunikation und Dokumentation im Vordergrund. Daneben bzw. darüber hinaus zielt der Ansatz des sogenannten „Green Hospital“ darauf ab, durch die Berücksichtigung der Umwelt entweder schon bei der Planung eines Krankenhauses, durch die Sanierung schon bestehender Einrichtung oder Umrüstungen mit neuen Technologien im Bereich des Facility Managements den Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastung zu minimieren. Bei der Planung neuer Anlagen werden zudem auch die Aspekte der verbesserten Patientenversorgung und des Wohlbefindens, Mitarbeiterfreundlichkeit, Kommunikation und Vernetzung, sowie wirtschaftliche Effizienz mit einbezogen. Das Konzept „Blue Hospital“ fasst all diese Bestrebungen in den verschiedenen Bereichen zusammen und steht damit für einen Umwelt- und Ressourcen- schonenderen und insgesamt nachhaltigeren und effizienteren Betrieb des Krankenhauses.

Der Verbrauch an Strom, Wärme, Wasser und Licht ist in Krankenhäusern besonders hoch. Zum Beispiel kann ein größeres Klinikum fast den Energiebedarf einer Kleinstadt erreichen, da im Gegensatz zu vielen anderen Einrichtungen ein durchgängiger Betrieb gewährleistet sein muss und die Medizintechnik oft einen hohen Strombedarf aufweist. Oft aber hat der hohe Energieverbrauch seine Ursache nicht am tatsächlichen Bedarf, sondern in veralteten Anlagen und Gebäudetechnik. Auch hier könnten Technologien, die schon in Bereichen der Industrie 4.0 zu Verbesserungen und Einsparungen führen eingesetzt werden. Wird zum Beispiel eine alte Heizanlage durch eine neue Anlage mit Blockheizkraftwerk und smarten Regelungssystemen ersetzt und zudem die Isolierung erneuert, führt dies zu einem deutlich geringeren Verbrauch sowohl im ökologischen, als auch im ökonomischen Sinn, sowie zu einer erhöhten Kostentransparenz. Auch bietet sich für Krankenhäuser die Möglichkeit, einen Teil ihres Energiebedarfs selbst zu decken, z.B. durch die Aufstellung von Photovoltaik-Anlagen oder der Aufbereitung der eigenen Abfälle und Abwässer zur Gewinnung von Biogas. Letzteres könnte zudem genutzt werden, um die Belastung des Grundwassers mit Medikamentenrückständen zu reduzieren. Auch kann überprüft werden, ob bestimmte, bisher als Einwegprodukte genutzte Materialien wiederverwendet werden können, ohne dabei Standards an die Hygiene zu verletzen. Insgesamt lässt sich die ökologische Nachhaltigkeit von Kliniken in vielen Bereichen wie intelligentem Energie- und Gebäudemanagement, modernen Beleuchtungskonzepten, sparsamen Umgang mit Ressourcen wie Wasser und der Verwendung umweltfreundlicher Baustoffe optimieren.

Doch Nachhaltigkeit umfasst nicht nur die Verbesserung der Umweltfreundlichkeit. Auch die Optimierung der Betriebsabläufe ist Teil des Konzeptes. Dabei spielen Aspekte wie intelligente Flächen- und Raumnutzung, sowohl in der Planung, als auch im laufenden Betrieb, aber auch Kommunikation und

Vernetzung zwischen den einzelnen Bereichen des Krankenhauses eine Rolle. Aber bei der Optimierung der Abläufe darf auch nicht das Wohlbefinden der Patienten und des Personals außer Acht gelassen werden. Oft lassen sich die verschiedenen Aspekte jedoch gemeinsam umsetzen. So könnte eine intelligente anpassungsfähige, regelbare LED-Beleuchtung zum einen Energie sparen, zum anderen durch warme Lichttöne und von der Tageszeit abhängige Intensitäten einen natürlichen Schlafrhythmus der Patienten unterstützen. In allen Aspekten finden sich Anwendungsfelder für sogenannte IoT-Technologie (Internet of Things), die es erlaubt, Informationen aus ganz unterschiedlichen Bereichen, von Raumtemperatur und Ressourcenverbrauch, über Patientenbettenauslastung bis hin zu medizinischen Daten zu sammeln, zu analysieren und für weitere Anwendungen nutzbar zu machen.

Um herauszufinden, wie nachhaltig Krankenhäuser in ihrem jetzigen Status sind und in welchen Bereichen Verbesserungsmöglichkeiten liegen, können die Einrichtungen anhand von Vorgaben wie dem BUND-Gütesiegel „Energiesparendes Krankenhaus“ oder dem darüberhinausgehenden „Green+ Check“ von Siemens Healthcare überprüft werden. Letzterer umfasst nicht nur Kennzahlen zu Energieeffizienz und Gebäudeinfrastruktur, sondern auch den Stand der Kommunikation, Medizintechnik und der Aus- und Weiterbildung der Mitarbeiter im Vergleich zu anderen Krankenhäusern. Der Verein der Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik (VDE) hat in seinem Positionspapier „Blue Hospital – Nachhaltigkeit im Krankenhaus“ diese Ansätze aufgenommen, erweitert und zu einer firmenunabhängigen Anwendungsregel weiterentwickelt.

Das Konzept „Blue Hospital“ bietet die Möglichkeit, ungenutzte Einsparoptionen auszuschöpfen, sowohl im ökologischen, als auch ökonomischen Sinn, gleichzeitig aber auch die Effizienz und Qualität der Prozesse, sowie die Patienten- und Personalzufriedenheit zu steigern und so die Wettbewerbsfähigkeit der Einrichtung zu erhöhen. Als nächster Schritt könnte das „Smart Hospital“ stehen, das die Entwicklungen und Maßnahmen des „Blue Hospitals“ aufnimmt, erweitert und in dem intelligente Technologien für höchste Sicherheit der Patienten und Mitarbeiter, sowie für schnellere Kommunikation und abgestimmte Abläufe sorgt.

6.3.4 Supply-Chain-Management

Das Supply-Chain-Management (SCM) bezeichnet den Ansatz, Wertschöpfungs- und Lieferketten ganzheitlich vom Rohstoff zum Anwender über Unternehmens- und Einrichtungsgrenzen hinweg zu organisieren und zu steuern. Im Gesundheitswesen werden damit u.a. die Abläufe von der Herstellung von Arzneimitteln bis zu ihrem Einsatz am Patienten betrachtet.

Wenn in der Industrie und der Konsumgüterwirtschaft die Rede von 4.0 ist, wird oft nur der Fokus auf Fertigungsprozesse innerhalb einer Fabrik bzw. eines Unternehmens gelegt. Durch den Einsatz von moderner IT, „smart devices“ und cyber-physische Systemen sollen Prozesse automatisiert, Daten gesammelt und analysiert, sowie insgesamt die Abläufe effizienter und transparenter werden. In dieser

„smart factory“ sollen zukünftig Fertigungs- und Logistiksysteme miteinander über das IoT selbstständig kommunizieren, Lagerbestände automatisch verwalten und das Produkt auf seinem Weg durch die Fertigung lückenlos verfolgen. Doch die Verwendung von IoT-Technologie kann nicht nur dazu verwendet werden, Warenflüsse innerhalb einer Fabrik zu überwachen und zu steuern. Die erfassten und bereitgestellten Daten können über Cloud-Technologie Partnern wie Zulieferern und Abnehmern weltweit zur Verfügung gestellt werden, wodurch diese besser und schneller auf Änderung von Angebot und Nachfrage reagieren können. Der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) erlaubt es, physische Güterflüsse für das SCM durch Informationsflüsse zu ersetzen. Durch dieses digitale SCM ergeben sich eine bessere Übersicht über die gesamte Wertschöpfungskette und eine erhöhte Transparenz der einzelnen Abläufe.

Im Bereich Krankenhaus ist diese Transparenz oft noch nicht möglich. Die Beschaffungsprozesse in Kliniken unterscheiden sich teilweise deutlich von denen in der Industrie. Die Gründe hierfür sind vielfältig, wie fehlende Standards und Regelungen, aber auch die individuelle Ausstattung und historisch gewachsene Strukturen der einzelnen Häuser. Als Besonderheit im Bereich Krankenhaus kommt die einzuhaltende Versorgungsqualität der Patienten hinzu, sowie der nur begrenzt planbare Bedarf an Medikamenten und Medikalprodukten in Abhängigkeit zu durchgeführten Behandlungen und Behandlungsverläufen. Ein weiteres Problem sind Medienbrüche innerhalb der Abläufe, wie die Übertragung handschriftlicher Notizen in digitale Form. Durch Übertragungsfehler kann es zu Fehlbestellungen oder sogar falscher Medikation des Patienten führen. Eine durchgehend elektronische Dokumentation würde diese Fehlerquellen reduzieren, für mehr Transparenz sorgen und damit ein digitales SCM ermöglichen. Die Digitalisierung von Dokumentation und Kommunikation allein eröffnet schon viele Optimierungspotentiale, sowohl in Bezug auf Versorgungsqualität und Patientensicherheit, als auch in der Kostenreduzierung. Doch der Einsatz von „smarter“ Technologie, wie sie in der Industrie schon Anwendung findet, könnte darüber hinausgehen. Lagersysteme mit „intelligenten Behältern“ könnten ihre Bestände durch Scannen der eingelieferten und entnommenen Produkte selbst verwalten und rechtzeitig und automatisch Nachbestellungen vornehmen. Anwender wie Ärzte könnten mit dem Einsatz von Medical Apps verabreichte Medikamente digital vermerken und damit an die Station, die Krankenhaus-Apotheke und das Lager die Information weiterleiten. Die so gesammelten Daten können auch vom Zulieferer genutzt werden, um bedarfsgerechter zu produzieren und durch die Vernetzung und Transparenz der Vorgänge Engpässe rechtzeitig zu erkennen und Maßnahmen zu ergreifen.

Die immer weitergehende Digitalisierung und Vernetzung von Lieferketten allgemein könnte zu der Entwicklung von digitalen Liefernetzwerken (Digital Supply Networks, DSN) führen. In so einem Netzwerk würden die Prozesse der Lieferkette nicht mehr linear ablaufen, sondern die einzelnen Prozesse dynamisch aufeinander reagieren. Durch erhöhte Transparenz und die Übermittlung von Daten in Echtzeit wäre es möglich das Risiko zu vermindern, dass Ineffizienzen in einer Phase der Lieferkette

Auswirkungen auf die folgenden hätten. Die dafür nötigen Standardisierungen von Daten und Kommunikation würde nicht nur dem Endverbraucher, sondern allen an der Wertschöpfungskette beteiligten Vorteile bringen.

Im Krankenhaus führt die Digitalisierung und Optimierung des SCM und speziell der Logistik nicht nur zu Einsparungen bei Transport und Energieverbrauch, sondern auch zur Verbesserung der Patientensicherheit und Behandlungsqualität. Insgesamt wird das Personal entlastet und kann sich besser auf die primäre Aufgabe, die medizinische Versorgung, konzentrieren.

6.4 Klinisches Prozessmanagement

Klinisches Prozessmanagement 4.0 steht für interoperable und Computer-gestützte Geschäftsprozesssysteme und Applikationen, die administrative und gesundheits-versorgende Abläufe im Unternehmen Krankenhaus regeln. Während Industrie 4.0 vollautomatisierte Abläufe bei der Produktion von Waren und digitalen Diensten anstrebt, sind klinische Prozesse 4.0 Ereignis-getrieben und verfolgen das Ziel, Ereignis-definierte Teilarbeitsabläufe möglichst effizient in den Krankenhausablauf einzubinden, damit Ärzteschaft, Pflege und Verwaltung erfolgreich kooperieren können.

Medical Apps 4.0 sind medizinische Softwareprodukte, die den klinischen Workflow in der ärztlichen und pflegerischen Versorgung koordinieren und unterstützen. Aus dem Wissen zu Arbeitsabläufen eines jeden Teammitglieds und der automatisierten Erfassung von Ereignissen können „Smart Medical Apps“ jedem Teammitglied die Informationen und Daten zur Verfügung stellen, die es zur Erfüllung seiner Teilaufgaben braucht. Da die Aufgaben in den Einzelprozessen jedes Teammitglieds aufeinander abgestimmt sind und zeitsynchron ablaufen, begünstigt deren Orchestrierung den Erfolg der gesamten Teambemühung. E-Health bezeichnet alle Hilfsmittel und Dienstleistungen, bei denen Informations- und Kommunikationstechnologien zum Einsatz kommen und die der Vorbeugung, Diagnose, Behandlung, Überwachung und Verwaltung im Gesundheitswesen dienen. Zu e-Health gehören auch telemedizinische Dienste, die in den Versorgungsprozess des Krankenhauses 4.0 aufgenommen werden können.

Prozessgesteuerte und automatisierte Leistungserfassung und Befundung sind ökonomische Komponenten eines integrierten Prozessmanagementsystems. Sie bieten das Potential, den Aufwand für Dokumentation und Abrechnung zu verringern und dadurch die Effektivität der Abläufe zu steigern. Integrierte und aufeinander abgestimmte e-Health Prozesse im Krankenhaus und im intersektoralen Umfeld sollen dem Patienten ein Kontinuum ärztlicher und pflegerischer Versorgung gewähren und Informationslücken zwischen den versorgenden Institutionen vermeiden. Aus der heterogenen Interaktion mit verschiedenen klinischen Disziplinen die digitale Datenflut systematisch zu nutzen und Informationssynergien zwischen den versorgenden Institutionen abzubilden, bedarf IT-integrierter Ansätze z.B. aus der KI.

6.4.1 E-Health und Medical Apps

Der Begriff e-Health ist ein Ausdruck der Digitalisierung in der Medizin und bezeichnet die elektronische Abwicklung von Kommunikation, Information und Datenerfassung zur Erfüllung jeglicher Aufgaben im Gesundheitswesen. Im Zuge dessen bieten Medical Apps, also medizinische Softwareprodukte und Anwendungen für mobile Endgeräte, eine Unterstützung des Arztes oder des Patienten in Diagnose, Therapie und Überwachung von Krankheiten. Mit solch einer medizinischen Zweckbestimmung gelten diese Apps als Medizinprodukte und müssen somit den Vorgaben des Medizinproduktegesetzes bezüglich Risiko, Sicherheit, Qualität und Überwachung entsprechen.

Eine automatische Analyse erfasster Daten und deren Nutzung durch adaptive, intelligente Software solcher Apps könnten während einer Behandlung die Effektivität der Behandlungsprozesse steigern. Im Sinne einer intelligenten Anwendung können dem Personal bestimmte Arbeitsschritte schon abgenommen werden und für die Behandlung relevante Informationen herausgefiltert werden. Die Verknüpfung moderner IT-Strukturen in klinischen Instituten mit direkter Vernetzung und Anbindung des Patienten soll zu einer Verbesserung der Arbeitsabläufe und einer Vereinfachung des Arbeitsalltags führen.

Die Einsatzmöglichkeiten von Medical Apps sind sehr vielfältig. So besteht bei tragbaren Kleingeräten wie Smartphones und Tablets der Nutzen vor allem darin, unabhängig von einem festen Arbeitsplatz jederzeit beliebige Informationen zu einem Patienten wie der elektronischen Patientenakte (EPA) aufzurufen, zu erfassen, zu visualisieren und als Entscheidungsunterstützung zu nutzen. Weiterhin können Anforderungen und Auftragserteilungen gesteuert und koordiniert werden, um somit die Arbeitsabläufe im Team aufeinander abzustimmen und zu verbessern. Die Vernetzung und Nutzung der Informationen und Daten an unterschiedlichen Orten wird erheblich vereinfacht. Konkrete Anwendungen, für die Medical Apps genutzt werden können, sind beispielsweise der mobile Empfang von Meldungen, wenn neue Befunde oder Ergebnisse vorliegen, eine OP-Plan Ansicht mit aktuellem Status, das Diktieren von Arztbriefen mit digitaler Spracherkennung, automatisierte Auswertung von Vitalparametern und Patienteninformationen, Raum und Bettenbelegungsübersichten, das Erfassen von Patientenbewegungen und vieles mehr. Viele analoge Prozesse können so digitalisiert werden, um den Alltag von Patienten, sowie Ärzten und Pflegern zu erleichtern und Therapien zu verbessern.

Durch bestimmte Anwendungen kann es dem Patienten ermöglicht werden, mehr Einsicht auf seine medizinischen Daten zu erhalten und somit bessere Einblicke in den Krankheitsverlauf, den Behandlungsprozess, Therapien oder ähnliches zu bekommen. Eine Software könnte hierbei durch vorläufige Auswertungen dem Patienten automatisch darüber Rückmeldung geben, ob er sich im Zuge der Behandlung richtig verhält und alles planmäßig verläuft. Im Gegenzug kann klinischen Institutionen mehr

Einsicht in den Alltag des Patienten zur Unterstützung der Diagnostik gewährt werden. Weiterhin verhilft es zu einer individualisierten Therapie und infolgedessen zu einer auf den Patienten abgestimmten, personalisierten Medizin.

Ein Aspekt von e-Health ist zudem die Telemedizin, also die medizinische Betreuung, unabhängig davon, wo sich Patient, Arzt oder medizinische Geräte befinden. Hierdurch wird beispielsweise eine Fernbetreuung und -Überwachung eines Patienten ermöglicht, der sich nicht im Krankenhaus befindet (Remote Monitoring). Weiterhin können durch Telekonsultationen und die Übertragung medizinischer Daten und Bilder medizinisches Wissen ausgetauscht und Ferndiagnosen gestellt werden. Eine breite Anwendung von Telemedizin ist in Deutschland jedoch noch nicht geschaffen und bisher vor allem an den kleinteiligen Organisationsstrukturen im Bereich der stationären und ambulanten Versorgung gescheitert.

Der Bereich von e-Health und Medical Apps bietet großes Potential für neue Anwendungen und innovative Entwicklungen. Deutsche Krankenhäuser zeigen in der IT-basierten Unterstützung bislang noch Lücken auf und könnten die Chancen der Digitalisierung und Vernetzung besser ausnutzen. Dennoch werden die Anwendungsfelder der Medical Apps immer vielfältiger und breiten sich zunehmend im professionellen Bereich aus. Dabei sollte jedoch zusätzlich ein Datenschutzkonzept entwickelt werden, mit welchem gewährleistet werden kann, dass nur die am Behandlungsprozess beteiligten Personen Zugriff auf die Daten haben, da Gesundheitsdaten generell ein großes Missbrauchspotential bieten.

Die Digitalisierung des Gesundheitswesens ist die Grundlage für den Einsatz von 4.0-Technologie. eHealth und im Speziellen die Verwendung von Medical Apps ermöglicht auch den standortunabhängigen Zugriff auf medizinische Daten, was eine Vielzahl neuer Anwendungen erlaubt. Medizinisches Personal kann durch abgestimmte Prozesse und verfügbare Informationen die eigenen Arbeitsabläufe effektiver gestalten, Patienten wiederum werden durch Medical Apps mehr in die eigene Behandlung mit einbezogen. Somit werden die Grenzen einzelner Standorte, vom Arbeitsplatz des Arztes über verschiedene Stationen bis hin zum Behandlungsort des Patienten zunehmend verbunden und somit Teil des Krankenhaus 4.0.

6.4.2 Clinical Unified Collaboration

Unter dem Begriff „Unified Collaboration“, der auch oft zusammen mit dem Begriff „Unified Communication“ genannt wird, versteht man die Integration von verschiedenen Kommunikationsmethoden wie Audio und Video Konferenzen, virtuellen White Boards und erweiterten Kommunikationsmethoden auf eine einheitliche Anwendungsumgebung bzw. eine einzelne Plattform. Neben der Zusammenführung und Organisation mehrerer Medien ist die Bereitstellung von Präsenzinformationen über die einzelnen Mitarbeiter besonders in einem verteilten Arbeitsumfeld von Bedeutung, sowie die Integration und Verfügbarkeit von Kontextinformationen.

Diese Art von Plattformen hat schon in Unternehmen und Firmennetzwerken Einzug gehalten und sich dort inzwischen in den Arbeitsalltag integriert und etabliert. Diese Erfahrungswerte können genutzt werden, um entsprechende Plattformen auch in den klinischen Alltag, mit allen seinen spezifischen Eigenschaften und Schwierigkeiten, zu etablieren.

In der heutigen Zeit haben Krankenhäuser zunehmend mit steigenden Kosten und Personalmangel zu kämpfen. Deswegen muss zusehends darauf geachtet werden, die Effizienz der Abläufe im Krankenhaus zu steigern. Ein großer zeitraubender Faktor im klinischen Arbeitsalltag sind die Kontaktversuche von Mitarbeitern untereinander oder mit anderen Stellen, teilweise ist in Studien von bis zu 30 Minuten pro Tag die Rede. Durch eine allgemein eingesetzte und standardisierte Kommunikationsplattform soll dieser Zeitaufwand für Kontaktversuche durch Präsenzinformation inklusive des verfügbaren Mediums reduziert werden. Generell soll die Kommunikation komplett Software basiert und nicht über mehrere unterschiedliche Kanäle verlaufen. Dadurch ist es schon dem einzelnen Anwendenden möglich, die aktuelle Verfügbarkeit des gewünschten Kontaktes schnell zu ermitteln, den Zeitpunkt der nächsten möglichen Kontaktaufnahme zu planen oder nach anderen verfügbaren Mitarbeitern zu suchen. Durch das Einstellen der eigenen Erreichbarkeit bzgl. Zeit und Medium wird es dem einzelnen erlaubt, Zeiten kund zu tun, an denen seine Erreichbarkeit eingeschränkt ist.

Diese allgemein eingesetzte Plattform kann es zudem ermöglichen, Videokonferenzen zu schalten oder Bildschirminhalte zu teilen oder zu bearbeiten, welches jederzeit und an jedem Ort möglich sein soll. Somit können sich solche Plattformen auch über Anwendungen auf mobilen Endgeräten in den Workflow des klinischen Fachpersonals wie z.B. Ärzten bei Visiten eingliedern. Es können unterschiedliche Gruppen miteinander in Echtzeit kommunizieren und somit auch Informationen auf direktem Wege geteilt werden, wie z.B. das Versenden von Labordaten direkt an das Pflegepersonal des Patienten. Dadurch, dass viele Anwendende in einem System gleichzeitig aktiv sein können, wird es auch multi-mandantenfähig genannt.

Bei den ersten Umsetzungen werden Mobiltelefone eingesetzt, die sich wahlweise in das hauseigene WLAN verbinden oder über mobiles Internet laufen. Dadurch wird eine möglichst lückenlose Erreichbarkeit gewährleistet. Auch durch die Vernetzung mit dem Patienten eigenen Smartphone kann das Pflegepersonal sich Arbeitswege sparen, da diese nicht mehr gezwungen sind, persönlich nach deren Wünschen zu fragen, sondern es per Text-Message erfragen können. Inzwischen gibt es jedoch auch schon weitreichendere Angebote für einheitliche Kollaborations- und Kommunikations-Plattformen, je nach den jeweiligen Voraussetzungen und Kontext wie dem Einsatzgebiet Krankenhaus mit spezifischen Umsetzungsmöglichkeiten, wie die Bereitstellung als Hosting-Lösung.

Durch die Integration einer Unified Collaboration and Communication Platform würden sich die Erfolge aus dem betrieblichen Umfeld auf das Krankenhaus übertragen und somit auch dort zu einer

einfacheren und direkteren Kommunikation führen. Neben der Effizienzsteigerung bei der Kommunikation des Personals untereinander erleichtert dies auch relevante Informationen an den Patienten weiterzugeben, um ihn damit mehr in die eigene Behandlung zu integrieren und mehr Transparenz zu gewährleisten. Eine gemeinsame Anwendungsumgebung macht es möglich, modernste Kommunikationstechnologie nutzen, aber besonders im klinischen Alltag nicht durch die Komplexität der verschiedenen Medien eingeschränkt zu werden.

6.4.3 Qualitäts- und Leistungserfassung und Dokumentation

Dokumentation spielt in allen Bereichen des Krankenhaus-Alltags eine wesentliche Rolle. Die Erfassung der Patientendaten zum einen und die Dokumentation jeglicher Arbeitshandlungen zum anderen ist dadurch fest in den klinischen Prozessen integriert. Eine zuverlässige Dokumentation klinischer Leistungen ist wichtig für die Transparenz von Abläufen, ein funktionierendes Qualitätsmanagement und weitere administrative Aufgaben. Das damit gesammelte Wissen kann für weitere Zwecke, wie Forschung und auch Lehre verwendet werden. Um eine zuverlässige Dokumentation zwischen verschiedenen Einrichtungen zu ermöglichen, ist eine intelligente Vernetzung zwischen Krankenhäusern, Ausbildungs- und Forschungseinrichtungen nötig, die mit 4.0 Technologien erreicht werden soll.

Im Zuge einer vernetzten und intelligent gesteuerten Datenerfassung wird versucht, den Zeitaufwand der Erfassung zu reduzieren. Auch hier soll mit mobilen Anwendungen die Dokumentation möglichst automatisiert stattfinden und somit das Personal bei der Erfassung der Leistung unterstützen. Bei entsprechend guter Implementierung der Dokumentation in die Arbeitsprozesse können zudem Rückschlüsse auf die Qualität der Leistungen gezogen werden. Dies ermöglicht eine flexiblere bzw. transparentere Bewertung der Leistungen und auch genauere Abrechnungsmöglichkeiten.

Um eine ständige Datenverfügbarkeit zu gewährleisten findet die Dokumentation in medizinischen Einrichtungen, wie Arztpraxen, Reha-Kliniken und bei Therapeuten inzwischen überwiegend EDV gestützt statt. Jedoch fehlt es dort noch an geeigneten Schnittstellen, sodass ohne große Schwierigkeiten von anderen Institutionen auf diese Daten zugegriffen werden könnte. In den Krankenhäusern werden aktuell verschiedene Systeme zur Datenerfassung genutzt, jedoch kein einheitliches EDV-System. Zudem gibt es viele Bereiche, in denen die Dokumentation noch nicht komplett digitalisiert, sondern teils per Papier erfolgt. Papierdokumente sind jedoch nur bedingt für andere Einrichtungen verfügbar, können verloren gehen bzw. falsch registriert werden, durch Berührung mit Flüssigkeiten unlesbar werden, oder gar aufgrund von schlechter Handschrift anderer Mitarbeiter teils nicht entzifferbar sein. Für eine Behandlung des Patienten wesentliche Informationen können somit fehlerhaft weitergeleitet werden. Eine weitere Fehlerquelle sind Medienbrüche zwischen Papierdokumenten und digitaler Erfassung, da auch hier Informationen falsch bzw. gar nicht übertragen werden können.

Auch für die Forschung stellt die verbesserte Datenverfügbarkeit eine Chance dar. Medizinische Studien können von zugänglicher Dokumentation bestimmter Behandlungsabläufe profitieren, wie die Erfassung von Nebenwirkungen neu eingeführter Medikamente weit über die Erfahrungen der eigenen Einrichtung hinaus. Um die Vernetzung bzw. einen einrichtungsübergreifenden Zugriff auf Datenbanken zu ermöglichen, bieten sich verschiedene Cloud-Services an. Um auf diesen großen Datenmengen (Big Data) erfolgreiche, aber auch anonymisiert Erkenntnisse zu gewinnen, sind weitere intelligente Services nötig und ebenfalls als Cloud-Dienst integrierbar. Hier sind neben dem Schutz persönlicher Daten auch weitere Sicherheitsaspekte wie Ausfallschutz und Cyber-Sicherheit zu beachten.

Die Dokumentation dient zudem auch der Patientensicherheit. Damit Patienten eine bestmögliche Behandlung bekommen, benötigt ein Krankenhaus ein Qualitätsmanagement-System, welches behandelnde Maßnahmen überwacht, Verbesserungspotentiale erkennt und umsetzt. Sowohl im Gesundheitswesen, als auch im Krankenhaus hat sich das Qualitätsmanagement-System nach internationaler DIN EN ISO 9001 etabliert. Der gemeinsame Bundesausschuss schreibt Richtlinien für ein QM-System vor, die Wahl der DIN Norm ist jedoch solange die Richtlinien eingehalten werden offen. Innerhalb dieser Norm werden Mindestanforderungen an Struktur- bzw. Prozess- und Ergebnisqualität erbrachter Leistungen und der Qualitätssicherung geregelt. Als Maßnahmen der Qualitätssicherung werden dort unter anderem Fortbildungsverpflichtungen aufgeführt. Das Qualitätsmanagement-System ist im Allgemeinen in Aufbauorganisation und Ablauforganisation unterteilt. Die Aufbauorganisation stellt eine klare Regelung bezüglich der Verantwortungsverteilung auf, die Ablauforganisation hingegen verläuft nach dem sogenannten PDCA-Zyklus: Plan - Do - Check - Act. Der Ablauforganisations-Prozess lässt sich mit Hilfe von smarter Vernetzung bezüglich der einzelnen Schnittstellen automatisieren. Bei der Ablauforganisation wird im ersten Schritt ein Problem, bzw. nicht idealer Ablauf identifiziert, danach werden Lösungsvorschläge gefunden, Ergebnisse präsentiert und Lösungsvorschläge umgesetzt, Abläufe überwacht und ggf. angepasst. Unterstützende Qualitätsmanagement-System-Softwares erlauben es, diese Prozesse zu automatisieren und somit Qualitätsanforderungen zu erreichen und Normen einzuhalten.

In Zukunft soll die Dokumentation in Einrichtungen des Gesundheitswesens immer weiter digitalisiert und automatisiert werden, um einerseits die Nachteile einer papierbasierten Dokumentation zu umgehen und andererseits durch neue Technologien die so gesammelten Daten als Wissensquelle nutzbar zu machen. Dies setzt voraus, dass über gemeinsame Datenschnittstellen zwischen den einzelnen Einrichtungen, Systemen und Programmen für die Benutzenden eine einfache Integration in den Prozessalltag stattfindet. In Hinblick auf das Qualitätsmanagement lässt sich neben der durch zugängliche Informationen erhöhte Transparenz besonders die Ablauforganisation mit den Möglichkeiten einer Qualitätsmanagement-Software automatisieren, sodass klinische Prozesse und medizinische Abläufe automatisch überwacht und ggf. im Zuge des Qualitätssicherungszyklus angepasst werden können.

Aus den so gewonnen Daten lassen sich weitere Qualitäts-Regelabläufe etablieren, Prozesse verbessern und insgesamt die Effizienz des Krankenhauses erhöhen.

6.4.4 Integrierte klinische Prozesse

Integrierte klinische Prozesse sorgen in einem Krankenhaus für effektivere Behandlungsabläufe. Automatisierte Vorgänge werden nicht einzeln betrachtet, sondern miteinander verbunden und über gesamte Prozesse integriert. Dies ermöglicht reibungslose Abläufe zwischen einzelnen Abteilungen und versorgenden Institutionen und schafft letztendlich die Voraussetzung für eine durchgehende kompetente Versorgung der Patienten ohne Informationslücken. Eine automatische Adaption an neue oder sich verändernde Gegebenheiten mithilfe von Prozessmanagementsystemen stellt ein intelligentes Werkzeug zur Erfüllung der medizinischen Behandlungsprozesse dar.

Die meisten Krankenhäuser besitzen Systeme für die Leistungsanforderung und Befundrückmeldung, zum Beispiel im Zuge der Stationskommunikation mit dem Labor. So kann das Personal von der Station aus elektronisch eine Untersuchung im Labor anfordern und bekommt anschließend automatisch den Befund zurückgemeldet. Auch sollten Leistungsanforderungen und Befunde überall abrufbar sein, beispielsweise bei der Visite, der OP Vor- und Nachbereitung, bei Entlassung eines Patienten oder mobil über Medical Apps. Infolge solch einer grenzüberschreitenden Vernetzung und der abteilungsübergreifenden Datenverfügbarkeit wird zeitsparender gearbeitet und eine nahtlose Patientenversorgung gewährleistet. Durch die Datenintegration über eine einheitliche elektronische Patientenakte (EPA), deren Verbreitung in der letzten Zeit sichtbar zugenommen hat, werden alle notwendigen Informationen über einen Patienten an einem Ort zusammengestellt. Die EPA kann umfassende Funktionsunterstützung liefern und als Basis für ein gezieltes, übergreifendes Behandlungsmanagement dienen. Voraussetzung dafür sind gemeinsame Standards, sowohl bzgl. Datei- und Informationsformaten, als auch für die Definition klinischer Prozesse selbst.

Sogenannte integrierte klinische Behandlungspfade oder Clinical Pathways sind ein Werkzeug für optimierte, transparente und klar definierte Behandlungsprozesse. Sie stellen den optimalen Ablauf eines Falltyps mit allen für Fälle dieser Art wichtigen diagnostischen und therapeutischen Leistungen, sowie deren zeitlicher Reihenfolge, dar. Clinical Pathways bieten somit eine fallbezogene Ablaufstandardisierung, die den Weg eines Patienten von der Aufnahme bis zur Entlassung vergleichbar abbildet. Um zu überwachen, ob dieser Ablauf eingehalten wird, können moderne Trackingtechnologie und sogenannte „Smart Devices“ eingesetzt werden, damit die Vorgänge eine digitale Entsprechung erhalten. Hierdurch haben sowohl die Ärzte als auch die Patienten einen transparenten Überblick über den gesamten Behandlungsprozess. Zudem werden beispielsweise doppelte Untersuchungen vermieden. Es kommt zu einem minimalen Ressourceneinsatz, einer Verkürzung der Verweildauer des Patienten und

somit zu einer Kostenersparnis und mehr Nachhaltigkeit. Der Aufwand einer Implementierung und Integration solcher Pfade ist zwar relativ hoch, sie wirken sich jedoch bewiesenermaßen positiv auf die Prozessqualität aus. Während sie in den USA und Australien schon seit längerem als Instrument des Prozessmanagements eingesetzt werden, ist der Einsatz der Clinical Pathways in deutschen Krankenhäusern noch nicht besonders weit entwickelt und bietet somit noch viel Potential.

Eine Schwierigkeit bei der Entwicklung neuer integrierter klinischer Prozesse liegt darin, dass bestehende Prozesse und Behandlungsroutinen oft sehr komplex sind. Um neue Prozesse in die bestehenden Systeme zu integrieren, muss häufig ein erheblicher Aufwand betrieben werden. Dennoch lohnt es sich in vielen Fällen, diesen Aufwand zu betreiben, um letztendlich dem Personal im Krankenhaus die Möglichkeit zu geben, die Effektivität ihrer Abläufe zu steigern und untereinander erfolgreich zu kooperieren. Zudem werden den Patienten die bestmöglichen Versorgungsabläufe ermöglicht. Entscheidend für die erfolgreiche Organisation integrierter Prozesse ist die umfassende Integration einheitlicher IT-Systeme, um Informationsbrüche zu vermeiden und eine digitale Vernetzung und Kommunikation zu ermöglichen, nicht nur innerhalb einer Klinik, sondern auch nach außen, zu anderen Kliniken oder Praxen.

Eine zusammenfassende Übersicht der Fokusthemen von Krankenhaus 4.0 samt adressierter Nutzenpotenziale ergibt sich in Tabelle 19.

Tabelle 19: Fokusthemen

Fokusthemen	Inhalt	Nutzen
Hospital IT 4.0	Vernetzung, zentrale Speicherung, Cloud-Systeme, Informations-/Datensicherheit, Standardisierung, Datenaustausch, mobiler Datenzugriff, eHealth	Datenverfügbarkeit/-aktualität, erleichteter Datenzugriff/-austausch, Ausfallsicherheit, Mobilität, Kosten/Zeitersparnis
Medizintechnik 4.0	Automatisierung, Assistenz, Cyber-physical-systems, Gerätevernetzung, Eingabe-/Steuerungstechnologien, Mensch-Maschine-Interaktion, condition monitoring, predictive maintenance	Kontrollgewinn, effizientere Behandlung, Zeitersparnis, Reduzierung Kontrollaufwand, Funktionsgewährleistung, Fehlerreduktion
Facility Management 4.0	IoT, Gerätevernetzung, digital twin, elektronische Patientenakten, condition monitoring der Infrastruktur, predictive maintenance, Steuerung und Organisation, Informationsaustausch, smart devices, nachhaltiger Ressourceneinsatz, intelligentes Energie-/Gebäude-management	Logistikoptimierung, Kosten-/Zeitersparnis, Flexibilität, Funktionsgewährleistung, Ressourceneinsparung, Prozessqualität, Reduzierung Fehlerquellen
Klinisches Prozessmanagement 4.0	Datenverfügbarkeit, mobiler Datenzugriff, Fernbetreuung, personalisierte Medizin, Prozessmanagement, elektronische Patientenakten, Qualitätsmonitoring, Kommunikationsoptimierung	Effektivere Behandlungsprozesse, Datenverfügbarkeit, rechtliche Absicherung, bessere Patientenbetreuung, effizientere Kommunikation, Zeitersparnis

7. Geschäftsmodelle 4.0

Wie bereits in Kapitel 5 gezeigt wurde, kann ein Unternehmen einen internen Nutzen vor allem durch Kosteneinsparungen und Prozessoptimierungen erzielen. Für die Generierung eines wirklichen Mehrwertes im Sinne höherer Erträge ist aber die Vermarktung außerhalb des Unternehmens entscheidend. Industrie 4.0 ermöglicht dabei eine Vielzahl von Möglichkeiten für die Anpassung und Verbesserung der eigenen Markttätigkeit. Sowohl neue als auch bereits vorhandene angepasste Geschäftsmodelle können das Angebot eines Unternehmens vergrößern und die Absatzmöglichkeiten verbessern. Diese Modelle heben die Bedeutung des Kunden und die Attraktivität der Produkte hervor. Der Bezug zu neuen Geschäftsmodellen ergibt sich aus jeder nutzbringenden Verwendung der neuen Technologien und Ideen als Erweiterung gegebener Produktportfolios oder als Dienstleistung. In der Praxis existieren viele dieser Konzepte als Kombination mehrerer verschiedener Modelle.

Dieses Kapitel widmet sich den mit Industrie 4.0 in Verbindung stehenden Geschäftskonzepten und stellt einige ausgewählte Modelle vor. Als Grundlage für die Auswahl diene dabei die Grundlegende Kategorisierung von Geschäftsmodellen mit dem St. Galler Business Model Navigator. Durch den Fokus auf die Klinikumgebung wurde bei der Auswahl der exemplarisch vorgestellten Modelle auf den Bezug zu den Fokusthemen von Krankenhaus 4.0 geachtet. Hierzu zählen unter anderem Modelle mit hohem Kunden- bzw. Patientenkontakt und solche, die von medizintechnischen Herstellern und Zulieferern genutzt werden können und bei denen Kliniken profitieren. Weitere Beispiele für Geschäftsmodelle, die im medizinischen Bereich von Interesse sind, finden sich im Anhang 1.

7.1 Add-on

Bei dem Geschäftsmodell *Add-on* wird der eigentliche Umsatz nicht mit dem vermeintlichen Kernprodukt erwirtschaftet. Ein Unternehmen bietet Basisleistungen zu einem günstigen Preis an. Zusätzlich zu dem Basisprodukt werden komplementäre kostenpflichtige Optionen und Extras angeboten. Durch Zukauf dieser Zusätze steigt der Ertrag und der günstige Ausgangspreis des Kernprodukts wird mehr als ausgeglichen. Die möglichen Extras hängen dabei von der Art der Basisleistung ab und können sehr unterschiedlich ausfallen. Programme und Apps können beispielsweise mit zusätzlichen Funktionen ausgestattet werden, Produkte erhalten Erweiterungen und zusätzliche Attribute oder gekoppelte Services sowie Zubehör werden angeboten.

Die Vorteile für das Unternehmen, das ein solches Modell verwendet, sind vor allem ein attraktiver werbewirksamer Preis des Kernproduktes und hohe erzielbare Preise durch die Add-ons. Ob Kunden dabei Extras bezahlen oder nur das Basisprodukt verwenden, ist dabei ihnen selbst überlassen. Für den Kunden liegt der Nutzen genau in dieser Individualisierungsmöglichkeit einer angebotenen Basisleistung. Normalerweise muss der Hersteller die Produkte so gestalten, dass ein optimaler Nutzen für eine

größtmögliche Interessengruppe entsteht. Durch die Möglichkeit der individuellen Zubuchung von Optionen kann der Kunde die Basisleistung selbst erweitern, bis ein persönlicher optimaler Nutzen erzielt wird. Auf nicht benötigte Funktionen kann dabei verzichtet werden. Interessant ist die Verwendung dieses Modells vor allem im Bereich der mobilen Anwendungen und Assistenzsysteme sowie generell im Softwarebereich bei Upgrades einer Basissoftware.

Das Geschäftsmodell *Add-on* eignet sich vor allem für nicht klar segmentierbare Märkte, auf denen die Wünsche und Anforderungen der Kunden heterogen ausfallen. Mit einheitlichen Produkten kann vielen Interessenten kein optimales Nutzenversprechen gegeben werden. Der Gesundheitsmarkt wird heterogener und Kundenwünsche ändern sich. Kliniken präferieren individuell angepasste Ausstattungen und auch Patienten legen immer höheren Wert auf personalisierte und auf sie zugeschnittene Behandlung bzw. Betreuung. Der Zukauf von verschiedenen Smart Services zu einem medizinischen Assistenzsystem sind ein Beispiel des Modells *Add-on* mit einem Krankenhaus als Kunden. Bei solchen Assistenzsystemen individuell gestaltete finale Produkt den gestellten Anforderungen durch die spezielle Anpassung gerecht werden. Dieses Modell ist außerdem im Bereich von eHealth, Medical Apps und sonstige mobile Anwendungen nutzbar. Auf der Patientenseite kann beispielsweise eine Gesundheitsapp als Basisprodukt dienen. Zusätzliche Funktionen und Anzeigen können durch Zukauf durch den Patienten freigeschaltet werden.

Tabelle 20: Geschäftsmodell Add-on

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Add-on	- Günstiges Basisprodukt - Zusatzoptionen für Individualisierung	- Kundengewinnung/-bindung - Mehrverkäufe	- Cloud IT - Mobile Anwendungen - Interoperable Systeme - Assistenzsysteme

7.2 Barter

Barter ist der englische Begriff für Tauschhandel. Wie der Name impliziert geht es bei diesem Geschäftsmodell um den Leistungsaustausch ohne monetäre Leistungen. Produkte und Dienstleistungen werden kostenlos abgegeben, um eine naturale Gegenleistung zu erhalten. Der eigentliche Inhalt der Transaktion kann dabei stark voneinander abweichen. Die Austauschgegenstände müssen für die Beteiligten zu dem Zeitpunkt des Handels einen ähnlichen Wert haben, auch wenn die Ressourcen in einer anderen Situation unterschiedlich bewertet werden.

Dieses entgeltlose Kompensationsgeschäft kann dabei effizienter und günstiger ausfallen als ein vergleichbarer monetärer Handel. Nutzen entsteht vor allem bei eigener Ressourcenüberkapazität. Unternehmen können so an benötigte Produkte kommen, ohne große Investitionen tätigen zu müssen.

Außerdem ist dieses Konzept bei der Steigerung der Bekanntheit nützlich und Kunden können mit geringem Investitionsvolumen auf beiden Seiten an die eigenen Leistungen herangeführt werden. Medizintechnik-Unternehmen stellen so beispielsweise kostenlos Geräte an Krankenhäuser und Ärzte im Rahmen von Studien zur Verfügung. Diese verwenden die Geräte in klinischen Studien, wodurch sie den Patienten zugutekommen. Die Unternehmen profitieren wiederum von den Resultaten der Studien und erhöhen den Bekanntheitsgrad der eigenen Geräte über Veröffentlichungen. Möglich ist z.B. auch die unentgeltliche Bereitstellung einer Software oder einer App. Die mit der Verwendung entstehenden Daten und Informationen können wiederum den Unternehmen zur Verfügung gestellt werden, die diese für weitere Produktentwicklung nutzen.

Tabelle 21: Geschäftsmodell Barter

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Barter	- Tauschgeschäfte mit Produkten/Dienstleistungen anstatt monetärer Transaktionen	- Kostenersparnis - Effizientere Transaktionen	- Studien mit Vermarktungseffekt - Datenaquisition für Produktentwicklung

7.3 Cross Selling

Beim *Cross Selling* werden Produkte mit komplementären Leistungen ergänzt. Komplementäre Leistungen können dabei andere passende Produkte oder auch Dienstleistungen eines Unternehmens sein, ggf. auch von anderen Anbietern. So können zu dem bereits bestehenden Leistungsangebot Zusatzverkäufe realisiert werden. Aus einem einzelnen Verkauf wird also der Absatz mehrerer Leistungen. Die komplementären Produkte bauen nicht unbedingt aufeinander auf und sind häufig auch einzeln verwendbar. Als Verwender des Modells *Solution Provider* wäre es z.B. möglich, die einzelnen komplementären Produkte im Vorfeld zu individuellen Gesamtlösungen zu kombinieren. Der Kunde hat in diesem Fall alle Leistungen aus einer Hand. Nutzbar ist das Modell *Cross Selling* vor allem auch in den Bereichen der Interoperabilität und Usability, in denen durch Kombination von Produkten ein höherer Nutzen entstehen kann. Außerdem ist es eine gute Möglichkeit für den Absatz von Leistungen im Bereich Wartung und Service.

Der Vorteil eines bzw. mehrerer Unternehmen liegt dabei in der Steigerung des Umsatzes. Dieser höhere Absatz ist möglich ohne in mehr Marketing oder neue Kundengewinnungsmaßnahmen investieren zu müssen. Die Verwendung dieses Modells ist besonders bei interoperablen Produkten interessant. Durch das Angebot komplementärer vernetzter Instrumente und Geräte kann der Kunde die ursprünglich gewünschte Funktion erweitern. Bei der Ausstattung von Operationssälen in einem Krankenhaus kann so von Anfang an auf Kompatibilität geachtet werden. Eine weitere Möglichkeit ist der Verkauf eines Produkts bzw. Geräts mit komplementärer Dienstleistung. Diese könnte beispielsweise

ein Wartungs- und Instandhaltungsservice oder Schulung sein, die der Kunde direkt mitbestellen kann. Hier liegt auch der primäre Nutzen für den Kunden. Ein größerer Teil des Bedarfs kann aus einer einzigen Quelle abgedeckt werden und muss nicht einzeln von verschiedenen Anbietern bezogen werden. Dies senkt die Suchkosten und reduziert den Beschaffungsaufwand. Außerdem bringt es dem Kunden ein höheres Maß an Sicherheit. Die Beschaffung aus derselben Quelle reduziert das Risiko fehlender Kompatibilität zwischen den Geräten bei gewünschter Vernetzung und stellt die nötige Kompetenz bei zugebuchten Wartungsdienstleistungen sicher. Nicht zuletzt stellt die gegenseitige Verweisung von Unternehmen auf interoperable Produkte einen gemeinsamen Vermarktungsmehrwert dar. Auch im Bereich Wartung und Service kann dieses Modell Anwendung finden. Durch ein Angebot über Service- und Wartungsleistungen bereits bei Produktverkauf kann es zu Zusatzverkäufen von komplementären Instandhaltungsleistungen kommen.

Tabelle 22: Geschäftsmodell Cross-Selling

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Cross-Selling	- Zusatzverkauf von komplementären Produkten/Dienstleistungen	- Kundengewinnung/-bindung - Mehrverkäufe	- Interoperabilität/vernetzte Produkte - Komplementäre Wartung und technischer Service - Unified Collaboration

7.4 Experience Selling

Bei dem Geschäftsmodell *Experience Selling* steht nicht nur das eigentliche Produkt im Fokus, sondern auch die Erlebnisse und Erfahrungen, die der Kunde beim Kauf oder der Verwendung macht. Es wird versucht, die eigenen Leistungen zu emotionalisieren und sich somit von konkurrierenden Angeboten zu differenzieren. Die Funktionalität des Produkts spielt dabei trotzdem eine wichtige Rolle. Ohne die gewünschte hohe Funktionalität ist eine positive Nutzungserfahrung nicht zu realisieren. Positiven Erfahrungen lassen sich je nach Art der Leistung auf unterschiedliche Art erreichen. Im Bereich Usability können positive Nutzungserfahrungen dadurch vermittelt werden, wenn die Bedienbarkeit einfach und intuitiv ausfällt. Die reibungslose Einbindung in den Anwendungskontext beim Kunden kann berücksichtigt werden. Hierzu zählen auch die einfache Einrichtung, hohe Verfügbarkeit und schnelle Personalschulung. Die Bereitstellung von produkt- bzw. leistungsbegleitenden Daten im Hinblick auf Qualitäts- und Leistungserfassung oder –dokumentation verschafft positive Anwendungserfahrungen ebenso wie jegliche unterstützende Assistenzfunktion.

Durch hohe emotionale Erfahrung soll eine langfristige Kundenbindung entstehen. Die Nutzer sollen auch in Zukunft die positiven Erlebnisse und Erinnerungen bei Kaufentscheidungen berücksichtigen.

Durch die emotionale Bindung kann es auch möglich sein, einen höheren Preis als Konkurrenzprodukte zu verlangen. Das Erlebnis wird mitbezahlt. Neben dem erzielbaren Preis und der Kundenbindung vermittelt dieses Modell auch ein positives Bild des Unternehmens. Dies kann für Marketing und neue Kundengewinnung genutzt werden.

Auch Krankenhäuser selbst müssen wirtschaftlich arbeiten und stehen in Konkurrenz zu anderen Kliniken. Um Patienten in ihrer Wahl zu beeinflussen, kann der Klinikaufenthalt möglichst angenehm gestaltet werden. In die Beurteilung des Patienten fließen dabei verschiedene Aspekte ein. Diese reichen von der Freundlichkeit der Schwestern über die Kompetenz der Ärzte und Wartezeiten bis hin zu einem angenehmen Raumklima durch schön gestaltete Wartebereiche bis hin zu hohen Qualitäten bei Hygiene- und Reinigungsstandards. Auch die nachhaltige Nutzung von Ressourcen kann bei geeigneter Kommunikation zu positiven Emotionen führen, wodurch etwa das Blue/Green-Hospital-Konzept an Bedeutung gewinnt. Für Hersteller medizintechnischer Geräte ist mit Blick auf *Experience Selling* die Usability der eigenen Produkte wichtig. Eine komfortable Bedienung und Ermöglichung eines effizienten Arbeitens spielt eine große Rolle bei der Kaufentscheidung seitens der Ärzte und Krankenhäuser. Dies gilt in gleichem Maße für Softwareanwendungen und Applikationen, die sich möglichst Problemlos in den Klinikalltag integrieren können lassen müssen.

Tabelle 23: Geschäftsmodell Experience Selling

Geschäftsmodell	Inhalt		Nutzen		Anwendungsgebiet
Experience Selling	-	Emotionalisierung von Produkten	-	Kundengewinnung/-bindung	- Usability - Sustainability Green/Blue Hospital - eHealth, medical Apps - Assistenzfunktionen
	-	Verbindung der Nutzung mit einem positiven Erlebnis			

7.5 Guaranteed Availability

In diesem Modell steht nicht der Erwerb eines Gegenstandes im Vordergrund, sondern die Verfügbarkeit eines Produktes bzw. einer Leistung wird vom Kunden bezahlt. Die gekaufte Verfügbarkeitsgarantie senkt somit potenzielle Verluste durch Ausfall eines technischen Produktes. Kosten für Ersatzbeschaffung, Ausfälle und Reparaturarbeiten werden gesenkt. Ersatzgeräte können bereitgestellt werden und Reparatur- und Wartungsarbeiten werden im Rahmen der Verfügbarkeitsleistungen durchgeführt. Der Kunde bezahlt dafür normalerweise einen regelmäßigen Pauschalbetrag und erhält im Gegenzug alle Leistungen, die für die dauerhafte Verfügbarkeit nötig sind.

Für Unternehmen besteht der Vorteil in einer intensiveren Kundenbeziehung. Durch langfristige Verträge mit erfolgreicher Umsetzung kann eine starke Bindung an Produkte bzw. Leistungen erzeugt werden. Außerdem ist natürlich ein Preisaufschlag auf die Basisleistung gegenüber dem Produktverkauf möglich. Unternehmen können durch neue Sensoren, Leistungsdokumentation der Gerätenutzung und IT-gestützte Instandhaltung häufig Probleme frühzeitig erkennen und beheben, ohne dass es zu größeren Arbeitseinschränkungen auf Seiten des Kunden kommt. Durch diese Möglichkeiten kann ein Unternehmen das Risiko teurer Ersatzgeräte minimieren.

Der Nutzen auf der Kundenseite ist die gebotene Sicherheit. Das Risiko teurer Produktionsausfälle wird reduziert und betriebliche Prozesse sind geschützt. Kliniken sind auf die Funktionsfähigkeit vieler Geräte und Instrumente in nahezu allen Prozessen angewiesen. Bei dem Ausfall von medizinischen Überwachungsgeräten oder Operationsinstrumenten können neben hohen Investitionen für Ersatzgeräte und zeitliche Verzögerungen auch zu lebensbedrohlichen Situationen für Patienten kommen. Eine *Guaranteed Availability* erhöht die Sicherheit und den Schutz vor solchen Ausfällen und ermöglicht einen reibungslosen Krankenhausbetrieb. Investitionskosten und „total costs of ownership“ können reduziert werden.

Tabelle 24: Geschäftsmodell *Guaranteed Availability*

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Guaranteed Availability	- Gewährleistete Verfügbarkeit der Produkte - Absicherung gegen Ausfall	- Kundenbindung - Absatz zusätzlicher Leistungen	- Wartung und technischer Service - IT-gestützte Instandhaltung

7.6 Customization

Customization steht für die Individualisierung von Massen-, im Medizintechnikumfeld eher Serien-Produkten. Das Ziel dieses Modells ist die individuelle Anpassung eines Produktes an den Kunden und dadurch erhöhte Wertigkeit. Anpassung an die Bedürfnisse des Kunden und Effizienzvorteile der Serien-Produktion sollen kombiniert werden. Durch Modularisierung lassen sich diese verschiedenen Bedingungen erfüllen. Modularisierte Produktarchitekturen ermöglichen die Fertigung verschiedener Endprodukte durch die Nutzung von standardisierten Bauteilen. Die Kombination und Austausch von Bauteilen wird auf die Bedürfnisse eines Kunden abgestimmt. Für die Wünsche von heterogenen Kunden, die von Basiskonfigurationen abweichen, können einzelne Module verändert werden. Durch die Standardisierung von Bauteilen sind ein hoher Variantenreichtum und die Produktion von kleinen Losgrößen möglich. Dieses Modell betrifft vor allem die Bereiche Interoperabilität und Assistenzsysteme bei Geräten und Instrumentarien, in denen die Erwartungen der Kunden gezielt erfüllt werden sollen, indem die Produkte individuell auf sie abgestimmt sind.

Unternehmen können sich durch die Individualisierungsmöglichkeiten von Konkurrenten abgrenzen. Vor allem gegenüber in der herkömmlichen Serienproduktion gefertigten Produkten bietet diese Methode eine höhere Attraktivität für den Kunden. Durch die Standardisierung von Modulen lässt sich außerdem ein ähnliches Kostenniveau erreichen, wodurch kein Preisnachteil wie bei Einzelanfertigungen entsteht. Der Kunde erhält ein auf ihn zugeschnittenes Produkt, das seinen Bedürfnissen entspricht. Auch der Wartungsaufwand lässt sich durch Einsatz einheitlicher Bausteine begrenzen und Geräte können durch Austausch defekter Module leicht repariert und instand gehalten werden. Dies erleichtert die Wartung und den technischen Service der Geräte. Die Instandhaltung ist, basierend auf Auswertungen von Instandhaltungsanalysen, durch gleiche Bauteile vereinfacht. Nach erfolgreicher Anwendung in der Automobilbranche, in der Kunden ihre Autos durch *Customization* anpassen können, können die Vorteile auch auf die Medizintechnik übertragen werden. Die Bedürfnisse ändern sich je nach Anwendungsgebiet, wodurch sich auch die Ansprüche an medizinische Geräte ändern. Durch die Modularisierung lassen sich auf einfachem Weg „customized“ Geräte ohne hohen Kostenaufwand realisieren. Die Standardisierung einzelner Module fördert zudem die Interoperabilität. Durch die Verwendung gleicher Modulbausteine in verschiedenen Geräten und ihren Schnittstellen ist eine leichtere Vernetzung möglich.

Tabelle 25: Geschäftsmodell Mass Customization

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Mass Customization	- Individuelle Produktanpassung - Modularisierte Produktarchitektur für Effizienzbedingungen bei Serienproduktion	- Kundenzufriedenheit - Produktvielfalt - Kosteneinsparungen	- Interoperabilität - Wartung und technischer Service - IT-gestützte Instandhaltung - Assistenzsysteme

7.7 Pay per Use

Pay per Use ist eines der am häufigsten mit Industrie 4.0 in Verbindung gebrachten Geschäftsmodelle. In dem Modell wird die Nutzung einer Leistung bzw. eines Produktes und nicht das Eigentumsrecht vom Kunden bezahlt. Die Abrechnung erfolgt dabei auf Basis der effektiven Nutzung durch den Kunden. Die Verwendung eines Gerätes kann so beispielsweise anhand der genutzten Leistungseinheiten innerhalb eines bestimmten Zeitraums abgerechnet werden. Dieses Modell wird von der Verwendung neuer kostengünstiger Sensortechnologien unterstützt, wodurch Unternehmen die Nutzungshäufigkeit und Dauer einsehen und berechnen können. Durch die Verfügbarkeit dieser Daten ist die effektive Umsetzung eines solchen Modells erst möglich und bietet in Kombination mit dem Internet der Dinge im Bereich intelligenter, vernetzter und sensorausgestatteter Produkte großes Potenzial.

Weitere ähnliche Geschäftsmodelle orientieren sich an diesem Prinzip. *Performancebased Contracting* verzichtet beispielsweise ebenfalls auf eine Eigentumsübertragung. Anstatt die effektive Nutzung zu berechnen, richtet sich die Vergütung nach dem Wert bzw. Erfolg der erbrachten Leistung. Auch gewöhnliche Mietverträge mit temporärem Nutzungsrecht ähneln *Pay per Use*, orientieren sich bei der Berechnung aber an der Vertragslaufzeit.

Für Kunden entsteht durch *Pay per Use* eine hohe Kostentransparenz. Sie können die Kosten selbst durch ihre Nutzung der Leistung kontrollieren. Bei geringer Verwendung oder einem Leistungsstillstand fallen die Abgaben nur gering aus. Um die Einkünfte für Unternehmen planbar zu machen und unsicheren Prognosen über Nutzungsintensitäten entgegen zu wirken, können Mindestnutzungen vereinbart werden, wodurch konstante Einnahmeströme entstehen und Planungssicherheit gewährleistet werden kann. Das Modell bietet für Kunden den Vorteil, dass das Investitionsvolumen gering bleibt und die Belastung von Budgets Nutzungs- und somit auch Ertragsbezogen verteilt wird. Viele Krankenhäuser haben nur ein geringes Investitionsbudget. Durch die Verwendung einer Alternative zum Kauf kann das vorhandene Budget entlastet werden und technische Modernisierungen leichter und zeitnäher umgesetzt werden. Die Abrechnung bestimmter Geräte könnte auch direkt an die Patienten bzw. ihre Krankenkassen weitergegeben werden.

Tabelle 26: Geschäftsmodell Pay per Use

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Pay per Use	- Nutzungsabhängige Vergütung - Abrechnung nach effektiver Nutzung - Kein Erwerb	- Kundenbindung - Niedrige Investitionsschwelle - Kostenkontrolle für Kunden	- Cloud IT - Mobile Anwendungen - Assistenzsysteme

7.8 Self-Service

Self-Service beschreibt ein Geschäftsmodell, bei dem Teile der Aufgaben durch den Kunden selbst ausgeführt werden und dieser damit ein aktiver Teil der Wertschöpfungskette wird. Die übernommenen Aufgaben sind normalerweise einfache Tätigkeiten, die von jedem potenziellen Kunden auch ohne größeren Aufwand erledigt werden können und kein spezielles Wissen erfordern. Beispiele solcher Aufgaben sind die selbstständige Abholung der Waren vom Lagerplatz oder die Abwicklung von Zahlungsvorgängen. Anwendungen im Bereich eHealth, Medical Apps und mobile Anwendungen sind denkbar, wenn der Patient durch die Nutzung dieser Programme selbst aktiv wird und Arbeiten wie Daten-/Symptomerfassung oder ähnliches selbst übernimmt.

Die Integration des Patienten in Prozesse und die Nutzung seiner Arbeitskraft ermöglichen Einsparungspotenziale im Bereich des Personals für das Krankenhaus bzw. schaffen Kapazitäten für andere Bereiche. Da der Patient die Aufgaben für gewöhnlich kompensationslos übernimmt, fallen keine bzw.

geringe Kosten, wenn die Struktur von Prozessen verändert werden müssen. Ein weiterer Nutzen primär für den Kunden aber auch für das Unternehmen sind Zeitersparnisse. Im Rahmen von *Self-Service* führen Kunden viele Vorgänge auch schneller und effizienter durch als dies im Zusammenspiel mit dem Krankenhauspersonal möglich ist. Im Krankenhaus könnten beispielsweise einfache Transportaufgaben durch den jeweiligen Patienten übernommen werden. Insbesondere aber einfache Datenerfassungen und die Mitwirkung an diagnostischen Prozeduren sowie bürokratischen Vorgängen könnten vereinfacht werden.

Wichtig bei der Übertragung von Aufgaben an Patienten ist die Usability der Tätigkeiten. Es dürfen kein besonderes Wissen oder Fähigkeiten für die Ausführung benötigt werden. Transporte müssen einfach ausführbar sein und mobile Anwendungen bzw. vom Patienten bediente Software müssen möglichst einfach gestaltet und bedienbar sein.

Tabelle 27: Geschäftsmodell Self-Service

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Self-Service	- Übertragung von Aufgaben an den Patienten	- Kostenersparnis - Zeiteinsparungen	- Mobile Anwendungen - eHealth, medical Apps - Datenerfassungen - Usability

7.9 Shop-in-Shop

In diesem Geschäftsmodell stellt ein Unternehmen Teile seiner zur Verfügung stehenden Fläche anderen Unternehmen zur Verfügung. Vor allem Handels- und Dienstleistungsbetriebe nutzen diese Möglichkeit eines „Ladens innerhalb“ eines Ladens. Die Form der Kooperation der Partner ist dabei grundsätzlich nicht beschränkt und es kann sich um normale Mietverträge oder auch um verschiedene Konzepte zur Berechnung handeln.

Für das Unternehmen, das Teile seiner Fläche zur Nutzung durch Andere anbietet, entstehen primär zwei verschiedene Nutzen. Zum einen ist durch die Vermietung eine neue Einkommensquelle erschlossen, die konstante Einnahmen generiert. Vor allem aber profitiert das Unternehmen von einem effizienteren Leistungsangebot im gesamten Nutzenkontext. Dieses größere Angebot wirkt attraktiv auf Kunden und eine stärkere Bindung ist möglich. Für Krankenhäuser entsteht die Möglichkeit, ihr Angebot zu erweitern und sich mit zusätzlichen Leistungen vor Ort für Patienten attraktiver zu machen. Durch die Einbindung z.B. von physiotherapeutischen Einrichtungen, Krankengymnastik, Belegärzten und ähnlichem kann sich das Krankenhaus zu einem Gesundheitszentrum entwickeln. Dieses wirkt durch umfassende Möglichkeiten sehr attraktiv und kann die erste Anlaufstelle für gesundheitliche Fragen

von Patienten sein. Der Kontext zum Krankenhaus 4.0 ergibt sich aus der kooperativ in einer Einrichtung erbrachten Gesamtleistung mit gemeinsamer Erschließung von Gerätenutzen samt Wartungs- und Instandhaltungsleistungen, IT-Infrastrukturen, etc., wobei vor allem auch Prozesseffizienten via integrierter Kommunikation erschlossen werden können, die wiederum elaborierte Datenerfassungs- und Verarbeitungssynergien hervorrufen.

Tabelle 28: Geschäftsmodell Shop-in-Shop

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Shop-in-Shop	- Ergänzung des eigenen Angebots durch weiteres Unternehmen	- Kundenbindung - Erweitertes Angebot - Synergieeffekte	- Mobile Anwendungen - Supply-Chain-Management - Datenerfassung/-verarbeitung

7.10 Trash-to-Cash

Bei *Trash-to-Cash* soll aus Wiederverwertung von „Abfallprodukten“ bzw. Nebennutzung von Begleiteffekten ein zusätzlicher Nutzen entstehen. Bei vielen Prozessen entstehen so nicht benötigte Nebenprodukte. Diese können durch eigene Verwendung oder durch Verkauf an andere Unternehmen einen Mehrwert darstellen und ggf. sogar zu neuen Produkten verarbeitet werden.

Im Rahmen von Industrie 4.0 und der zunehmenden Digitalisierung kann dieses Geschäftsmodell leicht vor allem auf Daten bzw. Informationen übertragen werden. Durch die voranschreitende Aufzeichnung von Daten bei Geräten und Nutzungen durch Anwender entsteht eine Vielzahl von Informationen, die für eigene Prozesse nicht benötigt werden. Diese können analysiert und für die Entwicklung bzw. Optimierung von Prozessen anderer Beteiligter genutzt werden. Im medizinischen Bereich sind z.B. die Diagnose-/Therapiedaten von Patienten nützlich für klinische Studien. Bei Verwendung einer Gesundheits- oder Sport-App lassen sich Rückschlüsse auf Ernährungs- und Bewegungsgewohnheiten ziehen. Die Daten könnten also an wissenschaftliche Institute oder medizintechnische Unternehmen weitergegeben werden.

Tabelle 29: Geschäftsmodell Trash-to-Cash

Geschäftsmodell	Inhalt	Nutzen	Anwendungsgebiet
Trash-to-Cash	- Verwertung von nicht für einen Hauptprozess genutzten Daten	- Erweiterte Datenauswertung/-nutzung für Zusatzleistungen	- Mobile Anwendungen - Daten-/Dokumentaustausch eHealth, medical Apps - Leistungserfassung/Dokumentation

8. Fazit

Die vierte industrielle Revolution ist in vollem Gange. Die Digitalisierung schreitet voran. Zahlreiche Innovationen unterstützen diese Entwicklung. Viele neue Technologien machen eine Umsetzung von Industrie 4.0 und die Weiterentwicklung in ihrem Funktionsbereich erst möglich. Wichtig zu sehen ist, dass erst die Gesamtheit der technologischen Möglichkeiten und nicht einzelne Innovationen eine erfolgreiche Implementierung in unternehmerische Prozesse erlaubt. Viele Funktionen basieren auf mehreren verschiedenen Technologiefeldern. Sensoren lassen sich beispielsweise nicht ohne zugehörige Softwaresystemtechnik und funktionierende Kommunikationsmethoden effizient nutzen. Zusätzlich haben die einzelnen Technologiefelder auch Einfluss auf verschiedene Unternehmensbereiche und mehrere Funktionen gleichzeitig. Sie sind die Basis für Industrie 4.0.

In den Funktionsbereichen entsteht mit der Umsetzung von Industrie 4.0 der Nutzen für Unternehmen. Durch Prozessoptimierungen in allen Bereichen lassen sich Kosten reduzieren und Zeitabläufe beschleunigen. Assistenzsysteme ermöglichen Qualitätsgewinne, Fehlerreduktion und Zeiteinsparungen. Datenerfassung und Verarbeitung sorgt für die Verfügbarkeit und Zugänglichkeit der nötigen Informationen. Aus Prozessoptimierung entstehen die internen Nutzen einer erhöhten Arbeitseffizienz und Kosteneinsparungen. Weiterer entstehender Nutzen ergibt sich durch Qualitätssteigerungen sowohl bei Produkten und Prozessen als auch bei der Ausbildung und Einarbeitung neuen Personals. Externer Nutzen von Industrie 4.0 entsteht unter anderem durch die bessere Vernetzung zwischen internen Prozessen einzelner Unternehmen und zu ihren Kunden. Durch die Nähe zu letzteren lassen sich beispielsweise stärker auf die Bedürfnisse zugeschnittene Produkte entwickeln und anbieten, wodurch sich auch neue Absatzmöglichkeiten bieten. Dadurch wiederum kann eine stärkere Kundenbindung entstehen. Der Austausch zwischen Unternehmen ermöglicht Spezialisierungs- und Arbeitsteilungsvorteile. Die Vernetzung fördert den Ausbau von Serviceangeboten und macht die Anwendung neuer Abrechnungsmodelle möglich.

Die Anwendungen von 4.0-Technologien in den Funktionsbereichen von Unternehmen lassen sich auch auf die Gesundheitswirtschaft übertragen. In der Krankenhausumgebung findet sich beispielsweise mit klinischen Big-Data-Analysen ein Werkzeug für die Verbesserung von Prozessen. Diese Informationen werden auch in Medical Decision Support Systemen für die Entscheidungsfindung bzw. Unterstützung verwendet. Die Vernetzung und Integration findet in Krankenhäusern unter anderem im Operationssaal Anwendung. Medizinische Geräte und Instrumente sind vernetzt, kommunizieren untereinander und tauschen Informationen aus. Die medizintechnischen Hersteller können solche vernetzten Lösungen anbieten und die Interoperabilität mit anderen Anbietern ermöglichen, um die Bedürfnisse von Kliniken zu befriedigen. Assistenzsysteme ermöglichen eine Entlastung des Personal und

der Kapazitäten durch die Übernahme von Überwachungsaufgaben und Ausführung einfacher Maßnahmen bei Veränderung des Gesundheitszustandes eines Patienten. Auch während medizinischen Behandlungen und Operationen bieten Assistenzsysteme durch Teilautomatisierungen von Prozessen eine Hilfe für die Ärzte und ermöglichen teilweise Selbstorganisation und Autonomie in der Leistungserbringung. Dezentralisierung ermöglicht Krankenhäusern eine effizientere interne Erledigung von Aufgaben, eine schnellere Entscheidungsfindung und bessere Reaktionszeiten.

Bei der eigentlichen Umsetzung von Industrie 4.0 im Produktionsumfeld Krankenhaus lassen sich die vier verschiedene Themengebiete Hospital IT, Medizintechnik, Facility Management und klinisches Prozessmanagement ausmachen. Unter Hospital IT fallen unter anderem mobile Anwendungen, Daten- und Dokumentenaustausch, Cyber-Security/Privacy und Cloud-Lösungen, die in der Medizintechnik und von Kliniken für die Digitalisierung und Vernetzung genutzt werden können. Mobile Anwendungen können intern in Krankenhäusern in Form von mobilen Endgeräten Anwendung finden. Diese werden genutzt, um IT-Applikationen direkt am Patienten oder auch in nicht-medizinischen Bereichen wie der Logistik oder Instandhaltung zu verwenden. Mobile Health bietet Patienten die Möglichkeit, selbst ihre gesundheitlichen Werte zu dokumentieren. Bei medizinischer Zweckbindung muss auf Qualitäts- und Sicherheitsstandards geachtet werden. Hierdurch ist aber beispielsweise „Remote Monitoring“ von Patientenzuständen möglich, wodurch eine umfangreichere Patientenüberwachung möglich ist. Für die funktionierende digitale Arbeit ist eine funktionierende Dokumentation unabdingbar. Durch fehlende Standards und Medienbrüche kann es zu Lücken und Fehlern kommen. Bisherige Standards beschränken sich auf konkret auf die Datenübermittlung, z.B. HL7, oder in Bezug auf medizinische Bildgebung, z.B. DICOM. Durch eine Standardisierung von Erfassung, Dokumentation und Austausch medizinischer Daten könnten klinikübergreifende Datenbanken angelegt werden, aus denen Behandlungsoptionen und Studien durch bessere Informationslage erfolgreicher durchgeführt werden können. Neben dem Schutz dieser Daten ist auch die Funktionssicherheit der Systeme zu gewährleisten. Dieser Problematik soll durch besondere Cyber-Security und Privacy Maßnahmen entgegengewirkt werden.

Der Themenbereich Medizintechnik steht für die Begrifflichkeit vernetzter Medizingeräte. Interoperabilität bezeichnet dabei die Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme hinsichtlich physischer oder virtueller Schnittstellen verwertbare Informationen auszutauschen. Da beispielsweise im OP eine Vielzahl hochmoderner Geräte zum Einsatz kommt, werden gegenseitige Überwachung und automatisierte Wechselwirkungen zwischen den Geräten immer wichtiger. Vor allem bei der Interoperabilität von Geräten unterschiedlicher Hersteller ist auf standardisierte Geräteschnittstellen zu achten, um die erfolgreiche Einbindung in klinische IT-Netzwerke zu ermöglichen. Assistenzsysteme dienen der Unterstützung des Krankenhauspersonals in bestimmten Situationen und bei speziellen Abläufen. Dies kann

neben einer höheren Prozessqualität auch zur Personalentlastung und somit zu anders nutzbaren Kapazitäten führen. Bei allen medizinischen Geräten sind Wartung und technischer Service ein wichtiger Bestandteil des Produkt-Lebenszyklus. Neben der Funktionsgewährleistung dient dies auch der Einhaltung von Qualitäts- und Sicherheitsstandards. Durch die Erfassung der Nutzungsdaten ist es den Herstellern und dem Personal möglich, frühzeitig etwaige Fehler zu identifizieren und Maßnahmen einzuleiten. Durch neue Innovationen lässt sich auch die Usability, die Nutz-/Bedienbarkeit, medizinischer Geräte verbessern. Durch neue Eingabemöglichkeiten wie wahrnehmungsgesteuerte Benutzerschnittstellen und Visualisierungssysteme ist eine intuitivere Steuerung von Instrumenten möglich und es ist eine stärkere Fokussierung auf andere Tätigkeiten machbar.

Facility Management 4.0 steht für die sukzessive Implementierung von IoT- und Cloud-Technologien, um die verteilten Anlagensysteme der Immobilie Krankenhaus über integrierende Fernanwendungen besser warten, bedienen und instand halten zu können. Durch IT-gestützte Instandhaltung ist eine dauerhafte Betreuung der Infrastruktur, Anlagen und Stationen möglich, wodurch Stillstände und Schäden erkannt und verhindert werden können. Um die Menge an für die Instandhaltung relevanten Daten verwalten zu können, gibt es spezielle Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssysteme (IPS oder auch CMMS für Computerized Maintenance Management System), die dabei helfen, alle Information wie Anleitungen, Protokolle, Statistiken und Auswertungen zentral zu verwalten. Für den Hersteller entstehen so außerdem nutzbare Daten zu Gebrauch und Abnutzung, die zur Optimierung der eigenen Produkte genutzt werden können. Im Zuge der Modernisierung von Krankenhäusern spielen zunehmend auch ökologische Gesichtspunkte eine Rolle. Auch hier könnten Technologien, die schon in Bereichen der Industrie 4.0 zu Verbesserungen und Einsparungen führen eingesetzt werden. Auch die Optimierung der Betriebsabläufe ist Teil des Konzeptes. Dabei spielen Aspekte wie intelligente Flächen- und Raumnutzung, sowohl in der Planung, als auch im laufenden Betrieb, eine Rolle. Die immer weitergehende Vernetzung von Lieferketten allgemein könnte zu der Entwicklung von digitalen Liefernetzwerken führen. In so einem Netzwerk würden die Prozesse der Lieferkette nicht mehr linear ablaufen, sondern die einzelnen Prozesse dynamisch aufeinander reagieren. Durch erhöhte Transparenz und Echtzeit-Daten könnten Ineffizienzen und Engpässe vermieden werden.

Im klinischen Prozessmanagement können unter anderem e-Health und Medical Apps die elektronische Abwicklung von Kommunikation, Information und Datenerfassung zur Erfüllung jeglicher Aufgaben im Gesundheitswesen übernehmen. Eine automatische Analyse erfasster Daten und deren Nutzung durch adaptive, intelligente Software solcher Apps könnten beispielsweise während einer Behandlung die Effektivität der Behandlungsprozesse steigern. Durch Medical Apps ist außerdem eine Unabhängigkeit von einem festen Arbeitsplatz gegeben und Informationen zu einem Patienten könnte ortsunabhängig aufgerufen werden. Weitere Optimierungsmöglichkeiten bestehen bei dem Thema

Unified Collaboration. Die Kommunikation zwischen Mitarbeitern kostet im klinischen Alltag viel Zeit und ist häufig ineffizient. Durch eine allgemein eingesetzte und standardisierte Kommunikationsplattform kann dieser Zeitaufwand für Kontaktversuche durch Präsenzinformation inklusive des verfügbaren Mediums reduziert werden. In Zukunft soll auch die Dokumentation immer weiter digitalisiert und automatisiert werden, um einerseits die Nachteile einer papierbasierten Dokumentation zu umgehen und andererseits durch neue Technologien die so gesammelten Daten als Wissensquelle nutzbar zu machen.

Die meisten Funktionen dienen der internen Optimierung von Prozessen. Besonders die zunehmende Vernetzung und die Verfügbarkeit von Daten ermöglichen aber auch die Generierung eines Mehrwerts für das anwendende Unternehmen. Durch die Vernetzung zwischen Geräten und Instrumenten bieten sich für Hersteller neue Absatzmöglichkeiten durch Verkauf passender Leistungen und Nutzung von Geschäftsmodellen wie *Add-On* oder *Cross-Selling*. Außerdem ist dadurch eine individuellere Abstimmung auf die Anforderungen von Kunden möglich und diese können die Systeme nach ihren Bedürfnissen gestalten. Die Anpassbarkeit einzelner Systeme ist durch *Customization* erreichbar, die vor allem durch Modularisierung umsetzbar ist. Durch die Sammlung von Informationen aus dem laufenden Betrieb von cyber-physischen Systemen sind auch nutzungsabhängige Abrechnungsmodelle wie *Pay-per-Use* möglich. Vor allem für Krankenhäuser als Kunden entsteht der Vorteil für eigene Kostenkontrolle bei niedrigem Investitionsvolumen für neue Geräte. Für Krankenhäuser selbst sind vor allem Geschäftsmodelle mit direktem Patientenkontakt interessant. Durch *Self-Service* und der Einbindung von Patienten in die Wertschöpfungskette kann Personal gespart und Prozesse beschleunigt werden. Mit dem Modell *Shop-in Shop* lässt sich außerdem ein größeres integriertes Leistungsangebot generieren und bietet eine hohe Attraktivität für Patienten.

Die Untersuchungen zeigen ein großes Potenzial von Industrie 4.0 in der Krankenhausumgebung. Hersteller können Produktionskosten senken und ihre Leistungen besser auf die Kunden abstimmen. Prozesse können optimiert und neue Absatzmöglichkeiten erschlossen werden. Kliniken profitieren neben den verbesserten und vernetzten interoperablen und assistierenden Systemen auch von einer verbesserten Datenverfügbarkeit und Kommunikation. Prozesse können besser gesteuert und optimiert werden. Durch neue Geschäftsmodelle lassen sich nicht nur Systeme effizienter aufeinander abstimmen, sie ermöglichen auch verringerte Investitionskosten für Modernisierungen und verbesserte Wartung und Instandhaltung. Zusätzlich bieten sie auch eine stärkere Einbindung der Patienten in die Prozesse mit gleichzeitig stärkerer Bindung an ein Krankenhaus. Die Patienten profitieren auch von neuen Möglichkeiten der mobilen Anwendungen und eHealth. So sind unter anderem kürzere Aufenthalte und mobile medizinische Überwachung ihrer Vital-Daten möglich.

Viele Krankenhäuser haben mit der Umsetzung von Industrie 4.0 bereits begonnen und wandeln sich zu einem Hospital 4.0. Den vielen Chancen stehen aber auch noch einige Hindernisse gegenüber. Viele der technischen Möglichkeiten sind noch nicht ausreichend erprobt und können noch nicht uneingeschränkt verwendet werden. Für funktionierende Systeme fehlen häufig zudem noch die benötigten Standards. Auch setzen die Budgets der Kliniken monetäre Grenzen und es existiert noch wenig Know-How zu funktionierenden Umsetzungsstrategien.

Literaturverzeichnis

- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). *Autonomik: Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand*. (de), 2011.
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi). *Erschließen der Potenziale der Anwendung von „Industrie 4.0“ im Mittelstand*. (de), 2015.
- Fraunhofer-Innovationszentrum für Logistik und IT (FILIT), *Das Krankenhaus der Zukunft. Von der Gegenwart in die Zukunft*. (de), 2017.
- Gassmann, Oliver; Frankenberger, Karolin; Csik, Michaela: *Geschäftsmodelle entwickeln. 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator* (2. Auf.). München: Carl Hanser Verlag, 2017.
- Kaufmann, Timothy: *Geschäftsmodelle in Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge. Der Weg vom Anspruch in die Wirklichkeit*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2015.
- Porter, Michael E.; Heppelmann, James E.: *How Smart, Connected Products Are Transforming Competition*, in: *Harvard Business Review* 92, no. 11 (November 2014): 64–88.
- Porter, Michael E.; Heppelmann, James E.: *How Smart, Connected Products Are Transforming Companies*, in: *Harvard Business Review* 93, no. 10 (October 2015): 97–114.
- UniTransferKlinik Lübeck, <https://www.if-krankenhaus.de/fokusthemen.html>.
-

Anhang

Anhang 1: Geschäftsmodelle

Geschäftsmodelle	Inhalt	Nutzen MT	Anwendungsgebiet
Add-on	Günstiges Basisprodukt, Zusatzoptionen für Individualisierung	Kundengewinnung/-bindung, Mehrverkäufe	Cloud IT, mobile Anwendungen, interoperable Systeme, Assistenzsysteme
Affiliation	Entlohnung Dritter für die Zuführung von Kunden	Kundengewinnung	Mobile Anwendungen, Interoperabilität, Cloud IT
Barter	Tauschgeschäfte mit Produkten/Dienstleistungen anstatt monetärer Transaktionen	Kostenersparnis, effizientere Transaktionen	Mobile Anwendungen, Cloud IT
Cross Selling	Zusatzverkauf von komplementären Produkten/Dienstleistungen	Kundengewinnung/-bindung, Mehrverkäufe	Interoperabilität, Wartung und technischer Service, IT gestützte Instandhaltung
Crowdsourcing	Kostengünstigere/effektivere Problemlösung durch das Auslagern von Prozessen/Aufgaben an externe Akteure	Kostenreduzierung, Wissenserweiterung	Supply Chain Management, Cloud IT, mobile Anwendungen
Customer Loyalty	Anreize für lange Treue, Bonusprogramme für Kunden	Kundengewinnung/-bindung, Mehrverkäufe, Nutzungsdaten	Cloud IT, mobile Anwendungen, interoperable Systeme, Assistenzsysteme
E-Commerce	Abwicklung über elektronischen Handel, Anbieten der Produkte/Leistungen auf Plattformen	Kostenreduzierung, Kundengewinnung, Nutzung Kundendaten	Mobile Anwendungen, Wartung und technischer Service, IT gestützte Instandhaltung, Supply Chain Management
Experience Selling	Emotionalisierung von Produkten, Verbindung der Produktnutzung mit einem positiven Erlebnis	Kundengewinnung/-bindung	Usability, Sustainability Green/Blue Hospital, eHealth, medical Apps

Flatrate	Unlimitierter Konsum/Nutzung einer Leistung zum Festpreis	Kundengewinnung/-bindung, Nutzung Kundendaten, geringe Grenzkosten bei Softwarelösungen, günstige Rechnungsstellung	Mobile Anwendung, eHealth, medical Apps, Cloud IT
Freemium	Kostenlose Basisversion, kostenpflichtige Premiumversion	Kundengewinnung, Verwendung Nutzungsdaten	Mobile Anwendungen, eHealth, medical Apps, Cloud IT
Guaranteed Availability	Gewährleistete Verfügbarkeit der Produkte, Absicherung gegen Ausfall	Kundenbindung, Absatz zusätzlicher Leistungen	Wartung und technischer Service, IT gestützte Instandhaltung
Ingredient Branding	Eigenes Produkt als Teil eines Endprodukts/als eigenes Merkmal des Endprodukts hervorgehoben	Substituierbarkeit der eigenen Produkte wird vermieden, Steigerung des Wertes des Endprodukts und eigenen Leistung	Assistenzsysteme, Interoperabilität
Layer Player	Fokussierung auf spezielle Teile der Wertschöpfungskette, Belieferung eines Orchestrators	Effizienzbedingte Spezialisierungsvorteile, Entwicklung von Standards zu eigenen Gunsten	Interoperabilität, Assistenzsysteme
Leverage Customer Data	Mehrseitige Nutzung der Kundendaten	Identifikation Einsparungspotenziale/Prozessoptimierungsmöglichkeiten	Mobile Anwendungen, eHealth, medical Apps
License	Fokussierung auf F+E, Bündelung der Kernkompetenzen	Kostenreduzierung, Spezialisierungsvorteile	
Lock-in	Kundenbindung durch hohe Umstellungskosten	Kundenbindung	Mobile Anwendungen, eHealth, medical Apps
Long Tail	Anbieten vieler Nischenprodukte anstatt einiger großer	Kundengewinnung, Mehrabsatz	Interoperabilität, Assistenzsysteme, mobile Anwendungen
Make More of It	Anbieten überschüssiger Kapazitäten und Spezialwissen	Aufbau zusätzlicher Expertise, Ansehen als Innovationsführer	Cloud IT, IoT, Supply Chain Management

Customization	Individuelle Produktanpassung, Modularisierte Produktarchitektur für Effizienzbedingungen wie bei Massenproduktion	Kundengewinnung/-bindung, Produktvielfalt, niedrige Losgrößen, Kosteneinsparung	Interoperabilität, Wartung und technischer Service, IT-gestützte Instandhaltung
Open Source	Produktentwicklung mithilfe einer öffentlichen Community, Quellcode für Öffentlichkeit frei einsehbar, Umsatz durch auf der Lösung aufbauenden Modellen	Kostengünstige Produktentwicklung, Umgehen von Herstellerabhängigkeiten	Mobile Anwendung, Cloud IT, eHealth, medical Apps
Orchestrator	Dirigieren der Wertschöpfungskette, Outsourcing anderer Prozesse an spezialisierte Dienstleister	Spezialisierungsvorteile, Nutzung Innovationskraft der anderen Unternehmen für eigene Produkte	Supply Chain Management
Pay per Use	Nutzungsabhängige Vergütung, Abrechnung nach der effektiven Nutzung durch Kunden, kein Erwerb	Kundengewinnung, Kostenkontrolle für den Kunden, niedrige Investitionsschwelle	Cloud IT, mobile Anwendungen, Assistenzsysteme, Interoperabilität
Performancebased Contracting	Ergebnisabhängige Vergütung, Preis auf Basis der erbrachten Leistung, kein Erwerb	Kundengewinnung, niedrige Investitionsschwelle, mehr Abschlüsse	Cloud IT, mobile Anwendungen, Assistenzsysteme, Interoperabilität
Razor and Blade	Kundengewinnung durch günstiges oder kostenloses Basisprodukt, Komplementärprodukte für Gewinn	Kundengewinnung	Assistenzsysteme, Interoperabilität, Wartung und technischer Service, IT gestützte Instandhaltung
Rent Instead of Buy	Entgeltliches, temporäres Nutzungsrecht, kein Erwerb	Kundengewinnung, mehr Abschlüsse möglich, niedrige Investitionsschwelle	Assistenzsysteme, Interoperabilität, Cloud IT
Revenue Sharing	Anreizbildung für Partner durch direkte Umsatzbeteiligung, gegenseitige Kundenempfehlungen und Übernahme wertschöpfender Tätigkeiten	Anreizbildung für Partner, Stärkung Partnerschaften	Interoperabilität, Assistenzsysteme

Reverse Engineering	Rasches Lernen vom Wettbewerber, Kopie von Produkten anderer Firmen	Einsparung Kosten F+E, Preisvorteile gegenüber Wettbewerbern	Mobile Anwendungen, Assistenzsysteme, Interoperabilität, Usability
Self-Service	Übertragung von Aufgaben auf den Kunden	Kostensparnis, Zeiteinsparungen	Mobile Anwendungen, eHealth, medical Apps
Shop-in-Shop	Vermietung von Teilen der eigenen Verkaufsräume, Ergänzung des eigenen Angebots durch weiteres Unternehmen	Synergieeffekte, Kundenübernahme, geringe Investitionskosten, erweitertes Angebot	Mobile Anwendungen, Supply-Chain-Management, Smart Services
Solution Provider	Gesamtlösung, Angebot aller benötigten Leistungen	Kundenbindung, Verwendung von Nutzungsdaten, langfristig gesicherter Umsatz	Assistenzsysteme, Interoperabilität, mobile Anwendungen, Smart Services
Subscription	Abonnieren von Leistungen, regelmäßige Lieferung/Beziehen von Leistungen	längerfristige, kalkulierbare Einnahmeströme, Kundenbindung	Mobile Anwendungen, eHealth, medical Apps
Trash-to-Cash	Monetisierung von Abfall, Wiederverwertung gebrauchter Güter/Daten	Günstige Ressourcengewinnung, Nachhaltigkeit	Mobile Anwendungen, Daten- und Dokumentenaustausch, eHealth, medical Apps, Leistungserfassung und Dokumentation
Two-Sided Market	Anziehungskraft indirekter Märkte, Zusammenführung verschiedener Gruppen auf einer Plattform	indirekte Netzwerkeffekte	Klinisches Prozessmanagement, mobile Anwendungen, eHealth, medical Apps, Cloud IT

Anhang 2: Kurzfassung Fokusthemen mit Geschäftsmodellbezügen

Qualitäts-und Leistungserfassung

Eine zuverlässige Dokumentation klinischer Leistungen ist wichtig für die Transparenz von Abläufen, ein funktionierendes Qualitätsmanagement und weitere administrative Aufgaben. Das damit gesammelte Wissen kann für weitere Zwecke, wie Forschung und auch Lehre verwendet werden. Um eine zuverlässige Dokumentation zwischen verschiedenen Einrichtungen zu ermöglichen ist eine intelligente Vernetzung zwischen Krankenhäusern, Ausbildungs- und Forschungseinrichtungen nötig, die mit 4.0 Technologien erreicht werden soll. Im Zuge einer vernetzten und intelligent gesteuerten Datenerfassung wird versucht den Zeitaufwand der Erfassung zu reduzieren. Auch hier soll mit mobilen Anwendungen die Dokumentation möglichst automatisiert stattfinden und somit das Personal bei der Erfassung der Leistung unterstützen. Bei entsprechend guter Implementierung der Dokumentation in die Arbeitsprozesse können zudem Rückschlüsse auf die Qualität der Leistungen gezogen werden. Dies ermöglicht eine flexiblere bzw. transparentere Bewertung der Leistungen und auch genauere Abrechnungsmöglichkeiten.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Digitalization“: Das Verbinden der digitalen und physischen Welt mit dem Ziel der Erweiterung des Wissenshorizonts. Sensordaten werden gesammelt/ausgewertet und Prozesse können dezentral gesteuert werden oder selbstorganisiert arbeiten. Ermöglichung neuer Produktkonzepte und Dienstleistungen im Kontext der Qualitäts- und Produktivitätssteigerung im Krankenhaus.

„Pay-per-Use“ und ähnliche Modelle: Ermöglichung neuer Abrechnungsmodelle für Produktanwendungen und Dienstleistungen auf Basis von Qualitäts-/Leistungsdaten.

Cloud/IT-Services/Big Data

Cloud Computing beschreibt die Bereitstellung von IT-Diensten wie digitale Infrastruktur, Plattformen und Software als Dienste über Modelle wie der Public Cloud, bei der die Dienste von außerhalb des Betriebs („off premises“) über das Internet angeboten werden oder der Private Cloud, deren System sich innerhalb des Unternehmens befindet („on premises“) und hinter der eigenen Firewall. Der Nutzer kann dadurch z.B. den eigenen Bedarf an einer Software besser skalieren oder große Datenmengen (Big Data) auf externen Servern verwalten und analysieren, ohne die nötige Hardware selbst anschaffen zu müssen. Der Bezug zu neuen Geschäftsmodellen ergibt sich aus jeder Art nutzbringender Auswertung von Daten als Erweiterung gegebener Produktportfolios oder als Dienstleistung. „Mehrwert“ aus „Mehrdaten“.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Digitalization“: Das Verbinden der digitalen und physischen Welt mit dem Ziel der Erweiterung des Wissenshorizonts. Daten werden gesammelt/ausgewertet und Prozesse können dezentral gesteuert werden oder selbstorganisiert arbeiten. Es entstehen neuartige Produkte und Dienstleistungen.

„Trash-to-Cash“: Die Wiederverwertung gebrauchter Güter/Daten und Verwendung von Abfall- und Nebenprodukten/Daten für neue Produkte/Zwecke.

„Leverage Customer Data“: Mehrseitige Nutzung von Daten. Nutzung der Patienten-/Nutzungs-/Produktionsdaten für Identifikation von Einsparungs- und Prozessoptimierungsmöglichkeiten mithilfe von Big-Data-Analysen; zusätzliche Produktfeature und neue Dienstleistungen entstehen.

Cyber-Security und Privacy

Bei der Betrachtung von Fragestellungen der IT-Sicherheit müssen mehrere unterschiedliche Aspekte berücksichtigt werden. Zum einen gibt es die sogenannte Funktionssicherheit (safety), die gewährleisten soll, dass Systeme gemäß ihrer erwarteten Funktion arbeiten. Daneben beschreibt die Informations- bzw. Datensicherheit (security) den Schutz der Informationen vor unautorisiertem Zugriff. Darauf aufbauend bezieht sich der Datenschutz auf die Sicherheit von Personen, die Kontrolle über die eigenen persönlichen Daten zu behalten (privacy).

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Solution Provider“: Anbieten einer Gesamtlösung, die möglichst alle benötigten Leistungen beinhaltet. Dies könnte ein Sicherheitssystem sein, das neben den gespeicherten Daten auch alle Übertragungen und mobilen Zugriffe mit schützt und somit die Schnittstellen mit überwacht werden können, ohne dass sich verschiedene Programme gegenseitig behindern.

Daten-/Dokumentenaustausch

Im klinischen Umfeld entstehen eine Menge Daten, die eine funktionierende Dokumentation unabdingbar machen. Diese dient dabei nicht nur der medizinischen Versorgung direkt, wie Patienteninformationen, Medikation, Röntgenaufnahmen etc., sondern ist auch notwendig für die Qualitäts- und Leistungserfassung, die Forschung, sowie für Patienten- und Personalsicherheit. Durch fehlende Standards und Medienbrüche kann es zu Lücken und Fehlern kommen. Im Gesundheitswesen ist besonders die Vielfältigkeit der anfallenden Informationen eine Herausforderung, um einrichtungsübergreifende Standards zu erstellen. Doch genau diese sind notwendig und wichtig bei einer fortschreitenden Digitalisierung und Vernetzung der Kommunikation, von Mensch zu Mensch, aber auch von Maschine zu Maschine, denn die Übermittlung bzw. der Austausch von Informationen bildet die Grundlage für das Krankenhaus 4.0.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Digitalization“: Das Verbinden der digitalen und physischen Welt mit dem Ziel der Erweiterung des Wissenshorizonts. Sensordaten werden gesammelt/ausgewertet und Prozesse können dezentral gesteuert werden oder selbstorganisiert arbeiten. Ermöglichung neuer Produktkonzepte und Dienstleistungen im Kontext der Qualitäts- und Produktivitätssteigerung im Krankenhaus.

„Pay-per-Use“ und ähnliche Modelle: Ermöglichung neuer Abrechnungsmodelle für Produktanwendungen und Dienstleistungen auf Basis von Qualitäts-/Leistungsdaten.

e-Health und Medical Apps

Der Begriff e-Health ist ein Ausdruck der Digitalisierung in der Medizin und bezeichnet die elektronische Abwicklung von Kommunikation, Information und Datenerfassung zur Erfüllung jeglicher Aufgaben im Gesundheitswesen. Im Zuge dessen bieten Medical Apps, also medizinische Softwareprodukte und Anwendungen für mobile Endgeräte, eine Unterstützung des Arztes oder des Patienten in Diagnose, Therapie und Überwachung von Krankheiten. Mit solch einer medizinischen Zweckbestimmung gelten diese Apps als Medizinprodukte und müssen somit den Vorgaben des Medizinproduktegesetzes bezüglich Risiko, Sicherheit, Qualität und Überwachung entsprechen.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Self-Service“: Aufgaben werden an den Patienten übertragen, wodurch dieser aktiv an seiner Behandlung/Genesung mitarbeitet. Dies kann von der Daten- und Symptomerfassung mittels App bis hin zu der Erledigung von Gängen wie der Ablieferung der eigenen Proben im Labor reichen.

„Add-on“/„Customization“: Basisprodukte werden durch Zusatzoptionen für den Anwender auf seine Bedürfnisse individualisiert.

„Leverage Customer Data“: Mehrseitige Nutzung der Patientendaten. Nutzung der Patienten-/Nutzungs-/Produktionsdaten für Identifikation von Einsparungs- und Prozessoptimierungsmöglichkeiten.

Integrierte klinische Prozesse

Integrierte klinische Prozesse sorgen in einem Krankenhaus für effektivere Behandlungsabläufe. Automatisierte Vorgänge werden nicht einzeln betrachtet, sondern miteinander verbunden und über gesamte Prozesse integriert. Dies ermöglicht reibungslose Abläufe zwischen einzelnen Abteilungen und versorgenden Institutionen und schafft letztendlich die Voraussetzung für eine durchgehende kompetente Versorgung der Patienten ohne Informationslücken. Eine automatische Adaption an neue oder sich verändernde Gegebenheiten mithilfe von Prozessmanagementsystemen stellt ein intelligentes Werkzeug zur Erfüllung der medizinischen Behandlungsprozesse dar.

Mögliche Geschäftsmodelle:

„Customization“: Eine individuelle Produkthanpassung an die Anwendungen durch Modularisierung von Produktarchitekturen, wodurch sie gezielt an die jeweiligen Prozesse angepasst und mit wenig Aufwand auch an anderer Stelle eingesetzt werden können. (Smart Services)

„Orchestrator“/„Solution Provider“/„Cross Selling“: Dirigieren einer Wertschöpfungskette als Integrationsleistung eines Anbieters samt Komplementärproduktverkauf.

Interoperabilität

Im Kontext von Medizingeräten bezeichnet Interoperabilität die Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme hinsichtlich physischer oder virtueller Schnittstellen verwertbare Informationen auszutauschen. Durch intelligente Menüführung, Vernetzung und Belegung verschiedener Geräte mit dem gleichen bzw. einem gemeinsamen User-Interface kann die Komplexität der Geräte gemanagt und Abläufe automatisiert und verbessert werden. Eine Vernetzung der Geräte beinhaltet die Möglichkeit des Datenaustausches zwischen ihnen. Durch geräteübergreifende Verbindungen könnten die Systeme untereinander kommunizieren. Stehen einem Gerät somit zusätzliche Informationen und Daten aus dem Netzwerk zur Verfügung, entstehen hierbei neue Möglichkeiten für lernfähige Geräte.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Solution Provider“: Gesamtlösung mit allen benötigten Leistungen. Angebot von verschiedenen interoperablen Geräten, die für die Überwachung eines Patienten nötig sind inklusive der Software zum Monitoring auf mobilen Geräten.

„Pay per Use“ (u.a. neue Abrechnungsmodelle): Kein Erwerb an einer Sache sondern nutzungsabhängige Vergütung. Desto häufiger eine Leistung genutzt wird, desto mehr muss bezahlt werden.

„Customization“: Individuelle Produkthanpassung an die Bedürfnisse des Kunden. Günstige und einfache Anpassung durch Modularisierung der Produktarchitekturen (Smart Services).

„Cross Selling“: Zusatzverkauf von komplementären Produkten und Dienstleistungen zum eigentlichen Produkt. Angebot verschiedener bereits vernetzter Produkte inklusive Service/Wartung.

IoT im Krankenhaus

Das Internet der Dinge (englisch Internet of Things, kurz IoT) bezeichnet die Vernetzung bzw. Kommunikation nicht nur von Personen bzw. Computern, sondern von „Dingen“ bzw. Geräten, sogenannten „connected“ oder „smart devices“, die u.a. mit Sensorik und Netzwerkanschluss Informationen über den eigenen Zustand selbstständig weitergeben und austauschen können. Dies können in Textilien

eingearbeitete Sensoren, aber auch die Sensorik ganzer Gebäudeanlagen sein. Ein Ziel dieser Entwicklung ist es, dass das Internet der Dinge den Menschen selbstständig und dadurch unauffällig unterstützt. Im Einsatzfeld Krankenhaus finden sich viele Anwendungsmöglichkeiten für diese Vernetzung, von verschiedenen Bereichen des Facility Managements, wie der automatische Ermittlung von Wartungsbedarf verschiedener Geräte und Anlagen, über die Optimierung der Logistik bezüglich Verbrauchsgütern, bis hin zur Unterstützung von Ärzten bei Diagnose, Therapie und Forschung.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Digitalization“: Das Verbinden der digitalen und physischen Welt mit dem Ziel der Erweiterung des Wissenshorizonts. Sensordaten werden gesammelt/ausgewertet und Prozesse können dezentral gesteuert werden oder selbstorganisiert arbeiten. Dies führt zu neuen Produkten und Dienstleistungen, insbesondere auch durch Reorganisation der Wertschöpfungsketten.

IT gestützte Instandhaltung

So wie die Bereiche vielfältig sind, in denen Wartung und Instandhaltung notwendig ist, so ist auch die Durchführung der Maßnahmen und ihrer Dokumentation oft unterschiedlich und nicht zentral überschaubar. Hier könnten moderne, IT-gestützte Instandhaltungsplanungs- und Steuerungssysteme, (kurz IPS) helfen.

Sobald eine Anlage oder Gerät installiert ist, endet oft auch die Kommunikation mit dem Hersteller. Das sogenannte „Condition Monitoring“ erlaubt es, durch integrierte Sensoren den Zustand von Geräten bzw. kritischen Bauteilen in Anlagen zu erfassen und damit ihn nicht nur vor Ort dem Anwender sichtbar zu machen, sondern die Daten direkt an den Hersteller bzw. Instandhalter zu schicken, um möglichen Wartungsbedarf rechtzeitig zu erkennen und Ausfälle können vermieden werden.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Customization“: Modularisierung von Produkten. Instandhaltung durch gleiche Bauteile vereinfacht, basierend auf Auswertungen von Instandhaltungsanalysen.

„Digitalization“: Das Verbinden der digitalen und physischen Welt mit dem Ziel der Erweiterung des Wissenshorizonts. Sensordaten werden gesammelt/ausgewertet und Prozesse können dezentral gesteuert werden. Zustand der Produkte kann überwacht werden und Probleme frühzeitig erkannt/behoben werden. Nutzung der Fehlerauswertungen für die Produktentwicklung. Ermöglichung neuer Instandhaltungsleistungen.

„Guaranteed Availability“: Gewährleistete Verfügbarkeit der Produkte und eine Absicherung gegen Ausfall von Geräten. Dies erfolgt durch die Bereitstellung von Ersatzgeräten und Reparatur- und Wartungsleistungen.

Mobile Anwendungen

Die Digitalisierung und der Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) im Gesundheitswesen, oft als eHealth bezeichnet, umfasst die Bereiche der Vorbeugung, Diagnose, Therapie, Überwachung und auch der Verwaltung. Dabei werden zunehmend auch mobile Endgeräte wie Smartphones und Tablets, sowie tragbare „smart devices“ eingesetzt, um IT-Applikationen am „Point of Care“, also direkt am Patienten, nutzen zu können. Aber auch in den nicht medizinischen Bereichen wie der Logistik und Instandhaltung finden Anwendungen auf mobilen Geräten Verwendung. „Mehrwert“ durch „Mehrfachnutzung“ von Daten auf mobilen Anwendungen

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Add-on“: Ein Basisprodukt wird durch Zusatzoptionen für den Anwender auf seine Bedürfnisse individualisiert und damit aufgewertet.

„Leverage Customer Data“: Mehrseitige Nutzung von Daten. Nutzung der Patienten-/Nutzungs-/Produktionsdaten für Identifikation von Einsparungs- und Prozessoptimierungsmöglichkeiten.

„Self-Service“: Aufgaben werden an den Patienten übertragen, wodurch dieser aktiv an seiner Behandlung/Genesung mitarbeitet. Dies kann von der Daten- und Symptomerfassung mittels App bis hin zu der Erledigung von Gängen wie der Ablieferung der eigenen Proben im Labor reichen.

Regelbasierte Assistenzsysteme

Assistenzsysteme dienen der Unterstützung des Krankenhauspersonals in bestimmten Situationen und speziellen Abläufen. Dabei reicht die Assistenz von der automatisierten Überwachung der Vital-Parameter eines Patienten über sich selbst regelnde Beatmungsgeräte bis hin zu intelligenten Systemen, die durch Auswertung umfassender Daten das Personal bei medizinischen Entscheidungen unterstützen. Voraussetzung für ein intelligentes und lernfähiges System ist dabei die selbständige Analyse aktueller aber auch zurückliegender Daten, sodass es sich mit Hilfe von Software, Sensoren und Aktuatoren an neue Gegebenheiten anpassen kann. Sogenannte theragnostische Systeme stellen als Assistenz eine Verknüpfung zwischen Diagnostik und Therapie her. So können mit Hilfe eines einzigen Gerätes oder Systems Diagnosen gestellt bzw. unterstützt und Patienten zugleich therapiert werden.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Solution Provider“: Gesamtlösung mit allen benötigten Leistungen. Angebot von verschiedenen interoperablen Assistenzgeräten, die beispielsweise für die Durchführung einer Operation nötig sind.

„User-Design“: Unterstützung des Anwenders durch Assistenzsystem. Enge Zusammenarbeit mit Ärzten für die Entwicklung passender Assistenzsysteme.

„Add-On“: Basisprodukt mit Zusatzoptionen durch Assistenzsysteme, die von dem Kunden zur Individualisierung des Produkts genutzt werden können. So kann das finale Produkt den gestellten Anforderungen durch die spezielle Anpassung gerecht werden.

Supply Chain Management

Das Supply-Chain-Management bezeichnet den Ansatz, Wertschöpfungs- und Lieferketten ganzheitlich vom Rohstoff zum Anwender über Unternehmens- und Einrichtungsgrenzen hinweg zu organisieren und zu steuern. Im Gesundheitswesen werden damit u.a. die Abläufe von der Herstellung von Arzneimitteln bis zu ihrem Einsatz am Patienten betrachtet.

Wenn in der Industrie und der Konsumgüterwirtschaft die Rede von 4.0 ist, wird oft nur der Fokus auf Fertigungsprozesse innerhalb einer Fabrik bzw. eines Unternehmens gelegt. Durch den Einsatz von moderner IT, „smart devices“ und cyber-physische Systemen sollen Prozesse automatisiert, Daten gesammelt und analysiert, sowie insgesamt die Abläufe effizienter und transparenter werden. In dieser „smart factory“ sollen zukünftig Fertigungs- und Logistiksysteme miteinander über das „Internet der Dinge“ selbstständig kommunizieren, Lagerbestände automatisch verwalten und das Produkt auf seinem Weg durch die Fertigung lückenlos verfolgen. Doch die Verwendung von IoT-Technologie kann nicht nur dazu verwendet werden, Warenflüsse innerhalb einer Fabrik zu überwachen und zu steuern. Die erfassten und bereitgestellten Daten können über Cloud-Technologie Partnern wie Zulieferern und Abnehmern weltweit zur Verfügung gestellt werden.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Orchestrator“: Dirigieren der gesamten Wertschöpfungskette mit dem Outsourcing von Prozessen an spezialisierte Dienstleister und Fokussierung auf eigene Kernkompetenzen.

„Digitalization“: Das Verbinden der digitalen und physischen Welt mit dem Ziel der Erweiterung des Wissenshorizonts. Sensordaten werden gesammelt/ausgewertet und neue Informationen können über die komplette Lieferkette weitergegeben werden. Dies führt zu neuen Dienstleistungen und einer Reorganisation von Wertschöpfungsketten führen.

Sustainability / Green-Blue-Hospital

Bei der Modernisierung von Krankenhäusern zielt der Ansatz des sogenannten „Green Hospital“ darauf ab, durch die Berücksichtigung der Umwelt entweder schon bei der Planung eines Krankenhauses, durch die Sanierung schon bestehender Einrichtung oder Umrüstungen mit neuen Technologien im Bereich des Facility Managements den Ressourcenverbrauch und die Umweltbelastung zu minimieren. Bei der Planung neuer Anlagen werden zudem auch die Aspekte der verbesserten Patientenversorgung und des Wohlbefindens, Mitarbeiterfreundlichkeit, Kommunikation und Vernetzung, sowie wirtschaftliche

Effizienz mit einbezogen. Das Konzept „Blue Hospital“ fasst all diese Bestrebungen in den verschiedenen Bereichen zusammen und steht damit für einen Umwelt und Ressourcen schonenderen und insgesamt nachhaltigeren und effizienteren Betrieb des Krankenhauses.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Experience Selling“: Verbindung der Produktnutzung mit einem positiven Erlebnis/Gefühl. Ein wohlfühlendes Klima und Atmosphäre in einem Krankenhaus führt zu einem wiederkehrenden Patienten. Dies betrifft auch ein positiv besetztes Umwelt-und Energieverhalten des Krankenhauses.

„Digitalization“: Neue Dienstleistungen und Produkte aus dem Kontext „Mehrwert durch Mehrdaten“, unter anderem betreffend die Steuerung von Prozessoren, Wartung/Service/Instandhaltung oder Mobilitätsleistungen in der Krankenhauslogistik.

Usability

Medizinische Geräte und Maschinen werden in immer mehr Bereichen eingesetzt, übernehmen neue Aufgaben und zeichnen sich durch eine zunehmende Komplexität aus. Für eine optimale Nutzung der Geräte, sowie eine intuitive, sichere und fehlerfreie Bedienung, werden daher neue Usability Technologien benötigt, die Bedienbarkeit und Benutzerfreundlichkeit gewährleisten. Für den Informationsaustausch und die Kommunikation zwischen Mensch und Maschine stehen immer mehr Möglichkeiten zur Verfügung. Von einfachen Tasten, Reglern und Monitoren über Touch Screens erstreckt sich das Spektrum bis hin zu neuen „Human Machine Interfaces“, die Technologien für Gestenerkennung, Spracherkennung oder Augmented Reality verwenden.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Experience Selling“: Verbindung der Produktnutzung mit einem positiven Erlebnis/Gefühl. Dazu gehört eine einfache und intuitive Bedienung eines Gerätes.

„Cross Selling“: Mehrfachnutzung von Produkten/Produktkomponenten für unterschiedliche Geräte.

„Self Service“: Ermöglichung der Einbeziehung vorher nicht Beteiligter (z.B. Patienten) in den Anwendungskontext.

Wartung und Service

Wartungsmaßnahmen sind ein fester Bestandteil des Produkt-Lebenszyklus und sollen die Betriebssicherheit und den vollen Funktionsumfang des Gerätes gewährleisten. Auftretende Fehler sollen frühzeitig erkannt und behoben werden können. Wartungsarbeiten von Medizingeräten werden momentan überwiegend vor Ort durchgeführt, manchmal müssen die entsprechenden Geräte aber auch eingeschickt werden. Um die Wartung von medizinischen Geräten einfacher zu gestalten lässt sich durch

den Einsatz moderner IT ein Tele-Wartungs-System einführen, über das der aktuelle technische Stand des Medizingeräts einsehbar ist und entsprechende Maßnahmen im Zuge einer predictive maintenance, also einer vorausschauenden Wartung ergriffen werden können.

Mögliche Geschäftsmodellbezüge:

„Cross Selling“: Zusatzverkauf von komplementären Wartungs-/Serviceleistungen zum eigentlichen Produkt. Angebot über Service- und Wartungsleistungen bereits bei Produktverkauf.

„Digitalization“: Verbindung physischer und digitaler Welt durch Sammlung/Auswertung von Sensordaten und dezentraler Steuerung. Ermöglicht dauerhafte Zustandserfassung und frühzeitiges Beheben von Problemen und damit neue Service-/Wartungsmodelle.

„Guaranteed Availability“ (u.a. Abrechnungsmodelle): Gewährleistete Verfügbarkeit der Produkte und eine Absicherung gegen Ausfall von Geräten. Dies erfolgt durch die Bereitstellung von Ersatzgeräten und Reparatur- und Wartungsleistungen.