Fraunhofer FOKUS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR OFFENE KOMMUNIKATIONSSYSTEME FOKUS

# AUTOMATISIERUNGSANSÄTZE FÜR DIGITALE THERAPIEN - STAND DER PRAXIS

## TECHNISCHER BERICHT

**Michael John, Valentin Kauth, Maria Kleppisch**
Berlin, 09.10.2020

# Inhalt


| | | |
|---|---|---|
| **1** | **Einleitung** | **2** |
| 1.1 | Untersuchungsgegenstand und Fragestellungen | 3 |
| 1.2 | Anwendungsfelder für Prozessautomatisierung | 4 |
| 1.3 | Technologien für Prozessautomatisierung | 5 |
| 1.4 | Nutzen und Grenzen der Prozessautomatisierung in der medizinischen Versorgung | 7 |
| **2** | **Digitale Therapieanwendungen** | **10** |
| 2.1 | Einführung und Anwendungsfälle | 10 |
| 2.2 | Phasen und informationsverarbeitende Tätigkeiten im Therapieprozess | 11 |
| 2.2.1 | Unterstützte medizinische Prozessschritte | 12 |
| 2.2.2 | Informationsverarbeitende Tätigkeiten | 14 |
| **3** | **Bestandsaufnahme automatisierter Therapieanwendungen** | **16** |
| 3.1 | Recherchestrategie | 16 |
| 3.2 | Ein- und Ausschlusskriterien | 17 |
| 3.3 | Darstellung der Ergebnisse | 18 |
| **4** | **Anwendungsbeispiele für Prozessautomatisierung** | **29** |
| 4.1 | Psychotherapie | 30 |
| 4.2 | Orthopädie | 31 |
| 4.3 | Kardiologie | 32 |
| 4.4 | Neurologie | 33 |
| 4.5 | Diabetologie | 34 |
| 4.6 | Onkologie | 35 |
| 4.7 | Sonstige Indikationen und Anwendungsbereiche | 36 |
| **5** | **Zusammenfassung und Diskussion** | **38** |
| 5.1 | Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse | 38 |
| 5.2 | Fazit und Ausblick | 41 |
| **6** | **Literaturverzeichnis** | **43** |

# 1 Einleitung

Das deutsche Gesundheitssystem befindet sich aktuell in einem Prozess der Modernisierung und Digitalisierung. Bereits seit längerem zeichnet sich ein Fachkräftemangel im Gesundheits- und Sozialwesen ab (Augurzky und Kolodziej 2018a, 2018b). Hinzu kommen verstärkte Anforderungen an die Dokumentation zum Nachweis der Leistungserbringung und Qualitätssicherung, was seitens der Leistungserbringer häufig als zusätzliche Bürokratie wahrgenommen wird (HIMSS 2015; Ärzteblatt 2016; Blum et al. 2019, S. 18–19). Automatisierungsprozesse haben das Potenzial zum einen die Zeit, welche ärztliches Personal für Dokumentation aufwendet, zu reduzieren und die Qualität der Behandlung zu verbessern, zum anderen besteht die Hoffnung, dass die Automatisierung die Folgen des Fachkräftemangels abschwächen kann.

Digitale Technologien durchdringen in allen Bereichen, sowohl innerhalb der Verwaltungs- wie auch der medizinischen Versorgungsprozesse, den Arbeitsalltag von Sachbearbeitern, Führungskräften und Leistungserbringern (Ärzteblatt 2018). Die Digitalisierung und darauf aufbauend die Automatisierung von durchgängig digitalisierten Prozessketten bieten einen Ansatz, sowohl in der Administration, wie auch ganz konkret in der medizinischen Versorgung die arbeitenden Fachkräfte zu entlasten und Patientinnen besser bei gesundheitsförderlichen Maßnahmen zu unterstützen (Fiaidhi und Mohammed 2018).

Die mit der Automatisierung einhergehenden Visionen und Versprechungen für das Gesundheitswesen sind vielzählig, angefangen von einer Ressourceneinsparung und -optimierung durch die automatisierte Übertragung von Daten zwischen den Institutionen des Gesundheitswesens (Fiske et al. 2019; Willis et al. 2019), über eine verbesserte, beschleunigte Diagnostik bei gleichzeitiger Vermeidung von Doppeluntersuchungen bis hin zu einer gesteigerten Sicherheit des Patienten durch Automatismen bei der Prüfung von digital übertragenen Gesundheitsdaten, wie z.B. Medikationsplänen und Medikamentenwechselwirkungen.

Unbestritten ist, das trotz niedrigem Digitalisierungsgrad im deutschen Gesundheitswesen die Digitalisierung stetig voranschreitet (BMWi 2017, S. 9; BDO und DKI 2019, S. 8–10; Ärzteblatt 2020). Eine durchgängige Digitalisierung führt zu besseren Informationsflüssen. Eine darauf aufbauende Automatisierung ermöglicht die Effizienzgewinne zu heben, die durch die Digitalisierung versprochen wurden. Konzepte wie „Robotic Process Automation“ (RPA) oder „Künstliche Intelligenz“ (KI) werden in den letzten Jahren verstärkt diskutiert, um die Potenziale der Automatisierung auf wirtschaftlicher und technologischer Ebene zu beschreiben und deren wirtschaftliche Effekte abzuschätzen (Le Clair et al. 2017; Singh 2018; UiPath 2018).

Im Gesundheitswesen werden bislang die Potenziale einer Automatisierung in erster Linie im Hinblick auf die Anwendung von Künstlicher Intelligenz in Geschäfts- und Versorgungsprozessen diskutiert (Helgadottir 2016, Safar 2017; Tierney 2020). Die Einführung von KI im Gesundheitswesen durchläuft nach den Prognosen des EIT Health und McKinsey drei Phasen: Zuerst werden Routineprozesse in Kliniken mit Hilfe von KI automatisiert, in der zweiten Phase halten intelligente Gesundheitsprogramme mit KI auch im häuslichen Umfeld Einzug und zuletzt werden neue evidenz-

basierte Anwendungen als integraler Bestandteil entlang der gesamten Wertschöpfungskette im Gesundheitswesen etabliert (EIT Health und McKinsey & Company 2020, S. 9).

Die Effizienzversprechen der Automatisierung sind dabei divers und basieren bislang auf Einzeluntersuchungen. Sie reichen von Schätzungen, dass 15% der durchschnittlichen Arbeitszeit von Beschäftigten im Gesundheitswesen automatisierbar sind (EIT Health und McKinsey & Company 2020, S. 10) bis hin zur Bezifferung eines volkswirtschaftlichen Einsparpotenzials von 8,5 Mrd. Euro, wenn z.B. einfache Arbeitsabläufe in der Administration und Gesundheitsversorgung automatisiert werden und medizinische Chatbots sowie Entscheidungsunterstützungssysteme Anwendung finden (pwc 2017; McKinsey & Company 2018, S. 6–7).

## 1.1 Untersuchungsgegenstand und Fragestellungen

Mehrere Studien konstatieren, dass Technologien der KI und ihre Nutzung für die Automatisierung von Geschäfts- und Behandlungsprozessen das Gesundheitswesen grundlegend verändern werden (EIT Health und McKinsey & Company 2020). Die Analyse der Effekte verbleibt aber oftmals auf einem sehr allgemeinen Niveau und es wird dabei in den Studien selten auf einzelne Prozessschritte im medizinischen Versorgungsprozess eingegangen.

Dieser technische Bericht fokussiert daher auf den Teilbereich der digitalen Therapien und versucht den Stand der Praxis von Automatisierungsansätzen für digitale Therapieanwendungen aufzuarbeiten.

Im Rahmen der Studie soll dabei auf die folgenden Fragestellungen eine Antwort gefunden werden:

- In welchen Anwendungsgebieten und in welchen Indikationen werden Techniken zur Automatisierung eingesetzt?
- Welche konkreten Prozessschritte im Behandlungsverlauf werden automatisiert und welche informationsverarbeitende Tätigkeiten finden dabei statt?
- Wie können Ansätze der Prozessautomatisierung in Diagnostik und Therapie helfen, bestehende Prozesse effizienter zu machen und dem Fachkräftemangel entgegenzuwirken?

Die grundlegende Forschungsfrage dabei ist, wo medizinische oder therapeutische Handlungen bereits durch Automatismen unterstützt und/oder ersetzt werden, um medizinische Behandlungsqualität zu verbessern und/oder medizinisches Personal zu entlasten.

Einleitend werden hierfür in Kapitel 1 die verwendeten Begriffe definiert und verschiedene Beispiele von Prozessautomatisierungen im Gesundheitswesen angeführt. Anschließend wird ein Überblick über einzelne Technologien gegeben, die zur Automatisierung genutzt werden können. In Kapitel 2 wird das analytische Modell hergeleitet, das für die Erhebung und Auswertung der Digitalen Therapieanwendungen (DTA) genutzt wurde. Zur besseren Orientierung der einzelnen Bestandteile und Anwendungsbereiche von Digitalen Therapieanwendungen wurden hierfür in medizinische Prozessschritte und automatisierte Verarbeitungstätigkeiten unterschieden.

Kapitel 3 stellt die Ergebnisse der Bestandsaufnahme dar. Es werden 166 recherchierte Projekte und Produkte nach der Art ihrer verwendeten Automatisierungstechnologien, der unterstützten Prozessschritte und automatisierten Verarbeitungstätigkeiten analysiert. Um die Möglichkeiten der Automatisierung in der digitalen Therapie zu veranschaulichen, führt Kapitel 4 nach Indikationen geordnet konkrete, einzelne Beispiele der Prozessautomatisierung von DTAs an. Abschließend werden in Kapitel 5 zusammenfassend der mögliche Nutzen aber auch die Grenzen der Prozessautomatisierung für Digitale Therapieanwendungen diskutiert.

**Hinweise**

Die Recherchen zu den in Kapitel 3 und 4 dargebotenen Informationen wurden Ende Januar 2020 abgeschlossen.

In diesem Bericht wird zur besseren Lesbarkeit nur die männliche Schreibweise verwendet. Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, dass dies keine Wertung beinhaltet und stets sowohl männliche als auch weibliche Personen gemeint sind.

## 1.2 Anwendungsfelder für Prozessautomatisierung

Automatisierungstechnologien wurden zurückblickend betrachtet zuerst in der produzierenden Industrie eingeführt und führten insbesondere im 20. Jahrhundert zu einer Beschleunigung der Produktionsprozesse. Automatisierung bezeichnet allgemein die „Übertragung von Funktionen des Produktionsprozesses, insbesondere Prozesssteuerungs- und Regelungsaufgaben vom Menschen auf künstliche Systeme.“ (Voigt 2020)

Im Maschinenbau übernehmen speicherprogrammierbare Steuerungen (sog. SPS) bereits seit längerem regelnde und steuernde Funktionen bei Produktionsstrecken und Abläufen in der Fertigung (Juschkat 2019; Wikipedia 2019b, 2020c). Seit der Einführung von computergestützten Workflowsystemen wird Prozessautomatisierung auch unter dem Begriff Business Process automation (BPA) in der Betriebswirtschaft zur Steuerung und Kontrolle von Geschäftsprozessen eingesetzt (Wikipedia 2020b). Im Bankengewerbe wird u.a. die Robotic Process Automation (RPA) diskutiert und in ersten Anwendungsfällen bereits erprobt. „Im Gegensatz zu Computern mit künstlicher Intelligenz entwickeln die Roboter dabei nicht durch die Analyse großer Datenmengen ständig neue Lösungen, sondern folgen fest vorgeschriebenen Routinen, die sie immer in gleicher Art und Weise ausführen“(Singh 2018).

In den letzten Jahren nähern sich Automatisierungstechnologien zunehmend dem privaten Bereich. Über die Gebäudeautomatisierung breiten sich Automatisierungstechnologien bis in das häusliche Umfeld aus und helfen durch Sprachsteuerung und intelligente Displays im Alltag (Amazon; Google Store).

Hinsichtlich der Automatisierung in der Medizinbranche lassen sich analoge Entwicklungen beschreiben:

Wie in anderen Bereichen (z.B. der Produktion) ist auch in der Medizin die Automatisierung eine Folge der zunehmenden Digitalisierung. Spricht man von Automatisierung in der Medizin, ist ebenfalls die Übertragung menschlicher, also medizinischer bzw. therapeutischer, Aufgaben auf künstliche Systeme gemeint. Die Einsatzberei-

che sind dabei so vielfältig wie die unterschiedlichen Gebiete der Medizin und reichen von Aufgaben aus dem Therapieprozess (Diagnose, Planung, Kommunikation, Evaluation) über datenbezogene Aufgaben, wie das automatische Erfassen und Speichern von Gesundheitsdaten bis hin zu automatisierten Robotern im Operationssaal (McKinsey & Company 2018).

In der Herstellung von Medizingeräten werden bereits Automatisierungstechnologien eingesetzt. Gleiches gilt bei standardisierten Prozessen in der Laboranalyse (Howell 2018; Ochs et al. 2019). Auf der Ebene der Geschäftsprozesse bietet die Digitalisierung des Gesundheitswesens einen ersten Ansatzpunkt für automatisierte Prozesse: Anwendungen für automatisierte Prozesse finden sich z.B. auf den Gebieten Krankenhauslogistik, u.a. in der Arzneimittelbeschaffung, beim Dokumentenmanagement und auch im Customer Relationship Management (GSG o.J; cloudmagazin 2018; Dyrda 2019; St Franziskus Stiftung 2020).

Sowohl in der Verwaltung wie auch an der Schnittstelle der Leistungserbringer werden Automatisierungstechnologien z.B. für die automatisierte Dokumentation von Behandlungseinheiten oder eine bessere Erfassung von Outcome-Parametern bei therapeutischen Maßnahmen eingesetzt (Simon 2018; Philips GmbH 2019). Einzelne IT-Unternehmen haben sich auf diesen Bereich spezialisiert und bieten bspw. erste Plattformen für digitale, automatisierte Dokumentation entlang des Behandlungsprozesses an (Insig 2020; Lifecycle Health o. J.).

Näher an den Leistungserbringern und Patienten werden mit Hilfe von Technologien zur Bild- und Texterkennung einzelne Aspekte bei der Diagnostik teilautomatisiert und liefern bspw. in der Onkologie Empfehlungen für eine optimierte Strahlen- oder Chemotherapie (UCLA o. J.; Grätzel von Grätz 2018; Faggella 2019). Insbesondere durch Entwicklungen im Bereich des maschinellen Lernens ergeben sich zahlreiche neue Möglichkeiten in der automatisierten Diagnostik, personalisierten Therapieplanung und medizinischen Forschung (Obermeyer und Emanuel 2016; Faggella 2020). Direkt am bzw. im Patienten steuern intelligente Regelkreissysteme die Insulingabe bei Diabetespatienten oder überwachen den Herzrhythmus bei kardiologischen Patienten und intervenieren bei Bedarf (Defibrillator (ICD) Deutschland e.V.; APA 2018). In der Rehabilitation werden robotergestützte Biofeedbacksysteme sowie VR- und AR-Systeme eingesetzt, die den Trainingsverlauf zur Wiederherstellung von Bewegungsfähigkeit oder kognitiven Fähigkeiten z.T. automatisiert steuern (König; S. T. 2019).

Durch Automatisierung können skalierbare Lösungen gefunden werden, die medizinisches Personal entlasten und oftmals eine patientenzentrierte Versorgung unabhängig von Ort und Zeit, also auch außerhalb des klinischen Umfelds, ermöglichen. Laut einer Studie von McKinsey bietet der Einsatz von automatisierten Prozessen daher auch ein hohes Potential für das Einsparen von Kosten im Gesundheitswesen (McKinsey & Company 2018).

## 1.3 Technologien für Prozessautomatisierung

Für die Automatisierung von einzelnen bzw. zusammenhängenden, komplexen Prozessschritten finden unterschiedliche Technologien Anwendung, die von einfachen prozessualen Verarbeitungsroutinen bis hin zu komplexen Deep Learning-Algorithmen reichen. Im Hinblick auf die Automatisierung von Therapieanwendungen wer-

den häufig Technologien eingesetzt, die aus einer Kombination von Hardware (Sensorik, Aktorik) und datenverarbeitenden, intelligenten Softwareprogrammen besteht. Grundsätzlich lassen sich unterschiedliche Klassen von softwarebasierten Automatisierungstechnologien unterscheiden (siehe Abbildung 1).

**Einfache Verfahren** basieren auf vordefinierten ausführbaren Prozessschritten innerhalb zusammenhängender Prozessketten, die von einfachen Ablaufprogrammen oder Workflow-Engines ausgeführt werden (Wikipedia 2019a). Mit Hilfe von workflowbasierten Prozessteuerungen können z.B. die Vor- und Nachbedingungen von Systemzuständen oder die Konsistenz von Datenflüssen überprüft werden (Singh 2018, S. 8). Regelhafte Abläufe können mit einfachen Befehlsstrukturen (z.B. boolesche Operatoren) notiert und somit automatisiert werden. Die automatisierten Entscheidungen innerhalb des Prozesses werden durch eine vordefinierte Menge von logischen Verknüpfungen der Vor- und Nachbedingungen, basierend auf Grundoperationen wie z.B. Schwellwertüberschreitung oder Summierung, getroffen. Einfache Automatisierungsprozesse werden u.a. in den Bereichen der Dokumentation von Daten, der Steuerung von Prozessen in der Produktion und Verwaltung und in der medizinischen Versorgung eingesetzt.

**Komplexere Ansätze** der Automatisierung kombinieren die einfachen Verfahren der Prozessteuerung mit regelbasierten Ansätzen (z.B. Prädikatenlogik erster Stufe). Diese Programmierung von wissensbasierten Systemen wird auch als klassische oder schwache KI bezeichnet (vgl. Krenn et al. 2020, S. 5). Medizinische Expertensysteme kombinieren z.B. das Wissen eines bestimmten Fachgebiets in Form von logischen Axiomen und musterhaften Abläufen, die auf große Wissensbasen zugreifen. Ihre Entscheidungen sind von Natur aus erklärbar. Beispiele hierfür sind die logistische Regression, regelbasierte Systeme oder mehrdimensionale Entscheidungsbäume, die auch als White- Box Verfahren bezeichnet werden (vgl. Bitkom 2019, S. 63). Regelbasierte Ansätze finden Ihre Anwendung in medizinischen Expertensystem und unterstützen das Fachpersonal bei der Diagnose oder Entscheidungsunterstützung sowie bei der Steuerung von Medizingeräten, wie Defibrillatoren und Insulinpumpen (vgl. Challen et al. 2019, S. 231).

Den **höchsten Komplexitätsgrad** bei der Interpretation von Daten erzielen bereits etablierte und neuere Ansätze des Maschinellen Lernens (ML). Verbreitete Ansätze sind hier Verfahren der Mustererkennung. Auf Basis von vorab antrainierten Erfahrungen (sog. supervised learning) versetzen sie Rechner in die Lage automatisch Datenmuster zu erkennen, Vorhersagen zu treffen oder Aufgaben zu lösen (vgl. Krenn et al. 2020, S. 5–6). Die Algorithmen suchen dabei nach auffälligen statistischen Strukturen in den Daten und gleichen diese mit den erlernten bzw. vorgegebenen Strukturen ab (Sudmann 2018, S. 55). Im Bereich des Data-Minings werden bspw. große Datenbestände mit Hilfe statistischer Methoden mit dem Ziel untersucht, neue Zusammenhänge und korrelierende Muster (engl. Patterns) in den Datenbeständen zu erkennen (Miller und Brown 2018, S. 130). Ansätze des Deep learnings basieren auf der Nachbildung kognitiver Strukturen mit Hilfe von künstlichen neuronalen Netzen (KNN). Sie werden auch als komplexe Lernalgorithmen bezeichnet und bestehen aus mehreren Layern von Algorithmen, die hierarchisch geordnet, eigenständig neue Muster in vorhandenen Datenbeständen erkennen und alte Muster löschen können. Als sog. Black-Box-Verfahren finden sie in der medizinischen Forschung aktuell in den Bereichen der Text- und Sprachverarbeitung (NLP) (Association for Computational Linguistics 2019) sowie der Bildverarbeitung Anwendung (Neri et al. 2019).

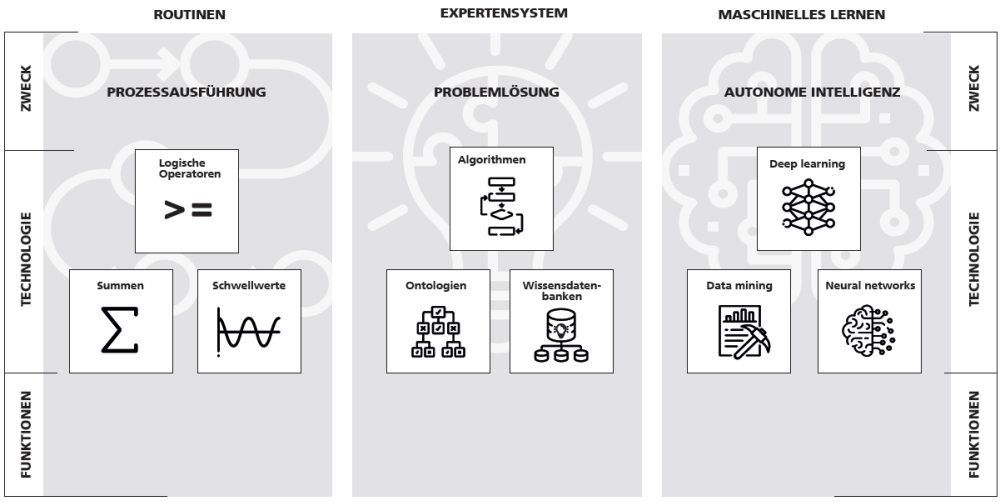



Abbildung 1: Modell für die Einteilung der Komplexitätsstufen

Während einfache und grundlegende Verfahren der Automatisierung im Bereich der Workflowautomatisierung bereits vielfältig im Gesundheitswesen produktiv eingesetzt werden, befinden sich die komplexeren Verfahren im Bereich der Künstlichen Intelligenz aufgrund der geltenden Sicherheitsanforderungen an Medizinprodukte immer noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium.

## 1.4 Nutzen und Grenzen der Prozessautomatisierung in der medizinischen Versorgung

Die Hoffnungen, die mit einem Ausbau der Automatisierung im Bereich der Gesundheitsversorgung einhergehen, haben die EU und einzelne europäische Länder dazu veranlasst, diverse Initiativen zu starten, um Innovationen zu fördern und gleichzeitig sicherzustellen, das gemeinsame Werte und Normen eingehalten werden. In Deutschland setzt sich die Hightech-Strategie 2025 unter anderem in der Gesundheits- und Pflegeforschung für die Analyse großer Datenmengen und eine individualisierte Prävention, Diagnostik und Therapie ein. Hierfür wird die Entwicklung innovativer Methoden und Analysewerkzeuge vorangetrieben (Bundesregierung 2019). Die innovative medicines initiative, eine öffentlich-private Partnerschaft der EU, thematisiert in ihren Calls ebenso Themen aus der Therapieautomatisierung, wie z.B. die Sicherstellung der optimalen Behandlung von Patienten mit soliden Tumoren durch künstliche Intelligenz oder Verkürzung der Diagnose Zeit für seltene Erkrankungen durch die Kombination von genetischem Screening bei Neugeborenen und digitalen Technologien (IMI 2020). Die konkreten Auswirkungen der Automatisierung auf die Versorgungsrealität, ihre Vor- und Nachteile müssen jedoch erst systematisch erfasst und hinsichtlich ihrer Nutzen und Grenzen bewertet werden. In Großbritannien wurde daher ein Projekt mit dem Ziel initiiert, die Effekte der Digitalisierung und Automatisierung auf das Gesundheitssystem systematisch zu erfassen und zu messen (Willis et al. 2020).

In den folgenden Abschnitten soll zunächst auf die Chancen und Nutzen, die mit der Automatisierung verbunden sind eingegangen werden, um anschließend auszuführen, wo potenzielle Grenzen oder Risiken liegen.

### Chancen und Nutzen der Automatisierung

Die positiven Effekte einer voranschreitenden Digitalisierung und Automatisierung lassen sich für alle Stakeholder des Gesundheitswesens darstellen. Trotz ihrer bisher geringen Verbreitung zeigen sich Patienten generell interessiert an der Nutzung von digitalen Therapieanwendungen (Ärzteblatt 2015 & Bitkom 2019a, S.4). Durch den neuartigen, digitalen Zugang zu medizinischer Versorgung können teilweise auch die sozialen und infrastrukturellen Ungleichheiten in der Gesundheitsversorgung gemindert werden. Gerade die weite Verbreitung von Smartphones in der Bevölkerung, ermöglicht eine niederschwellige, flächendeckende sowie weitgehend automatisierte Erhebung von Krankheitsparametern und die Bereitstellung dieser Daten für die Gesundheitsforschung. Somit können DTAs auch einen entscheidenden Beitrag zum besseren Verständnis von Krankheiten und ihren Verläufen liefern.

Patienten können von den Potentialen der Automatisierung durch automatisierte Dokumentation und Datenübertragung oder durch automatisierte Plausibilitätsprüfungen bei der Verschreibung von Medikamenten profitieren. Dies führt zu einer erhöhten Patientensicherheit (Zobel 2018, S. 12). Anhand der digital integrierten Daten kann den Patienten ein besserer Überblick über ihre Krankheit bzw. den aktuellen Therapieerfolg vermittelt werden, um sie so stärker in ihren individuellen Behandlungsprozess einzubinden. Automatismen in digitalen Anwendungen können auch das Selbstmanagement von Patienten fördern. Das Verständnis der eigenen Erkrankung, z.B. durch automatisierte situationsgerechte Hinweise, kann dazu beitragen, die Therapieadhärenz zu steigern und nachhaltige Effekte zu erzielen (Oreskovic et al. 2015, S. 2). Digitale Gesundheitsanwendungen können somit Patienten nachhaltig bei der Veränderung ihrer Gewohnheiten unterstützen und einen Beitrag zum besseren Management von chronischen Erkrankungen leisten.

Ärzte profitieren von Automatismen im Bereich der digitalen Therapieanwendungen durch eine schnellere Verfügbarkeit der Daten. Durch intelligente Informationssysteme verbessert sich die Verfügbarkeit des gesammelten medizinischen Wissens. Unabhängig vom Standort wird Ärzten und Therapeuten durch die automatisierte Auswertung von Studiendaten der Zugang zu dem ständig wachsendem Gesundheitswissen erleichtert, damit therapierelevante Entscheidungen auf Basis eines beständig aktualisierten Wissens getroffen werden (Fiaidhi und Mohammed 2018, S. 91 f.). Entsprechende Decision support-Systeme können hierbei die Entscheidungsfindung von Ärzten und Therapeuten erleichtern und sogar verbessern (Miller und Brown 2018, S. 131). Im Behandlungsprozess erhalten Ärzte und Therapeuten durch Verfahren der automatisierten Aggregation, Interpretation und Visualisierung von Patientendaten eine bessere Datengrundlage, um den Therapieprozess zu steuern und ggfs. zu intervenieren. Auf Basis dieser Daten kann die Behandlung einzelner Patienten personalisiert werden, um so möglicherweise die Erfolgschancen zu erhöhen. Anwendungen im Bereich der automatisierten Datenerfassung und Dokumentation bedeuten eine Arbeitserleichterung für Ärzte und Therapeuten, sodass mehr Zeit auf die Behandlung und Interaktion mit Patienten verwendet werden kann (EIT Health und McKinsey & Company 2020, S. 3; 11). Auch das automatisierte Zusammenstellen von therapeutischen Materialien und Übungen durch entsprechende Auswahl- und Konfigurationsmechanismen ist als eine Arbeitserleichterung zu betrachten. Bedeutend ist auch die Tatsache, dass Automatismen sowohl für Ärzte, Therapeuten aber auch für Patienten bereits mittels einfacher Technologien und Benutzerschnittstellen umgesetzt werden können.

Auf Seiten der Kostenträger wird der vermehrte Einsatz von Automatismen mit Effizienzsteigerungen verbunden, da Arbeitsabläufe automatisiert angestoßen und durchgeführt werden können (McKinsey & Company 2018, S. 4 und 6).
Die Optimierung der Arbeitsprozesse durch Automatismen resultiert in einer geringeren Arbeitszeit für die Erhebung, Analyse und Dokumentation von Versicherten- und Versorgungsdaten durch die Reduktion doppelter Dateneingaben bei einer gleichzeitig erhöhten Verfügbarkeit und Korrektheit der Daten. Hierdurch können ggfs. Sektoren übergreifende Fehlbehandlungen oder Fehlmedikationen sowie ihre Folgen gemindert und möglicherweise auch verhindert werden. Die breit angelegte anonymisierte Erfassung und Verarbeitung von Patientendaten und statistischen Daten aus den bereitgestellten Gesundheitsprogrammen kann als Grundlage für eine flächendeckende Prävention bzw. flächendeckendes anonymisiertes Monitoring von Krankheitsverläufen dienen.

**Risiken und Barrieren der Automatisierung**

Diesen erhofften Vorteilen stehen aber auch mögliche Risiken entgegen. Ein Beispiel hierfür wäre, dass die Verfügbarkeit von Daten im positiven Fall zu einer Personalisierung der Medizin führen kann. Weniger erstrebenswert wäre die Zusammenfassung großer Datenmengen, die zu einer Formalisierung von Patientenlaufbahnen führt. Weniger Interaktionen zwischen Ärzten, Therapeuten, Patienten und Kostenträgern aufgrund von automatisierten Behandlungs-, Versorgungs- und Geschäftsprozessen sollten nicht in eine entmenschlichte Medizin oder ein gesichtsloses, durchoptimiertes Gesundheitswesen münden. Die sozialen Handlungen in den Arzt/Therapeut-Patienten-Interaktionen sind nicht zu unterschätzen und demnach auch ihre Relevanz für den Therapieerfolg. Bei der Bewertung, inwieweit Entscheidungsverantwortung automatisiert und an Computer abgegeben werden darf, sollten diese Aspekte immer mitberücksichtigt werden (Zobel 2018, S. 17).

Das Sammeln und statistische Auswerten von großen Datenmengen kann nur die Korrelation von bestimmten Zuständen und Ereignissen mit Krankheitsbildern bestimmen. Genaue Kausalitäten können auf diese Weise bislang nicht abschließend nachgewiesen werden. Diese Tatsache kann zu falschen Verknüpfungen von Daten und Outcomes führen und somit zu einer fehlerhaften Adressierung von Krankheitsursachen führen. Darüber hinaus kann auch das Self-tracking von eigenen Gesundheitsdaten bei Patienten eine Quelle der Verunsicherung sein, z. B. wenn Algorithmen auf Basis von falsch erfassten Daten weitergehende Schlüsse ziehen und somit unpassende Empfehlungen und Hinweise ausgeben (Zobel 2018, S. 18). Offene Fragestellungen sind hier die Qualitätskontrolle von Algorithmen und Steuerungssystemen und wie groß der Anteil an menschlicher Arzt-Patienten-Interaktion sein muss, um Fehlentwicklungen zu verhindern (Oreskovic et al. 2015).

Da eine Vorbedingung für automatisierte Entscheidungsunterstützung im Bereich der Therapien auch die großflächige, weitreichende Erhebung von sensiblen Gesundheitsdaten ist, nimmt der Schutz dieser Daten und die Sicherstellung der korrekten Verwendung die höchste Priorität ein. Die hohen Datenschutzanforderungen im deutschen Gesundheitswesen sind aber faktisch auch eine Barriere für die Automatisierung. Letztlich haben sie zur Folge, das Algorithmen nicht auf einer umfassenden Datengrundlage entwickelt werden können. Hier würde der Aufbau einheitlicher Standards zur Strukturierung von Datensätzen sowie der Aufbau einheitlicher, vernetzter Dateninfrastrukturen helfen, um den Austausch und die Weiterverarbeitung der Daten zwischen verschiedenen Anwendungen zu ermöglichen und Automatisierungsansätze auf der Basis großer Datenbestände zu validieren (EIT Health

und McKinsey & Company 2020). Vorab sind in dem Bereich der Medizin aber zuerst die rechtlichen und ethischen Implikationen zu klären, die eine Lockerung des Datenschutzes für das Gesundheitssystem zur Folge hätte (Fiske et al. 2019). Um die vielfältigen Anforderungen und Implikationen der Automatisierung und Künstlichen Intelligenz auf eine systematische Grundlage zu stellen, sind daher in den letzten Jahren verschiedene wissenschaftliche Frameworks zur Kategorisierung und Evaluation von Automatisierungsansätzen entstanden (vgl. Lynn 2019; Challen et al. 2019; El-Gayar und Timsina 2014; Willis et al. 2019).

# 2 Digitale Therapieanwendungen

Nachdem in der Einleitung mögliche Anwendungsgebiete sowie Nutzen und Risiken von Automatisierung im Gesundheitswesen angeführt wurden, liegt in diesem Kapitel der Fokus auf dem eigentlichen Untersuchungsgegenstand der digitalen Therapieanwendungen (engl. digital therapeutics). Für die Beschreibung der Automatisierungsprozesse digitaler Therapieanwendungen wurde das nachfolgende Modell erarbeitet. Es bietet einen Orientierungsrahmen für die Einordung der einzelnen Anwendungen und hilft, die medizinischen Behandlungsschritte sowie die informationsverarbeitenden Tätigkeiten darzustellen.

## 2.1 Einführung und Anwendungsfälle

Digitale Therapieanwendungen (kurz DTA) dienen der räumlich und zeitlich unabhängigen Erbringung von medizinischen oder therapeutischen Handlungen und Leistungen unter Nutzung von digitalen Medien (Makin 2019). Als ein Teilgebiet von digitalen Gesundheitsanwendungen (engl. digital health) unterstützen sie Patienten, Therapeuten und Ärzte bei Prävention, Management und Behandlung von gesundheitlichen Störungen oder medizinischen Erkrankungen und basieren auf evidenzbasierten therapeutischen Interventionen, die mit Hilfe hoch-qualitativer Softwareprogramme und -anwendungen erbracht werden (BÄK 2019; BMBF 2020; Wikipedia 2020a).

Integraler Bestandteil für DTAs sind die Kombination von medizinischen Versorgungsangeboten und einem eigenverantwortlichen Mitwirken des Patienten im Behandlungsprozess. Daher werden in dieser Studie drei Anwendungsfälle (engl. use cases) für digitale Therapieanwendungen unterschieden, die automatisierte Prozesse beinhalten können:

- die Arzt-Patienten-Interaktion
- das Selbstmanagement des Patienten
- die Arzt- bzw. Therapeutenanwendungen

DTA, die sich auf die Arzt-Patienten-Interaktion beziehen, fördern die Kommunikation und den Austausch zwischen Arzt/Therapeut und Patient. Häufig steht eine konkrete Behandlungsmaßnahme im Zentrum der Anwendung, die auf eine konkrete Indikation ausgerichtet ist. Hierunter zählen zum Beispiel auch klassische Angebote der Telemedizin, bei denen der Arzt bzw. Therapeut auf Basis der am Patienten erhobenen Daten entsprechende (teil-)automatisierte Therapieentscheidungen trifft.

Oftmals werden Anwendungen der Arzt-Patienten-Interaktion auch mit digitalen Angeboten zum Selbstmanagement des Patienten kombiniert. Digitale Anwendungen des Selbstmanagements zielen darauf ab, den Patienten in dem eigenverantwortlichen Umgang mit seiner Erkrankung zu unterstützen. Hierzu zählen insbesondere Programme im Bereich der Primär- bzw. Sekundärprävention, die die Gesundheitskompetenz und die Nachhaltigkeit bereits eingeleiteter oder abgeschlossener therapeutischer Maßnahmen steigern sollen.

Digitale Anwendungen, die vorrangig Ärzte bzw. Therapeuten unterstützen, stellen in erster Linie Angebote für den Kompetenzaustausch und Wissenserwerb z.B. im Therapieprozess bereit. Dies können der Zugang zu Bilddatenbanken sein, die Ärzten bei der Diagnose helfen oder Analyseverfahren in Studiendatenbanken, um auf der Basis durchgeführter Studien die geeigneten Therapieempfehlungen vorzuschlagen

## 2.2 Phasen und informationsverarbeitende Tätigkeiten im Therapieprozess

Um die einzelnen Automatisierungsansätze und ihre Auswirkungen auf den Therapieprozess bestimmen zu können, wurde vorab ein analytisches Modell entwickelt, das die einzelnen Phasen im Therapieprozess inkl. ihrer Prozessschritte sowie die informationsverarbeitenden Tätigkeiten beschreibt. Das Modell dient zur Erfassung und darauffolgenden Analyse, in welchen Therapiephasen welche Prozessschritte in Gänze oder teilweise automatisiert werden (siehe Abbildung 2).

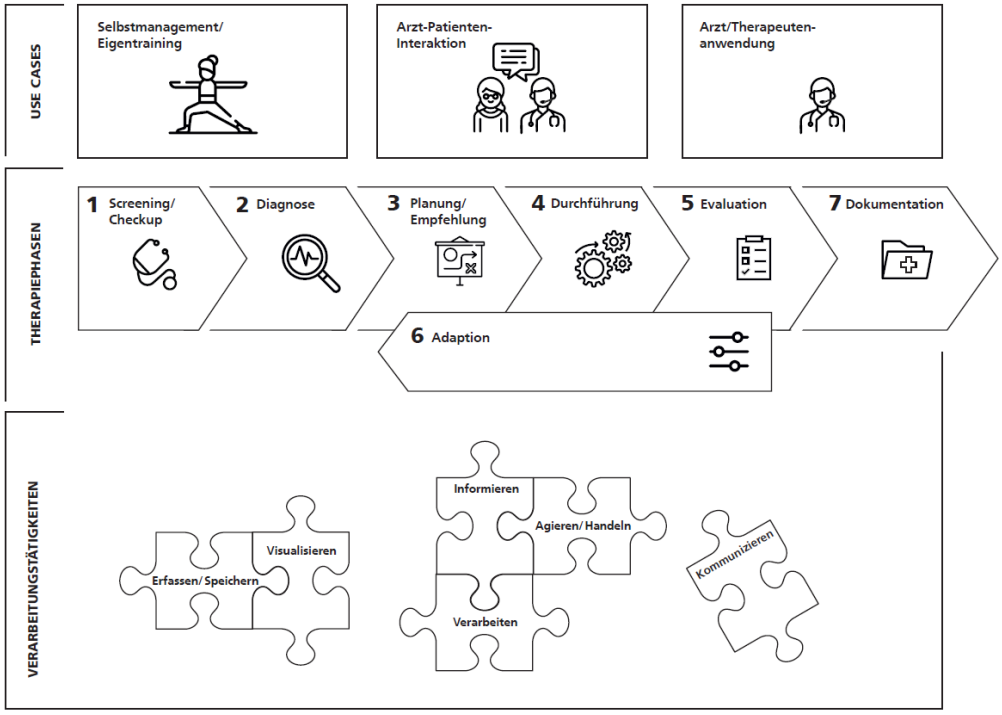



Abbildung 2: Analytisches Modell für die Bestandsaufnahme

Nachfolgend werden die Therapiephasen mit ihren medizinischen Prozessschritten und Verarbeitungstätigkeiten im Einzelnen beschrieben.

### 2.2.1 Unterstützte medizinische Prozessschritte

In diesem Kapitel wird dargestellt, in welchen Phasen bzw. zu welchem Zeitpunkt des Therapieprozesses Automatisierungstechniken verwendet werden. Für die Modellbildung wurden einzelne Phasen des Therapieprozesses aus der gängigen Literatur hergeleitet.

In Anlehnung an die konventionellen Abläufe in der Therapie kann für die Modellbildung von einem Grundgerüst aufeinander folgender Phasen ausgegangen werden, die von der Anamnese und einleitenden Diagnostik bis hin zur Evaluation und abschließenden Dokumentation einer therapeutischen Maßnahme reichen. Bei der Herleitung der einzelnen Phasen wurde sich an der Beschreibung konventioneller Therapieabläufe aus der Therapiewissenschaft (Sachse 2017), der Gesundheitskommunikation (Dehn-Hindenberg 2010), sowie der Psycho- und Verhaltenstherapie orientiert (Roediger 2011).

Als Grundgerüst wurde der Therapieprozess in die Phasen Screening / Checkup / Prognose; Diagnostik; Planung / Empfehlung; Durchführung; Evaluation; Adaption; Dokumentation untergliedert (siehe Abbildung 3).

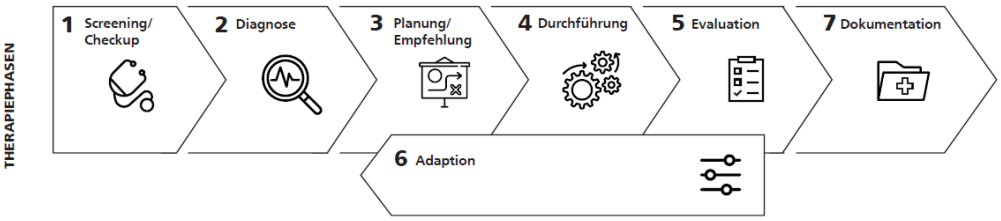



Abbildung 3: Therapiephasen und darin enthaltene Therapieprozessschritte

Im nachfolgenden wird die Bedeutung der einzelnen Therapiephasen kurz erläutert.

**Screening / Check-Up**

Das Screening dient der Erkennung des Auftretens einer Krankheit sowie einer zukünftigen Erkrankungswahrscheinlichkeit. Mit Hilfe von Check-Ups kann der Schweregrad einer aktuellen Erkrankung bewertet werden. Hierbei wird der aktuelle Gesundheitszustand erfasst und ggfs. an das medizinische Personal übermittelt, ohne dass direkte therapeutische Maßnahmen bzw. Interventionen damit verbunden sind. Häufig erfolgen auf Basis der gescreenten Daten im Anschluß weitergehende Berechnungen, so z.B. bei der Bildung von Risikoscores oder der aggregierten Darstellung des Gesundheitszustandes einer Patientin.

**Diagnose**

Im Gegensatz zum Screening bzw. Check-Up müssen Anwendungen, die der automatisierten Diagnostik zuzuordnen sind, höhere Anforderungen an die Genauigkeit und Verlässlichkeit ihrer Ergebnisse erfüllen. Im Unterschied zu DTAs, die Screening und Check-Up automatisieren und hierbei häufig nur 1-2 Parameter korrelieren, analysieren Anwendungen in der Diagnostik mehrere krankheitsbedingende Faktoren. Häufig erfolgt auf Basis der Diagnose bzw. der Auswertung von Befunden zu diagnostischen Zwecken eine Empfehlung für die Durchführung der Therapie.

**Planung / Empfehlung**

Die Phase Planung/Empfehlung folgt auf die Schritte Screening/Check-Up und Diagnose und beschreibt die therapiegestaltenden und konzeptionellen Momente im Therapieprozess. Hierzu zählen die Auswahl möglicher Therapiepfade und Therapieelemente, die Festlegung der Therapieziele sowie die Erstellung eines Therapieplans inkl. durchzuführender Aktivitäten. Beispiele hierfür sind die Planung von therapierelevanten Maßnahmen wie z.B. die Dosierung und Einnahme von Medikamenten oder die Strukturierung von Belastungsintervallen in der Trainingstherapie.

**Durchführung**

Die Durchführung ist die zeitintensivste Phase einer Therapiemaßnahme. Sie dient der Erreichung der vorab gesetzten Therapieziele. Hierzu wird der Patient zuerst über die Wirkungsweise der therapeutischen Aktivitäten aufgeklärt und nachfolgend über den Verlauf der Maßnahme angeleitet und begleitet. Während der Durchführung erfolgt, je nachdem ob die Durchführung zu Teilen kontrolliert und supervidiert wird, auch eine Anpassung der Belastungsstruktur bzw. eine Aktualisierung der Therapieelemente und Übungen. Diese die Durchführung steuernden Momente dienen der zeitnahen Adaption von Therapieeinheiten und Aktivitäten, um ggfs. den Therapieverlauf zu optimieren und das urspr. gesetzte Therapieziel zu erreichen (vgl. dazu auch Prozessschritt Adaption).

**Evaluation**

Die Evaluation von Therapiemaßnahmen dient dem bewertenden Abgleich von urspr. gesetzten Therapiezielen mit den nach der Durchführung erzielten Therapieergebnissen. Es wird daher auch überprüft, inwieweit gesetzte Teilziele während oder bei Abschluss der Durchführung erreicht wurden. Hierfür werden zu Beginn einer Therapiemaßnahme festgelegte Soll-Parameter mit den erreichten Ist-Parametern verglichen, um so ggfs. den Therapieerfolg quantifizieren zu können.

**Adaption**

Der Prozessschritt der Adaption lässt sich sowohl im Anschluss an die Durchführung wie auch die Evaluation von Therapiemaßnahmen einordnen. Die Adaption während der Therapiedurchführung ist eine Anpassung des Therapieablaufes auf Basis von kurzfristig und im Zeitraum begrenzt erhobener Daten (vgl. dafür Prozessschritt Durchführung). Entscheidungsrelevant sind hierbei beispielsweise Screening-Daten, die z.B. durch Monitoring erhoben wurden, oder wöchentlich im Rahmen von Assessments erhobene Zwischenergebnisse. Die auf die Evaluation folgende Adaption hat oftmals größer angelegte Änderungen z.B. im Hinblick auf die gesetzten Ziele bzw. die therapiegestaltenden Elemente und Pfade zur Folge und hat somit größere Auswirkungen auf die ggfs. daran erneut anschließende Durchführung einer in ihrer Wirkweise modifizierten Therapiemaßnahme (vgl. dafür Prozessschritt Evaluation).

**Dokumentation**

Die einen Therapieprozess begleitende und abschließende Dokumentation fasst therapierelevante Daten der Patienten wie auch der Ärzte und Therapeuten über einen definierten Zeitraum zusammen. Die Zwischen- bzw. Abschlussdokumentationen dienen z.B. der Überprüfung der Zielerreichung von Therapiemaßnahmen sowie

der Abrechnung erbrachter Leistungen gegenüber Kostenträgern oder dem medizinisch zu dokumentierenden Wirksamkeitsnachweis von absolvierten Maßnahmen.

### 2.2.2 Informationsverarbeitende Tätigkeiten

Dieses Kapitel beschreibt die informationsverarbeitenden Verfahren und Tätigkeiten, die innerhalb der Automatisierung der medizinischen Prozessschritte angewendet werden.

Zur Detaillierung der informationsverarbeitenden Aktivitäten im Therapieprozess wurden mehrere Modelle digitaler Verarbeitungstätigkeiten u.a. aus der Medizininformatik und dem Informationsmanagement herangezogen (siehe Abbildung 4). Diese zumeist kognitiven Modelle beschreiben detailliert, welche Schritte aufeinander oder in Kombination erfolgen, um erhobene Informationen zu verarbeiten, d.h. miteinander zu korrelieren und zu analysieren. Grundlegende Konzepte der Informationsverarbeitung beziehen sich dabei auf Kreislauf- bzw. Lebenszyklusmodelle der Informationstheorie, die im Wissensmanagement, der Informationswirtschaft und in der Medizin angewendet werden (vgl. Krcmar 2015, S. 156 ff.; 165; 660 ff.; Dugas 2017, S. 259; Swoboda 2017; John und Kleppisch 2019).

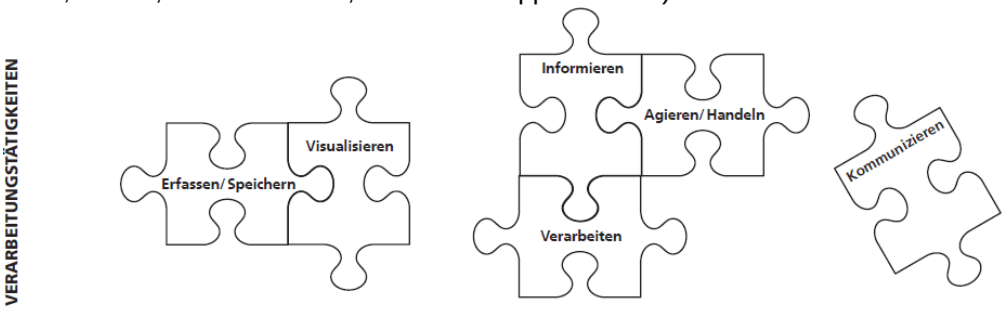



Abbildung 4: Informationsverarbeitende Tätigkeiten

Informationsverarbeitende Tätigkeiten im Therapieprozess beziehen sich demnach auf das Erfassen, Analysieren, Steuern und Kommunizieren von Daten und digitalen Informationseinheiten. Die nachfolgend dargestellten und beschriebenen automatisierten Verarbeitungstätigkeiten wurden dabei als immer wiederkehrende Muster (engl. Patterns) in den analysierten Projekten und Produkten herausgearbeitet und stellen gleichzeitig den Funktionsumfang von Automatismen für digitale Therapieanwendungen dar.

Nachfolgend werden die informationsverarbeitenden Tätigkeiten kurz definiert.

#### Erfassen / Speichern

Das automatische Erfassen und Speichern von Sensor- oder therapierelevanten Anwendungsdaten dient dem Aufbau von Datenbanken für die daran anschließende Analyse der Daten. Ebenso kann es sich um die Integration von Daten aus verschiedenen Quellen u.a. Fremdsystemen oder medizinischen Datenbanken handeln.

**Verarbeiten**

Das Analysieren der Daten bezieht sich auf die Verarbeitung und die Korrelation von Daten z.B. in Form eines Graphen. Hierfür werden u.a. einfache sowie komplexe mathematische Verfahren angewendet. Häufig werden aus der Analyse der Daten auch Schlussfolgerungen gezogen, die der Planung im Therapieprozess dienen.

**Informieren**

Automatisierte Prozesse des Informierens beziehen sich auf das Vermitteln von gesundheits- sowie therapierelevanten Wissenseinheiten. Sie beinhalten das Bereitstellen von Schulungs-, Kurs- und Instruktionsmaterialien sowie das automatische Freischalten von therapierelevanten Inhalten und Lernmodulen bis hin zur Auslieferung von detaillierten Wissenseinheiten und Tipps.

**Visualisieren**

Eine Vielzahl von Automatismen bezieht sich auf das Visualisieren und Benachrichtigen der am Therapieprozess beteiligten Akteure. Hierzu zählen u.a. Hinweise und Feedback, die auf Basis der analysierten Daten an den Patienten, Ärzte oder Therapeuten gegeben werden, das Hervorheben bzw. Markieren besonders relevanter Daten bis hin zum Alarmieren für den Fall, das kritische Gesundheitszustände vorab oder akut erkannt wurden. Im Gegensatz zu automatisierten Formen der bidirektionalen Kommunikation erfolgt das Benachrichtigen bzw. Visualisieren unidirektional.

**Kommunizieren**

Diese automatischen Verarbeitungstätigkeiten unterstützen klassische, bidirektionale Formen des Kommunizierens wie z.B. den automatischen Versand von E-Mails oder SMS. Ebenso beinhalten sie Chat-Interfaces wie z.B. Bots, Dialogsysteme oder Sprachassistenten, die eine Alternative zur konventionellen Kommunikation darstellen.

**Agieren/Handeln**

Automatismen in digitalen Therapieanwendungen, die sich auf das Agieren bzw. Handeln beziehen, dienen u.a. dem Ersatz von therapeutischen oder medizinischen Interventionen und stellen damit einen hohen Automatisierungsgrad dar. Hierunter fallen u.a. die Regelkreissysteme zur Steuerung von Körperfunktionen, wie z.B. im Bereich der Elektrostimulation, die elektromechanischen Trainings- und Assistenzgeräte in der Rehabilitation sowie Regelkreissysteme zur automatisierten Dosierung von Medikamenten oder Steuerung von Herzschrittmachern. Ebenso hierzu zählen automatisierte Verfahren wie das Auslösen einer Notfallkette im Falle andauernder Warnmeldungen bzw. Alarmierungen bei der Feststellung eines kritischen Gesundheitszustandes des Patienten.

# 3 Bestandsaufnahme automatisierter Therapieanwendungen

Für die Bestandsaufnahme der Automatisierung digitaler Therapieanwendungen wurden 287 Anwendungen identifiziert. Nach einer ersten Untersuchung dieser Anwendungen anhand von Ein- und Ausschlusskriterien wurden 166 Anwendungen, bestehend sowohl aus kommerziellen Produkten sowie Pilotierungs- und auch Forschungsprojekten, in die Analyse eingeschlossen. Im folgenden Kapitel wird zunächst die Recherchestrategie beschrieben. Der anschließende Abschnitt führt die Ein- und Ausschlusskriterien auf. Abschließend werden die Untersuchungsergebnisse quantitativ beschrieben.

## 3.1 Recherchestrategie

Um geeignete digitale Therapieanwendungen zu finden, wurde in unterschiedlichen nationalen und internationalen Projektdatenbanken und Webseiten recherchiert (u.a. Vesta Informationsportal, Webseiten des Innovationsfonds, Projektportal.Gesundheit.Digital, Webseite des BMBF, Webseite des EIT). Des Weiteren wurden die Webseiten von Fachgesellschaften und Herstellern von Telemedizin- und Medizinprodukten nach Hinweisen für entsprechende Anwendungen durchsucht. Ebenso wurde in diversen Publikationsdatenbanken nach Beschreibungen von passenden Anwendungen gesucht. Diese schlossen pubmed, JMIR und ncib mit ein. Abschließend wurde mit den gleichen Suchbegriffen eine freie Suche auf google.com durchgeführt.

Für die Recherche wurden die folgenden Suchbegriffe in deutscher und englischer Sprache verwendet:

- Automatisierte Therapie / Therapieautomatisierung / automated therapy / automation therapy / automated therapy study
- Telemedizin / telemedicine
- Personalisierte Medizin / personalized medicine / personal health
- Künstliche Intelligenz /artificial intelligence
- Digitalisierte Therapie/ digitale Therapie / digital therapy
- Prädiktive Medizin / predictive medicine
- Entscheidungsunterstützung / decision support

Auf diese Weise wurden 287 Anwendung gefunden. Im weiteren Verlauf wurden diese Anwendungen auf die Ein- und Ausschlusskriterien geprüft.

## 3.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Im Folgenden wird spezifiziert, nach welchen Kriterien die digitalen Therapieanwendungen (DTA) ein- bzw. ausgeschlossen wurden.

In die Analyse wurden Anwendungen eingeschlossen,

- welche eine therapeutische oder medizinische Handlung zwischen Patienten und Ärzten/Therapeuten, Ärzten und Ärzten oder das Selbst-/Eigenmanagement unterstützen bzw. ersetzen.
- welche sich auf die Diagnose/Befundung, Therapieplanung, Intervention oder Durchführung fokussieren, wobei die Automatisierung der Diagnose dann eingeschlossen wurde, wenn im Sinne eines decision support (Entscheidungsunterstützung) eine weitergehende Empfehlung für die Anschlussbehandlung oder den Therapieprozess erfolgt.
- welche mit Hilfe von Sensoren Daten automatisch erfassen und anschließend automatisch übertragen
- deren Projektzeitraum spätestens 2014 endete oder Produkte, die aktuell noch erworben werden können.

Im Gegensatz dazu wurden folgende Projekte bzw. Produkte explizit ausgeschlossen:

- reine Selbstmanagementprogramme zur Lebensstiländerung im Rahmen der Primärprävention, ohne konkreten Bezug auf Indikation oder gesundheitliches Risiko.
- Lifestyle-Anwendungen unter Verwendung von Consumer-Electronics und Wearables ausgeschlossen
- KI-Anwendungen im Bereich der Bildverarbeitung, die ausschließlich zur Erkennung (Diagnose) von Anomalien von Gewebe oder anderen Daten eingesetzt werden ohne Vorschlagswesen bzgl. möglicher Anschlusstherapien.
- Anwendungen in der Pharmaforschung
- Anwendungen in der Primärprävention
- reine Patienten- oder Fallaktenprojekte (ePa, EFA) ohne erkennbare Automatisierungsprozesse sind.

Die 166 eingeschlossenen Anwendungen wurden unterschiedlichen Indikationen zugeordnet.

## 3.3 Darstellung der Ergebnisse

Dieses Unterkapitel ist der Darstellung der Ergebnisse unserer Recherche gewidmet. Untersucht wurde beispielsweise auf welche Indikationsgruppen sich die DTAs aufteilen, welche medizinischen Prozessschritte automatisiert werden oder welche Komplexitätsstufe die einzelnen Anwendungen aufweisen.

Für die Auswertung der Therapieanwendungen wurden sieben Indikationen sowie zwei Anwendungsbereiche unterschieden. Indikationen, denen weniger als fünf Anwendungen zugeordnet werden konnten, wurden unter „sonstige Erkrankungen“ zusammengefasst. DTAs, die indikationsübergreifend für eine allgemeinärztliche Versorgung zum Einsatz kamen, wurden der Kategorie indikationsübergreifend zugeordnet. Eine Anwendung wurde sowohl dem Diabetes als auch den Herz-Kreislauf-Erkrankungen zugeordnet. In Abbildung 5 sind die Häufigkeiten der Indikationsgruppen aufgelistet.

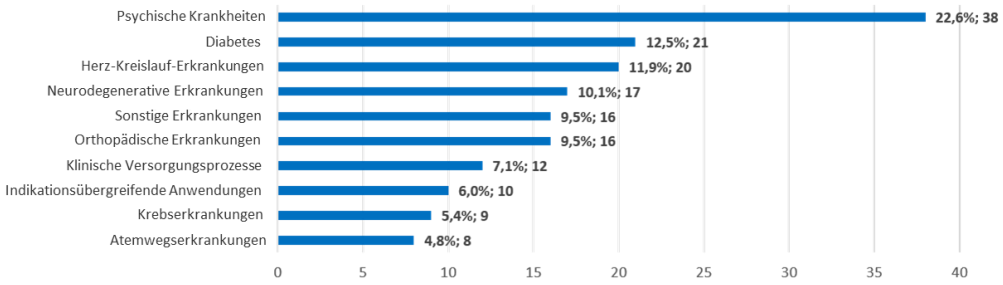



Abbildung 5: Anzahl der DTA pro Indikation

Am häufigsten, nämlich 38-mal, wurden digitale Therapieanwendungen im Bereich der Psychotherapie identifiziert. Patienten aus diesem Indikationsgebiet wurden u. a. bei Depressionen, Angststörungen oder Stress-Symptomatik behandelt. An zweiter Stelle rangieren DTAs, die sich mit der Behandlung von Diabetes befassen. Hierzu wurden 21 Anwendungen gefunden. An dritter Stelle finden sich Anwendungen zum Thema Herz-Kreislauf-Erkrankungen wieder, aus diesem Bereich wurden 20 eingeschlossen. Zum Beispiel zur Behandlung von Bluthochdruck und den Folgen von Herzinfarkten oder der Begleitung von Patienten mit Herzinsuffizienz. Über die eindeutig indikationsbezogenen DTAs hinaus wurden noch 10 indikationsüberreifende Anwendungen, 12 Anwendungen zur Verbesserung klinischer Behandlungsprozesse sowie 16 Anwendungen für die Behandlung sonstiger Erkrankungen erfasst.

> Kernaussage 1:
> Die Psychologie nimmt eine Vorreiterrolle in der Automatisierung von Therapieprozessen ein, gefolgt von Diabetologie und Kardiologie.

Neben den Indikationen wurden die Anwendungen im Hinblick auf den Sektor untersucht, in welchem diese zum Einsatz kommen. Die große Mehrzahl, nämlich 88% der betrachteten DTAs, werden im ambulanten Sektor eingesetzt. Nur sechs von den 166 Anwendungen finden sowohl im ambulanten als auch im stationären Bereich Anwendung. In Abbildung 6 ist aufgeführt, wie sich die Anwendungen auf die Sektoren verteilen.

Kernaussage 2:
Automatismen zu Therapieunterstützung/Therapiedurchführung finden aktuell vorwiegend im ambulanten Umfeld Anwendung.

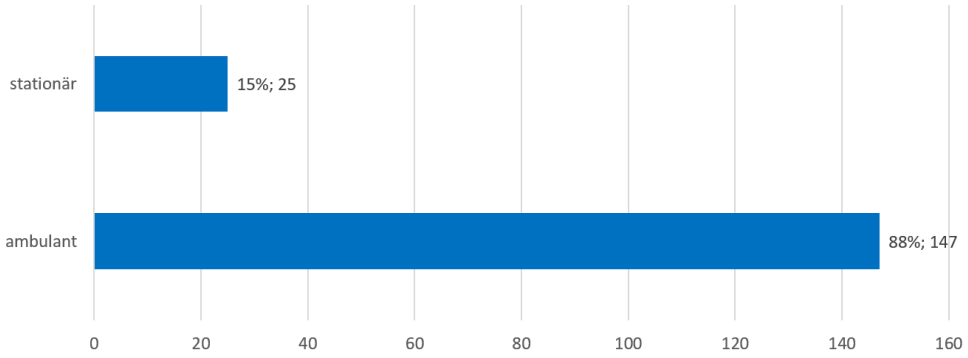



Abbildung 6: Anzahl der DTA in den einzelnen Sektoren

In Bezug auf die Use Cases lässt sich feststellen, dass 123 der eingeschlossenen Anwendungen (dies entspricht 73%) den Patienten bei seinem Selbstmanagement unterstützen. Hierbei sei erwähnt, dass einer Anwendung mehreren Use Cases zugeordnet werden konnten. So wurden DTAs beispielsweise als Unterstützung für das Selbstmanagement gewertet, wenn diese Programme den Nutzer automatisiert zu eigenverantwortlichen Gesundheitsaktivitäten anleiteten. Die gleiche Anwendung konnte aber ebenfalls der Arzt/Therapeut-Patienten-Interaktion zugeordnet werden, wenn der Arzt anhand der erfassten Daten einen Überblick über die Adhärenz des Patienten erhielt oder steuernd in den Therapieprozess eingreifen konnte. Eine häufige Kombination ist das Selbstmanagement/Eigentraining mit der Arzt-/Therapeuten-Patienten-Interaktion. Diese Kombination wurde in 61 Anwendungen gefunden. Im geringeren Ausmaß automatisierten die betrachteten DTAs Prozesse, welche rein auf der Arzt- oder Therapeutenseite stattfinden. Nur 20 Anwendungen konnten diesem Use-Case zugeordnet werden (siehe Abbildung 7).

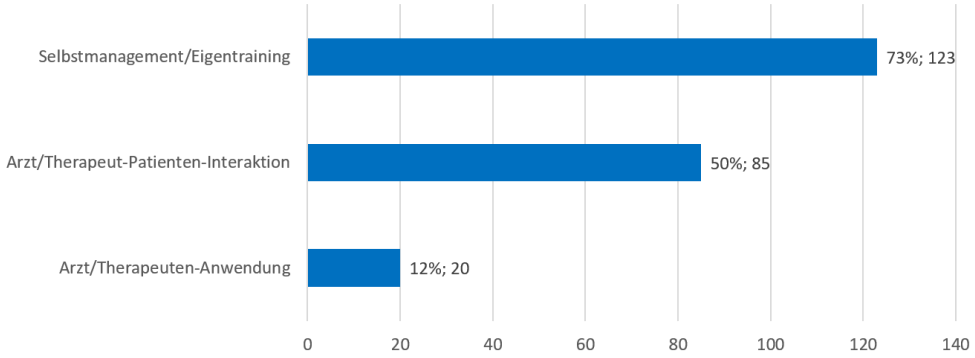



Abbildung 7: Anzahl der DTA, welche Elemente der Use Cases integrieren

Kernaussage 3:
Ein Großteil der DTA fokussieren sich auf das Selbstmanagement. Im überwiegenden Maße in den Indikationen Psychotherapie, Orthopädie und Diabetologie.

Korreliert man die Use Cases mit den Indikationen und Therapiebereichen ergibt sich folgendes Bild (siehe Abbildung 8): Ein Großteil der DTA fokussieren auf das Selbstmanagement bzw. Eigentraining. In überwiegendem Maße ist dies bei den Indikationen Psychische Erkrankungen (37; 97%), orthopädische Erkrankungen (15; 94%) und Diabetes (18; 86%) der Fall. Wurden zusätzlich dabei Daten an den Arzt/Therapeuten geleitet bzw. eine Interaktion zwischen Patient und Arzt/Therapeut automatisiert unterstützt wurde die Anwendung ebenfalls der Kategorie Arzt/Therapeut-Patienten-Interaktion zugeordnet. Dies erfolgt häufiger bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen (n=16; 81%), Diabetes (n=13; 62%) und orthopädischen Erkrankungen (n=10; 63%). Daraus folgt, dass trotz der automatisierten Unterstützung der Patienten bei ihrem Selbstmanagement viele der DTAs aus einer Kombination von eigenverantwortlichem Handeln und Begleitung durch medizinisches Fachpersonal bestehen. Insbesondere DTA für die Indikation Onkologie adressieren vorwiegend die medizinischen Experten (n=5; 56%). Hier werden die Patienten in sehr geringem Maße in ihrer Eigenverantwortung durch einen medizinischen Experten automatisiert unterstützt (n=3; 33%).

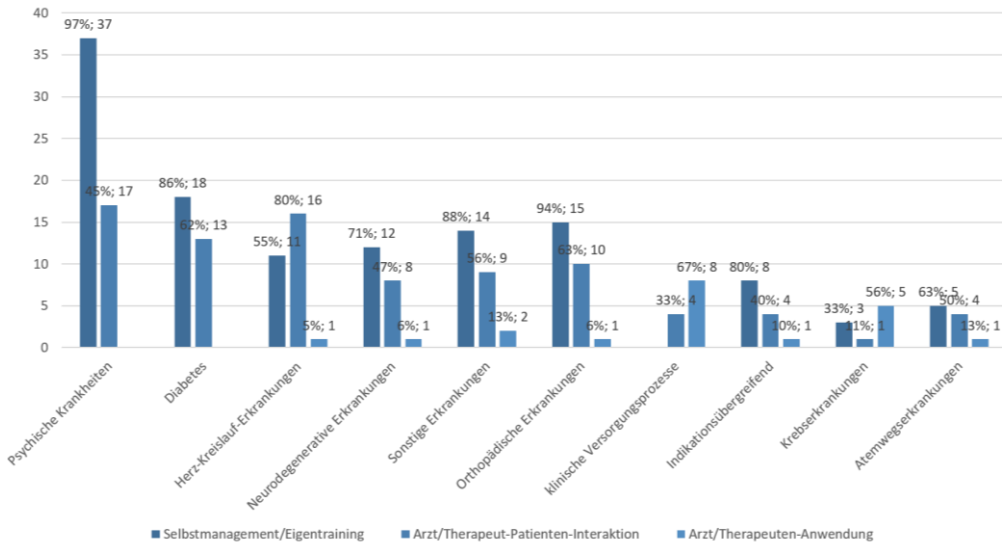



Abbildung 8: Korrelation von Indikation und Use Case

In einem weiteren Schritt wurde untersucht, in welchen medizinischen Prozessschritten der DTA Automatismen ausfindig gemacht wurden. Bei der Erhebung der Daten wurde offensichtlich, das pro DTA mehrere Prozessschritte automatisiert wurden. Der mit Abstand am häufigsten automatisierte Prozessschritt war die Therapiedurchführung. In etwa 80% der Anwendungen wurde hier ein Automatismus identifiziert. Mit 47 Anwendungen, was 28% entspricht, steht der Prozessschritt „Screening/Check-Up“ an zweiter Stelle. Viele der recherchierten DTA erheben prozessbegleitend digitale Gesundheitsdaten. In 17 Anwendungen werden diese Daten für die automatische Dokumentation genutzt, beispielsweise durch Export in eine elektronische Patientenakte, oder durch Anbindungen an Praxis- oder Krankenhaussysteme. Weitere Informationen finden sich in Abbildung 9 wieder.

> Kernaussage 4:
> Die Therapiedurchführung als einzelner Prozessschritt wird am häufigsten automatisiert.

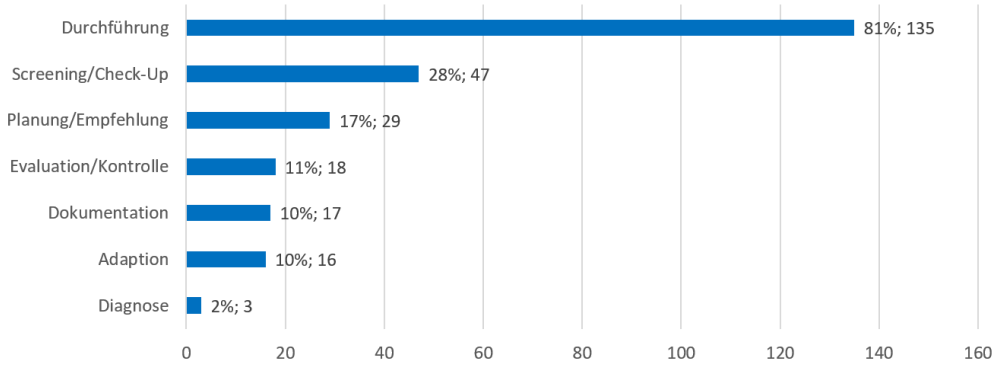



Abbildung 9: Anzahl der DTA, die einen bestimmten therapeutischen Prozessschritt automatisieren

Die Anzahl der medizinischen Prozessschritte, welche durch DTA automatisiert wurden, bewegte sich zwischen einem und vier. In den meisten Fällen wurde nur ein medizinischer Prozessschritt automatisiert. Von den 166 betrachteten DTA automatisierten 96 genau einen Prozessschritt. Dies entspricht 58%. Die einzeln automatisierten Schritte waren Screening/Check-up (n=17), Planung/Empfehlung (n=6) und Durchführung (n=73).

Kernaussage 5:
Bislang werden vorwiegend einzelne Prozessschritte automatisiert. D.h. die Automatisierung in der Therapie steht noch am Anfang.

Am zweithäufigsten wurden zwei Prozessschritte automatisiert (46 Anwendungen = 27%). So wurde in 40 DTA der Prozess der Durchführung mit einem weiteren Prozessschritt kombiniert. Am häufigsten bei der Kombination zweier Prozessschritte, nämlich elfmal, wurde die Durchführung in Kombination mit Screening/Check-Up automatisiert.

In 18 digitalen Therapieanwendungen (11%) wurden Automatisierungsfunktionen in drei medizinischen Prozessschritten miteinander kombiniert und in 6 DTAs (3,6%) wurden insgesamt vier medizinische Prozessschritte automatisiert.

Tabelle 1: Anzahl und Anteil der kombinierten Prozessschritte

| Anzahl der kombinierten Prozessschritte | Häufigkeit |
|---|---|
| 1 | n=96/58% |
| 2 | n=46/28% |
| 3 | n=18/11% |
| 4 | n=6/4% |

In Tabelle 2 ist aufgelistet, wie häufig medizinische Prozessschritte miteinander innerhalb einer digitalen Anwendung kombiniert werden. Dabei beziehen sich die Zahlen auf Anwendungen, die in zwei, drei oder vier Prozessschritten Automatismen integrierten. Die letzte Zeile bzw. hinterste Spalte gibt die Gesamtanzahl der Anwendungen wieder, bei denen Automatismen in dem jeweiligen Prozessschritt identifiziert wurde. Anhand dieser Zahlen kann man zum Beispiel ablesen, dass fast die

Hälfte aller Anwendungen, welche das Screening/Check-up automatisieren, gleichzeitig auch die Durchführung der Therapie automatisieren (22 von 47). Im Gegensatz dazu bieten nur 10 von 47 Anwendungen, die Screening automatisieren, im Anschluss eine Planung oder Empfehlung an. - Diagnostikanwendungen in Kombination mit der Automatisierung der Therapie sind bislang selten anzutreffen. Diese werden in eigenständigen Experten-Anwendungen genutzt bzw. die diagnostische Entscheidung bleibt dem Arzt vorbehalten.

Kernaussage 6:
Diagnostikanwendungen in Kombination mit der Automatisierung der Therapiedurchführung sind bislang selten anzutreffen. Diagnostische Entscheidungen trifft der Arzt.

Tabelle 2: Kombinationen von medizinischen Prozessschritten

| | **Screening/ Check-Up** | **Diagnose** | **Planung/ Empfehlung** | **Durchführung** | **Evaluation** | **Adaption** | **Dokumentation** | **Gesamtanzahl** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Screening/ Check-Up** | — | 2 | 10 | 22 | 5 | 2 | 6 | **47** |
| **Diagnose** | 2 | — | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | **3** |
| **Planung/ Empfehlung** | 10 | 1 | — | 19 | 5 | 9 | 0 | **29** |
| **Durchführung** | 22 | 2 | 19 | — | 15 | 16 | 14 | **135** |
| **Evaluation** | 5 | 0 | 5 | 15 | — | 4 | 3 | **18** |
| **Adaption** | 2 | 0 | 9 | 16 | 4 | — | 0 | **16** |
| **Dokumentation** | 6 | 1 | 0 | 14 | 3 | 0 | — | **17** |
| **Gesamtanzahl** | **47** | **3** | **29** | **135** | **18** | **16** | **17** | |

Ein weiterer Untersuchungsgegenstand war die Frage, welche informationsverarbeitenden Tätigkeiten automatisiert umgesetzt wurden. Dies wird in Abbildung 10: Anzahl der DTA, die eine bestimmte informationsverarbeitende Tätigkeit automatisieren aufgeführt. Jede Anwendung automatisiert mehrere informationsverarbeitende Tätigkeiten. Im Vergleich zu den medizinischen Prozessschritten zeigt sich hier allerdings eine gleichmäßigere Verteilung. Am häufigsten werden die Informationen analysiert. Dies geschieht in 93% der Anwendungen. Dialogbasierte automatisierte Kommunikation (z.B. in Form von Chatbots) findet immerhin schon in 18 Anwendungen statt. Ein wirkliches Agieren/Handeln findet allerdings nur in 12 Anwendungen, also 7%, statt.

Kernaussage 7:
Die identifizierten Automatismen aus dem Bereich der Kommunikation sind eher informierenden und weniger interagierenden Charakters.

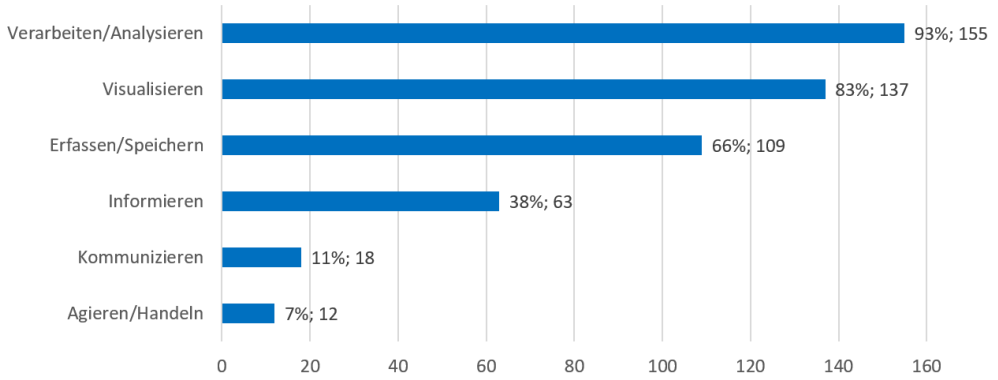



Abbildung 10: Anzahl der DTA, die eine bestimmte informationsverarbeitende Tätigkeit automatisieren

Durch eine DTA konnten zwischen ein und sechs informationsverarbeitende Tätigkeiten automatisiert werden.

Tabelle 3: Anzahl und Anteil der kombinierten Verarbeitungstätigkeiten

| Anzahl der kombinierten Verarbeitungstätigkeiten | Häufigkeit |
|---|---|
| 1 | n=10/6% |
| 2 | n=34/20% |
| 3 | n=80/48% |
| 4 | n=36/22% |
| 5 | n=4/2% |
| 6 | n=2/1% |

Zehn DTA integrierten in genau einer informationsverarbeitenden Tätigkeit Automatismen. Mehr als dreimal so häufig, nämlich 34-mal, wurden Automatismen in zwei informationsverarbeitenden Tätigkeiten gefunden. Die meisten, also 80 DTA, automatisierten genau in drei Tätigkeiten. Automatisierungen in vier Tätigkeiten fanden sich in 36 Anwendungen wieder, fünf und sechs in jeweils vier bzw. zwei (siehe Tabelle 3).

Häufig zusammen auftretende Tätigkeiten sind Verarbeiten/Analysieren und Visualisieren (in 131 DTAs bzw. 79% der DTAs) sowie Erfassen/Speichern und Verarbeiten/Analysieren (in 104 DTAs bzw. 63% der DTAs). In Tabelle 4 findet sich eine Auflistung der jeweiligen Kombinationen analog zu der Darstellung in Tabelle 2.

Tabelle 4: Kombinationen von informationsverarbeitenden Tätigkeiten

| | Erfassen/ Speichern | Verarbeiten/ Analysieren | Informieren | Visualisieren | Kommunizieren | Agieren/ Handeln | Gesamtanzahl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Erfassen/ Speichern** | — | 104 | 37 | 94 | 10 | 10 | **109** |
| **Verarbeiten/ Analysieren** | 104 | — | 56 | 132 | 17 | 11 | **155** |
| **Informieren** | 37 | 56 | — | 54 | 11 | 3 | **63** |
| **Visualisieren** | 94 | 132 | 54 | — | 13 | 6 | **137** |
| **Kommunizieren** | 10 | 17 | 11 | 13 | — | 3 | **18** |
| **Agieren/ Handeln** | 10 | 11 | 3 | 6 | 3 | — | **12** |
| **Gesamtanzahl** | **109** | **155** | **63** | **137** | **18** | **12** | |

Eine weitere Dimension, die untersucht wurde, war die der Systemkomponenten. Hier wurde erfasst, welche Komponenten in einer Anwendung enthalten sind. Eine Auflistung findet sich in Abbildung 11 wieder. 121 Anwendungen benutzten einen Server und 101 eine mobile App. Auf der anderen Seite kamen nur in 4 Anwendungen Robotersysteme zum Einsatz. Daraus geht hervor, dass niederschwellige Schnittstellen wie mobile und Web-Anwendungen überwiegen. Roboter- und VR-Anwendungen werden eher selten eingesetzt.

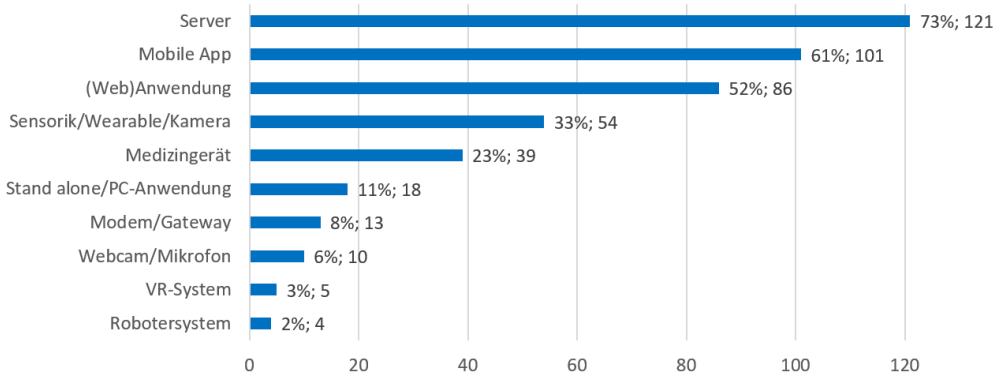



Abbildung 11: Anzahl der DTA, die eine bestimmte Systemkomponente beinhalten

Die letzte Dimension, welche betrachtet wurde, ist die der Systemkomplexität. Hier wurde, wie bereits in Kapitel 1.3 beschrieben, zwischen drei verschiedenen Komplexitätsgraden der für die Automatisierung eingesetzten Technologien unterschieden. Die meisten Anwendungen (nämlich 46%)

Kernaussage 8:
Es werden bislang vorwiegend einfache Technologien wie z.B. Schwellwerte, Scores oder regebasierte Abläufe zur Automatisierung eingesetzt.

konnten der zweiten Komplexitätsstufe von regelbasierten Systemen bzw. Expertensystemen zugeordnet werden. Dies beinhaltet eine Kombination aus Technologien der ersten Komplexitätsstufe, wie z.B. Schwellwertbestimmung oder Summierung in Kombination mit der Anwendung von regelbasierten Verfahren. Systeme der niedrigsten Komplexitätsstufe, die auf einfachen Verfahren der Schwellwertbestimmung und Summierung basieren, wurden am zweithäufigsten gefunden (insgesamt 32%). Die komplexesten Systeme, die neuerliche Verfahren der KI, wie z.B. Machine Learning (ML) oder Natural Language Processing (NLP) verwenden, wurden in 22% der Anwendungen gefunden. In Abbildung 12 sind die relativen Häufigkeiten aufgelistet.

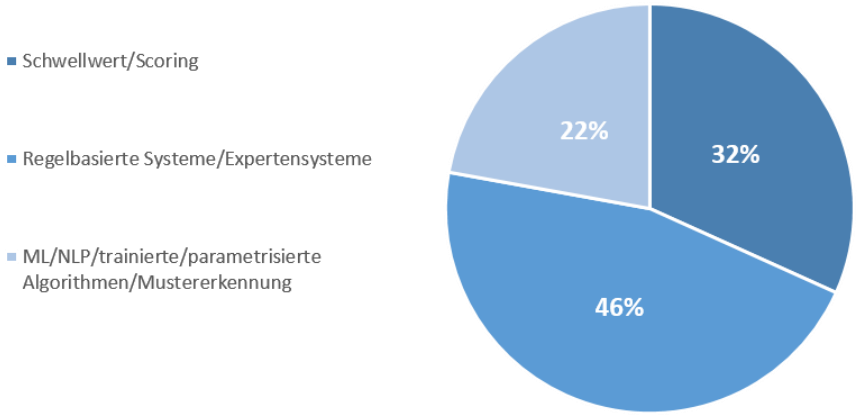



Abbildung 12: Relative Häufigkeit der DTA mit entsprechender Komplexitätsstufe

Nachdem die Häufigkeiten in den einzelnen Dimensionen voneinander unterschieden wurden, wurde untersucht, ob die Komplexitätsstufe der eingesetzten Technologien in den unterschiedlichen Indikationsgebieten variiert, wie in Abbildung 13 dargestellt.

Bei der Untersuchung der Korrelation zwischen Komplexitätsstufe und Indikation fiel auf, dass DTAs, die chronische Erkrankungen wie COPD (Atemwegserkrankungen), Diabetes und Herz-Kreislauf-Erkrankungen, adressieren, tendenziell eine geringere Komplexitätsstufe aufweisen. Die Therapie von Erkrankungen des Muskel-, Skelettsystems und Bindegewebes sowie neurodegenerative Erkrankungen wird vermehrt automatisiert durch Anwendungen der mittleren Komplexitätsstufe. Anwendungen der höchsten Komplexitätsstufe finden sich vor Allem im Bereich der Krebserkrankungen wieder.

Kernaussage 9:
Komplexe Algorithmen werden vor allem in der Onkologie angewendet in der Diagnosefindung und Therapieauswahl.

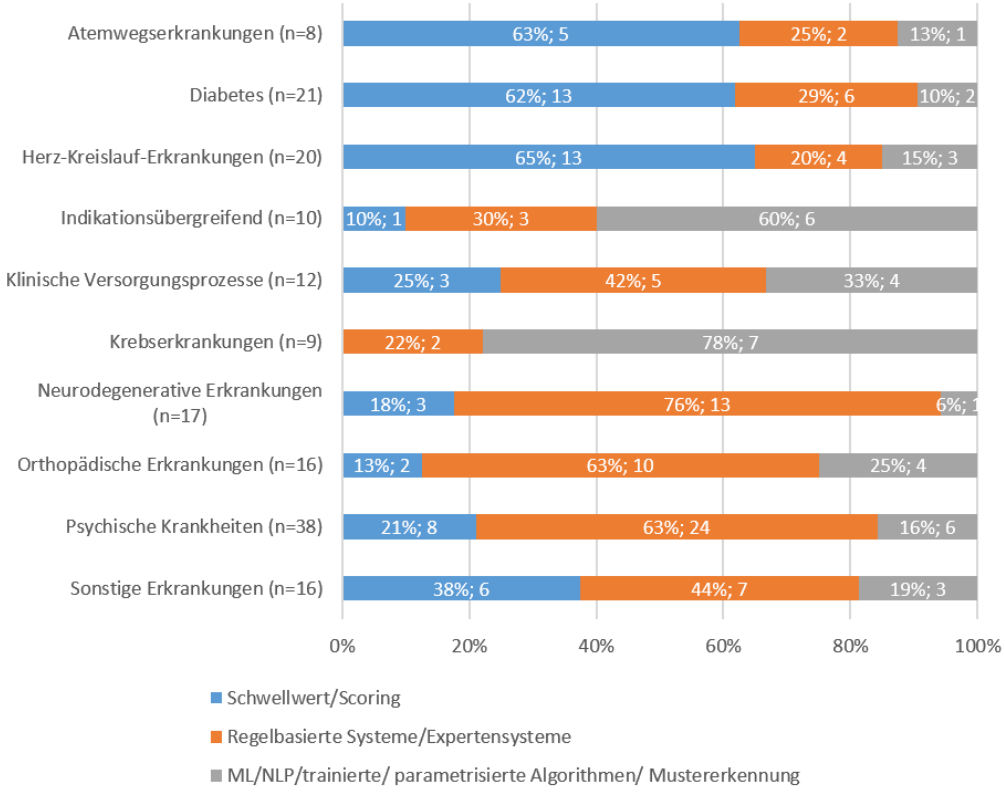



Abbildung 13: Korrelation von Indikation und Komplexitätsstufe

In Abbildung 14 wurden Komplexitätsstufe und Use Case miteinander korreliert. Bei der Analyse, welche Verfahren in den jeweiligen Use Cases zum Einsatz kommen fällt auf, dass die komplexesten und innovativsten Technologien bislang vorwiegend für die Anwendung durch medizinische Experten eingesetzt wurden. Dies betrifft insbesondere die Einsatzbereiche der Diagnose und Planung bei bildgebenden Verfahren in der Onkologie und Kardiologie. Etablierte technologische Verfahren sind offensichtlich die Anwendung von regelbasierten Systemen (n=62;50%) in Kombination mit Schwellwertbestimmung oder Summierung (n=38;31%) für das Selbstmanagement. Für die Arzt-/Therapeut-Patienten-Interaktion gibt hingegen die Kombination aus Schwellwertbestimmung und Summierung (n=38;45%) und regelbasierten Systemen (n=30;35%) die Gewichtung der technologischen Verfahren wieder. Dies bedeutet, dass Anwendungen am Patienten zu einem größeren Bestandteil aus vorgegeben Regeln bestehen, während Ärzte/Therapeuten bei der Kontrolle bzw. Begleitung des Patienten hingegen stärker Verfahren wie Schwellwerte und Summierung nutzen.

Kernaussage 10:
Komplexe Technologien zur Automatisierung (u.a. Diagnosefindung und Therapieplanung) werden größtenteils von medizinischen Experten genutzt, selten von Patienten.

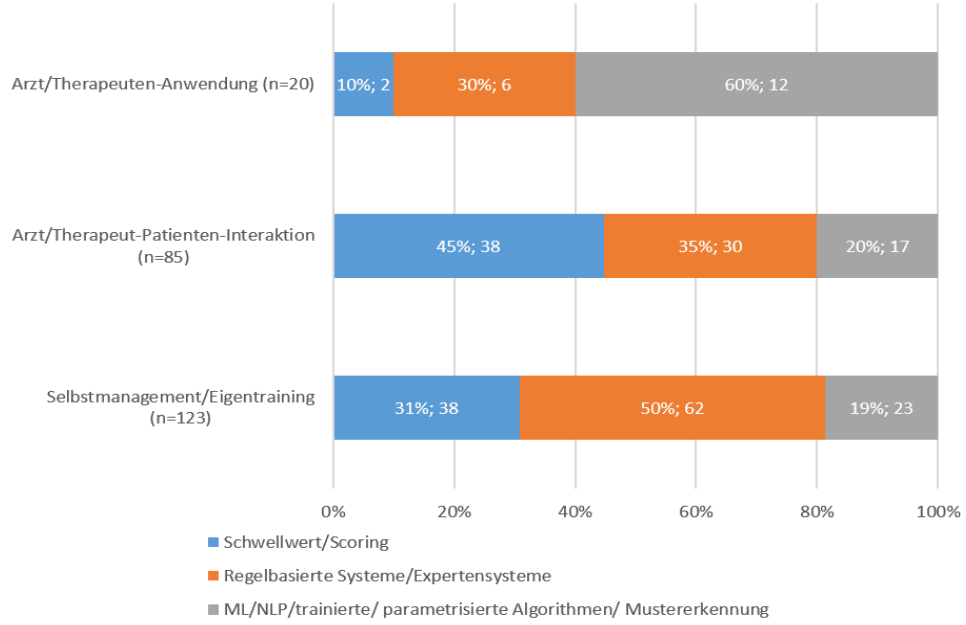



Abbildung 14: Korrelation von Use Case und Komplexitätsstufe

Abschließend wurde untersucht, welche Komplexitätsstufe DTAs in der Regel hatten, die einen bestimmten medizinischen Prozessschritt automatisierten. Das Ergebnis dieser Untersuchung wurde in Abbildung 15 festgehalten. Dabei stellte sich heraus, dass gerade Planung und Empfehlung von Therapien häufig durch Machine Learning unterstützt wurde. Während hingegen die Evaluation und die Adaption von Therapien durch regelbasierte Systeme oder sogenannte Expertensysteme erfolgte. Gleiches gilt auch für das Screening. Niedrige Komplexitätsstufen kamen relativ am häufigsten bei der Durchführung und der Dokumentation zum Einsatz.

Kernaussage 11:
Wenig komplexe Automatismen kommen am häufigsten in der Therapiedurchführung und der Dokumentation zum Einsatz.

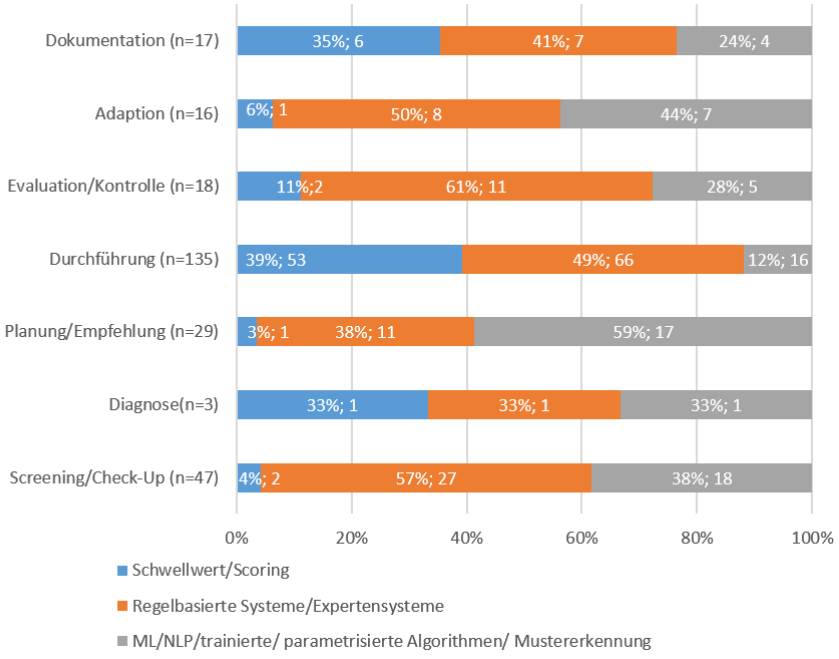



Abbildung 15: Korrelation von Komplexitätsstufe und medizinischem Prozessschritt

# 4 Anwendungsbeispiele für Prozessautomatisierung

In diesem Kapitel wird für einige Indikationen beispielhaft beschrieben, welche Automatismen in den digitalen Therapieanwendungen zum Einsatz gelangten. Ergänzend zu der quantitativen Analyse über alle Indikationen (siehe Kapitel 3) erfolgte eine qualitative Auswertung der Automatisierungsansätze in den einzelnen Indikationsgruppen. Hierbei waren die folgenden Fragestellungen leitend:

1. Unterscheiden sich einzelnen Automatisierungsansätze und entsprechende informationsverarbeitende Tätigkeiten unter den Indikationen?

2. Gibt es einzelne Funktionen bzw. automatisierte Verarbeitungstätigkeiten die in den jeweiligen Indikationen unterschiedlich eingesetzt werden?

3. Weisen einzelne Indikationsbereiche bereits einen höheren Automatisierungsgrad auf?

Die Automatisierungsansätze der jeweiligen Projekte und Produkte wurden anhand ihrer Beschreibungen zuerst analysiert und wiederkehrenden Funktionsmustern (engl. Patterns) zugeordnet. Aus diesen Funktionsmustern wurden dann im zweiten Schritt zusammenfassende Kategorien abgeleitet, sodass auch ein Vergleich ähnlicher Automatisierungsansätze über die konkrete Indikation hinaus möglich ist.

Insgesamt wurden 166 Projekte bzw. Produkte untersucht (Psychologie = 38, Orthopädie = 16, Kardiologie = 20, Neurologie = 17, Diabetologie = 21, Onkologie = 9, Sonstige Indikationen und Anwendungsbereiche = 46). Eine digitale Therapieanwendung wurde sowohl der Diabetologie wie auch der Kardiologie zugeordnet.

## 4.1 Psychotherapie

Insgesamt wurden 38 Projekte/Produkte identifiziert, die der Indikation psychische Erkrankungen zugeordnet werden konnten. Ein überwiegender Anteil der Anwendungen adressiert die mobilen Endgeräte (n = 21). 18 Anwendungen nutzen Web-Technologien für ihr Angebot, wobei von den insgesamt 38 identifizierten Projekten bzw. Produkten 9 Anwendungen sowohl mobile wie auch webbasierte-Anwendungen unterstützen. 8 Anwendungen erfassen und verarbeiten zudem Sensordaten und weisen dadurch eine höhere Komplexität auf.

Die verbreitetste Unterindikation ist die der Depression (n = 17), gefolgt von 13 Anwendungen, die für Stressprävention, Burnout und zur Steigerung der allgemeinen Lebensqualität konzipiert wurden. 8 Anwendungen fokussieren auf die Angsttherapie, weitere 4 Anwendungen auf die Suchtprävention und 3 auf das Schmerzmanagement. Nur jeweils 2 Anwendungen haben die Therapie von traumatischen Ereignissen (n = 2) bzw. Schlafstörungen (n = 2) zum Inhalt.

Die unterstützten Therapieformen sind vorwiegend die der kognitiven Verhaltenstherapie (n = 21), das Achtsamkeits- und Entspannungstraining (n = 5), verschiedene kombinierbare Therapieformen (n = 6), Selbstmanagement (n = 3), Verhaltenstherapie (n = 2) und Motivational Interviewing (n = 2) sowie Trainingstherapie, Schlaftherapie und individuelle, begleitende Betreuung (n jeweils = 1). Bei zwei Anwendungen ließ sich keine unterstützte Therapieform identifizieren.

Einfache Systemfunktionen zur Automatisierung in der Psychologie sind bspw. ein einmaliges, standardisiertes Eingangsassessment und einmaliges Tailoring der Therapieinhalte je nach den Ergebniswerten des eingesetzten Fragebogens, z.B. mit dem Ziel den Schweregrad einer Depression einzustufen und ein entsprechendes Kursmodul auszuwählen. Teilweise wird in Abhängigkeit von dem Assessment auch das Ziel für die durchzuführende Maßnahme abgeleitet und dem Patienten vermittelt (n = 10). Für die Durchführung der Therapiemaßnahme wird dem Nutzer eine automatisierte Abfolge von aufeinander aufbauenden Übungs- und Lerneinheiten - ein automatisiertes Curriculum - vorgegeben, die er durcharbeiten muss (n = 16).

> Kernaussage 12:
> Ein einfacher, grundlegender Automatismus ist die Kombination aus einem Eingangsassessment mit einer initialen Konfiguration von Kursinhalten, z.B. für E-Learning.

Über grundlegende Systemfunktionen zur Automatisierung hinausgehend integrieren eine Reihe von Anwendungen wiederkehrenden Fragebögen. Die erfassten Informationen im Rahmen der sog. Re-Assessments erlauben (tages-) aktuelle Zustandserfassungen der Nutzer und ermöglichen neben der Individualisierung von Therapieinhalten auch eine längerfristige Profilbildung der Anwender. Häufig werden hier zur Profilbildung auch Faktoren zur Identifikation und Verfolgung von zentralen bzw. begleitenden Symptomen abgefragt (n = 23). Ebenso können auf den erhobenen Daten Risikoanalysen aufbauen und Wahrscheinlichkeiten von wiedereintretenden Krisen, Kopfschmerzen, Suchtproblemen oder auch optimale Schlafrhythmen prognostiziert werden (n = 8). Einige der Anwendungen koppeln die Ergebnisse aus den wiederholten Assessments bzw. aus der Dateneingabe durch den Nutzer

> Kernaussage 13:
> In der Psychologie werden verstärkt wiederholte, therapiebegleitende Assessments sowie die Bildung von Nutzer-, bzw. Verlaufsprofilen der Erkrankung automatisiert.

an die Ausgabe von situativen Verhaltenshinweisen im Alltag (sog. Mikrointerventionen) oder unterstützen ganz allgemein verschiedene Erinnerungsintervalle, um die Aktivität des Patienten zu fördern und die Adhärenz des Patienten zu verbessern (n = 13). Neben klassischen digitalen Fragbögen setzen einige Anwendungen hierfür auch automatisierte Dialogführungen in Form von Chatbots oder virtuellen Avataren ein (n = 10).

Avancierte Systeme, insbesondere im Bereich der Forschung, verwenden Algorithmen zur Mustererkennnug um anhand einer Kombination verschiedener Daten, automatisierte Aussagen über den Emotionszustand der Anwender treffen zu können. Zu den Datenquellen zählen sowohl visuelle (z.B. Interpretation von Mimik), auditive (z.B. Erkennung und Interpretation der Stimmlage) als auch textuelle (z.B. Erkennen von Sprachinhalten durch Analyse natürlicher Sprachmuster) Daten. Ebenso werden weitere Datenquellen (Vitaldaten, Umweltdaten, Umgebungsdaten, Standortdaten, soziale Netzwerkdaten, Nutzerprofile, Interaktionsdaten mit der Anwendung, etc.) erfasst, integriert (n = 8) und teilweise mit lernenden Analyseverfahren der KI gekoppelt (n = 2), um komplexere Zusammenhänge erkennen.

## 4.2 Orthopädie

Der Indikation Orthopädie ließen sich insgesamt 16 Anwendungen zuordnen. Als Benutzerschnittstellen lassen sich erneut größtenteils mobile Anwendungen/Apps (n=9) und Web-Anwendungen, u.a. auch für die Therapeuten (n=9) ausmachen. Auch Anwendungen, die auf lokalen Computern ausgeführt werden, kommen zum Einsatz. (n=3) Eine Vielzahl von Anwendungen (n=8) nutzt zusätzliche Schnittstellen für die Erfassung von Bewegungsdaten. Hierbei kommen sensorbasierte Systeme, wie Pedometer und Beschleunigungssensoren (n=5) oder Kameras (n=3) zum Einsatz.

Als Unterindikationen werden insbesondere Schmerzen des Bewegungsapparates adressiert. Hierzu zählen Rückenschmerzen (n=8), Nackenschmerzen (n=2), Schulterschmerzen (n=1) sowie rheumatoide Arthritis (n=1) und Arthrose (n=1). Eine der Anwendungen unterstützt zudem bei der allgemeinen Rehabilitation (n=1).

Die am häufigsten vorkommende Therapieform ist die Trainingstherapie in Form von digital angeleiteten Übungen, die Anwendern bei der selbstständigen Durchführung unterstützen sollen. (n=13). Der Großteil dieser Anwendungen erlaubt gleichzeitig auch eine telemedizinsche Überwachung der Übungsergebnisse durch die Therapeuten (n=11). Auch die aus der Psychotherapie bekannte Therapieformen der CBT wird in der orthopädischen Therapie eingesetzt (n=2). Bei einer Anwendung handelt es sich zudem um eine Plattform zur Auswahl der richtigen Therapieform (n=1).

Ein im Bereich der orthopädischen Anwendungen verbreitetes Werkzeug ist die Durchführung einer automatisierten initialen Anamnese. Durch einfache regelbasierte Algorithmen, die standardisierte digitale Fragebögen auswerten, können individuelle Übungsempfehlungen ausgesprochen werden (n=7). Diese orientieren sich bspw. an den erfassten Informationen über die momentane Beweglichkeit oder das Schmerzempfinden des Anwenders. Durch wiederkehrende Abfragen (Re-Assessments)

> Kernaussage 14:
> In der Orthopädie werden auf Basis regelmäßiger Assessments und Übungsergebnissen die Belastungsstruktur und Trainingsintensität angepasst.

können auch im Verlaufe einer Therapie weitere Anpassungen, bezogen auf Therapieplan oder Therapiemaßnahmen, stattfinden. Als Beispiele lassen sich hier die Anpassung von Belastungsstruktur, bzw. Trainingsintensität anführen.

Eine höhere Komplexität ist mit der Möglichkeit der Kontrolle von durchgeführten Übungen in Echtzeit verbunden. Anwendungen in der Orthopädie nutzen am Körper getragenen Sensoren oder Kameras, die Bewegungsabläufe identifizieren, um diese mit den für die jeweilige Übung gewünschten Bewegung abzugleichen (n=8). Je nach Leistungsspektrum der eingesetzten Algorithmen werden die Auswertungen genutzt, um in Echtzeit (korrigierendes) Feedback zu generieren (n=5) oder die Therapiedurchführung durch Kommunikation mit virtuellen Coaches zu steuern (n=2).

Der Einsatz von künstlicher Intelligenz konnte z.B. im Rahmen von selbstoptimierenden Systemen beobachtet werden (n=1). Diese verbessern die Genauigkeit von Analyseergebnissen anhand der Verlaufsanalyse oder des Vergleiches mit anderen Nutzerprofilen/Datenbanken z.B. mittels lernender Analyseverfahren aus der KI.

### 4.3 Kardiologie

Insgesamt wurden bei der Recherche 20 kardiologische Projekte bzw. Produkte identifiziert, die in ihren Angeboten therapierelevante Automatismen aufweisen. In der Kardiologie überwiegen Systeme, die Sensorik, mobile Anwendungen und Web-Anwendungen miteinander zu einem Gesamtsystem kombinieren (n = 15). Mobile Anwendungen ohne Sensorik (n =5) und reine Web-Anwendungen (n = 2) fallen aufgrund der Notwendigkeit indikationsbedingt Vitaldaten zu erfassen entsprechend weniger ins Gewicht.

Acht Anwendungen beziehen sich auf die Behandlung allgemeiner kardiologischer Faktoren, u.a. den Erhalt der Kardiofitness unter Berücksichtigung kardiovaskulärer Risiken wie z.B. das metabolische Syndrom, das Management von Herzfehlern oder die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK). Sieben Anwendungen fokussieren auf die Therapie der Herzinsuffizienz, weitere vier Anwendungen zielen auf die Behandlung des Bluthochdruckes, zwei Anwendungen bieten Verfahren für die Schlaganfallprävention an und ein System kommt zur Nachsorge bei Herzinfarktpatienten zum Einsatz.

Ein Großteil der untersuchten Anwendungen zielt auf das Monitoring von kardiovaskulären Risikoparametern ab (n = 15). 10 Anwendungen sind darüber hinaus der Medikamententherapie zuzuordnen, wobei eine große Schnittmenge von acht Anwendungen das kardiovaskuläre Risikomonitoring mit der Medikamententherapie koppeln (n = 8). Vier Anwendungen ließen sich darüber hinaus der Trainingstherapie zuordnen, zwei Anwendungen basierten auf einer individuellen Betreuung und weitere zwei Anwendungen präferieren das Selbstmanagement als zentralen Therapie- bzw. Behandlungsansatz. Mit übergreifenden bzw. nicht konkret zuordenbaren Therapieformen gab es zwei Anwendungen.

> Kernaussage 15:
> Durch unterstützende Sensorik, bzw. Medizingeräte wird in der Kardiologie das Monitoring von Vitaldaten automatisiert.

Beispiele für einfache Automatismen in der Kardiologie lassen sich verstärkt im Zusammenspiel mit externer Hardware in Form von Sensorik oder Medizingeräten ausmachen. Durch Schnittstellen wie Bluetooth oder W-LAN können diese mit Anwendungen kommunizieren und erlauben die automatisierte Übertragung, bzw. Speicherung von gemessenen Vitalwerten wie EKG-Signal, Herzfrequenz, Schrittzahl, Strecke, Blutdruck oder Gewicht (n=17). Je nach Art des genutzten Geräts, kann der Prozess der Erfassung ebenfalls automatisiert gestartet und durchgeführt werden (z.B. Smartwatch) oder nach einem manuellen Start automatisiert durchgeführt werden (z.B. Blutdruckmessgerät). In Folge dessen können, anhand von automatisierter telemedizinischer Übertragung und grafischer Aufbereitung der Messwerte, Ärzte und Therapeuten bei der Verlaufskontrolle und Intervention unterstützt (n=14) oder schwellwertbasierte (Warn-) Hinweise zum individuellen Gesundheitszustand an die Patienten (n = 5) ausgegeben werden.

Kernaussage 16:
Automatismen für Ärzte und Therapeuten beziehen sich vorwiegend auf die Visualisierung von automatisch erfassten bzw. analysierten Daten und/oder einer Alarmierung im Not- bzw. Risikofall.

Komplexere Systeme beinhalten über diese grundlegenden Funktionen hinaus weitergehende Analysefunktionen zum Vergleich der erfassten Ist-Werte mit vorgegebenen Soll-Werten, z. B. zur Risikoanalyse bei Herzarrhythmien und Blutdruckprofilen (n = 6) oder sie korrelieren mehrere krankheitsbedingende Faktoren wie z.B. Gewicht, Medikamenteneinnahme und Aktivitäten des täglichen Lebens (sog. ADL) zur Prognose von wahrscheinlichen Krankheitsverläufen (n = 6). Als Vergleichsgrundlage werden hierzu entweder Registerdaten, standardisierte Leitlinien oder individuelle bzw. aggregierte Patientenprofile herangezogen.

Weniger verbreitet in der Kardiologie sind offenbar komplexe algorithmische Entscheidungsunterstützungen: Nur 1 Anwendung beinhaltet die Berechnung einer Therapieempfehlung bzw. die Prädiktion des Therapieerfolges in Abhängigkeit vom erfassten Patientenprofil, eine weitere Anwendung berücksichtigt die Ausgabe von Verhaltenshinweisen an Patienten in Abhängigkeit zu den erfassten Vitaldaten. 2 Anwendungen unterstützen den Arzt bei der Entscheidungsfindung hinsichtlich Medikamentengabe und Dosierung. Die existierenden Anwendungen scheinen mit einem begrenzten Repertoire an Automatismen auszukommen, auch weil die Krankheitsbilder in der Kardiologie gffs. einen stärkeren Automatisierungsgrad nicht zulassen oder diese bislang noch nicht in Betracht gezogen wurden.

## 4.4 Neurologie

Im Rahmen der Projekt/Produkt-Recherche wurden 17 Digitale Therapieanwendungen identifiziert, welche sich der Behandlung von neurologischen Erkrankungen widmen.

In sieben Anwendungen erhalten die Patienten Zugang zu einer mobilen Anwendung, in vier Fällen wurde eine Web-Anwendungen in den Behandlungsprozess integriert. In jeweils zwei Anwendungen werden für die Durchführung der Therapie Robotik und VR-/AR-Technologie eingesetzt. Häufig werden zusätzlich Sensorsysteme zur Erfassung physiologischer oder kognitiver Parameter verwendet (n=13).

Die Therapieformen, welche durch die gefundenen Anwendungen unterstützten, waren kognitive Trainingstherapie (n=8), physische Trainingstherapie (n=7), die Sturzprophylaxe, Prognose von Anfällen und Entscheidungsunterstützung (jeweils n=1). Adressiert werden die Folgen von Schlaganfällen und Schädelhirntrauma (n=8), die Verlangsamung des Verlaufs von Parkinson (n=3) oder Multipler Sklerose (n=3) sowie milder kognitiver Störungen, die Behandlung von Epilepsie und der infantilen Zerebralparese.

Eine häufig anzutreffende Komponente der digitalen Gesundheitsanwendungen im Bereich der Neurologie, die eine niedrige Komplexitätsstufe aufweist, ist die automatisierte Konfiguration einer Abfolge von therapeutischen Übungen (n=5). Dies beinhaltet zum Beispiel das Trainieren bestimmter kognitiver Fähigkeiten wie Gedächtnis, räumliches Vorstellungsvermögen, Aufmerksamkeit oder auch das Training von Bewegungseinschränkungen bei Schlaganfall, Parkinson oder Multiple Sklerose. Die Fähigkeiten werden oftmals in spielerischer Form gefördert und die Übungen folgen einer vorgegebenen Reihenfolge und steigern sukzessive die Übungsintensität.

Etwas komplexer sind die Systeme, in welchen eine Kombination von Sensorik, Trainingsgeräten und Software zum Einsatz kommen. Patienten mit Mobilitätseinschränkungen im Arm können durch entsprechende Trainingsroboter unterstützt werden, die Sensorik besitzt, Bewegungsmuster erkennt und Fortschritte messen kann. Andere Systeme integrieren Sportgeräte wie Laufbänder oder Ergometer, die mit Sensorik ausgestattet sind, um Gangmuster und Trittfrequenzen zu messen (n=2). Viele der Systeme bieten eine Analyse der gemessenen Ist-Parameter mit vorgegebenen Soll-Parametern und analysieren so das physiologische bzw. kognitive Leistungsvermögen der Patienten (n=8). Dies können Gang- oder Armtrainer mit Echtzeit basierter Feedbackfunktion (n=3) oder sensorbasierte Systeme für das Training kognitiver Fähigkeiten sein (n=3). Einige der Systeme bieten eine adaptive Bewegungssteuerung und können somit die Bewegungsintensität an das Bewegungsvermögen des Patienten anpassen (n=5).

> Kernaussage 17:
> Systeme in der Neurologie besitzen eine hohen Automatisierungsgrad, indem sie kognitive wie auch physiologische Parameter erfassen, analysieren und als Feedback- bzw. Steuerimpulse an Nutzer ausgeben.

## 4.5 Diabetologie

Insgesamt 21 der identifizierten Anwendungen lassen sich der Therapie von Diabetes zuordnen (n=21). Die Interaktionen mit den Anwendungen finden größtenteils über mobile Anwendungen, bzw. Apps (n=15) sowie Web-Anwendungen (n=9) statt. Es finden sich aber auch lokale Systeme (z.B. in Form von Mikrocontrollern), die eine intelligente Steuerung von Insulinpumpen ermöglichen (n=2). Ergänzende Sensorik wird an erster Stelle für die Messung des Blutzuckers eingesetzt (n=8). Darüber hinaus werden Schrittzähler (n=3) oder vernetzte Waagen (n=1) für die automatisierte Erfassung von Gesundheitsdaten eingesetzt.

Als primäre Therapieform setzt ein Großteil der Anwendungen auf das Vermitteln/Durchsetzen von lebensstilverändernden Maßnahmen, z.B. in Form von digitalem Coaching oder dem Vermitteln von gesundheitsbezogenen Informationen (n=15). Zudem unterstützen einige Anwendungen beim (automatisierten) Tracking

des Blutzuckers (n=15). Hierbei lassen sich auch Mischformen aus lebensstilverändernden Maßnahmen und Tracking ausmachen (n=4). Zwei Anwendungen unterstützen die Therapie durch Steuerung der Insulinpumpe (n=2).

Ein wiederkehrendes Beispiel für Automatismen mit geringerer Komplexität im Bereich der Diabetologie sind in Anwendungen integrierte Erinnerungsfunktionen (n=4), z.B. in Form von Push-Benachrichtigungen auf Smartphones. Diese sollen dazu beitragen, dass Anwender entsprechende Zeitpunkte zur Erfassung von Messwerten oder der Insulingabe einhalten oder anstehende Termine nicht in Vergessenheit geraten. Anwendungen der Diabetologie bedienten sich ebenfalls automatisierter Funktionen für die Übermittlung von Biomarkern wie Blutzucker, Gewicht, Aktivität oder Stimmung (n=12). Erfasste Daten, als auch Daten zum Therapiefortschritt, werden anschließend bei einem Großteil der Anwendungen für Patienten und/oder Therapeuten grafisch aufbereitet (n=14).

Kernaussage 18:
Wiederkehrende Bestandteile des Selbstmanagements in der Diabetologie sind Self-Assessments/Check-Ups, die Konfiguration der Kursinhalte, Erinnerungen, Eigenmonitoring von Vitalwerten sowie die Analyse und Visualisierung der erfassten Werte.

Höhere Komplexität benötigen Anwendungen, die Therapieinhalte weitergehend personalisieren. So können Erinnerungsfunktionen auf Basis von Nutzungsdaten stärker individualisiert werden oder Übungsinhalte auf den jeweiligen Anwender gezielt zugeschnitten werden. Als Datengrundlage für eine Personalisierung dienen u.a. historische Verläufe von Nutzereingaben- oder Präferenzen (n=2), wiederholt durchgeführte Abfragen (Re-Assessments) oder sensorbasierter Input (n=1).

Eine bereits hohe Komplexität (auch im Hinblick auf Anforderungen an die Patientensicherheit) lassen sich in der Diabetologie in Form von sogenannten Closed-Loop-Systemen ausmachen. Diese automatisieren den Prozess der regelmäßigen Messung des Blutzuckerspiegels und der einhergehenden Anpassung der Insulindosierung (n=2).

Kernaussage 19:
Closed-Loop-Systeme aus der Regelungstechnik (z.B. Insulinpumpen) weisen einen hohen Automatisierungsgrad durch mehrere selbststeuernde Prozessschritte auf.

### 4.6 Onkologie

Anwendungen, die sich auf die Behandlung onkologischer Patienten fokussieren, wurden in neun Fällen betrachtet. In der Mehrheit der Fälle (n=5) handelte es sich hierbei um reine Software bzw. Expertensysteme. Hiermit werden Anwendungen bezeichnet, die lokal auf einem dezidierten Gerät oder in einer Infrastruktur betrieben werden und für Ärzte sowie Therapeuten über ihren Arbeitsplatz verfügbar sind. In weiteren vier Fällen handelte es sich um Anwendungen, die auf einem mobilen Gerät installiert werden konnten. In einem Fall wurde zusätzlich die Möglichkeit angeboten, das Programm über ein Webportal zu nutzen.

Die gefundenen Anwendungen automatisierten einzelne Prozessschritte der Therapie indem sie beispielsweise die optimale Strahlen- oder Chemotherapie bestimmten und den betreuenden Arzt empfahlen. Ebenfalls unterstützen digitale Therapie-

anwendungen Ärzte bei der Diagnose von Krebserkrankungen. Andere Anwendungen befassen sich mit der Nachbetreuung im Anschluss an eine Strahlen- oder Chemotherapie und versuchen Patienten psychisch in der Remissionsphase durch die kognitive Verhaltenstherapie eine digitale Assistenz an die Hand zu geben. In vier Fällen spezialisierten sich die Anwendungen auf bestimmte Krebsarten, einmal auf Hautkrebs sowie Brustkrebs und zweimal auf Lungenkrebs. Die verbleibenden fünf Anwendungen wurden allgemein eingesetzt.

Im Bereich der Onkologie unterteilen sich die Anwendungen in zwei Gruppen. Zum einen in Chatbots, die Patienten während ihrer Therapie oder in der Remission psychologisch unterstützten (n=4). Diese Chatbots passen ihre Inhalte entsprechend einem Eingangsassessment an und erheben kontinuierlich Informationen, die relevant für die Beurteilung des Lebensstils sind. Hierzu gehören beispielhaft die soziale Situation (Beziehungsstatus, Wohnsituation), tägliche Aktivitäten, die zugrundeliegende Krebserkrankung und für welche Therapie sich entschieden wurde. Komplexere Systeme verwendeten Natural Language Processing (NLP) und Machine Learning, um Patienten Antworten auf ihre Fragen zu geben. Die zweite Gruppe der digitalen Anwendungen richtet sich an Ärzte und unterstützt diese bei Diagnose- oder Therapieentscheidungen (n=5). In diesen Anwendungen kommen Bildanalyse-Tools oder Machine Learning-Algorithmen zur Abfrage von Wissensdatenbanken zum Einsatz. Exemplarisch sei hier eine App angeführt, die auf Basis von Fotos der Haut eine Risikoklassifizierung in unbedenklich und potentiell gefährliche Leberflecken vornimmt. Drei weitere Anwendungen werten in regelmäßigen Abständen CT-Bilder von Tumoren aus und determiniert so frühzeitig den Erfolg der eingeschlagenen Therapie. Gleichermaßen werden CT-Bilder von gefährdeten Patienten durch Machine Learning gescannt, um frühzeitig die Entwicklung von Tumoren zu identifizieren.

Kernaussage 20:
Die Onkologie besitzt in den Bereichen der Diagnostik und Therapieplanung einen höheren Automatisierungsgrad als andere Indikationen. Hier finden sich insbesondere KI-basierte Decision Support- Anwendungen zur Diagnosefindung, Planung und Durchführung von Strahlen- oder Chemotherapie.

## 4.7 Sonstige Indikationen und Anwendungsbereiche

Unter den weiteren Indikationen und Anwendungsbereichen wurden insgesamt 46 Anwendungen zusammengefasst, deren Automatismen unter dem Aspekt einer Indikation übergreifenden Anwendung erwähnenswert sind. 13 digitale Anwendungen wurden nicht zugeordnet, da ihr Versorgungsangebot zu speziell ist.

Insgesamt 10 digitale Therapieanwendungen können für indikationsübergreifende oder auch allgemeinärztliche Zwecke eingesetzt werden. Diese Anwendungen unterstützen Ärzte und Therapeuten bei Diagnose und therapierelevanten Entscheidungen (n=5). Dialogbasierte Systeme bieten darüberhinausgehend noch automatisierte Handlungsempfehlungen und Folgeaktivitäten im Rahmen der Triage an (n=3). 4 Anwendungen fokussieren auf die Medikationskontrolle mittels sensorbasiertem Medikationstracking bzw. automatisierter Dokumentation und Erinnerungsmanagement. Begleitend zu den Erfassungsmechanismen besitzen ein Großteil dieser Anwendungen Funktionen zur automatischen Klassifikation der Symptome oder zur Analyse des Gesundheitszustandes bzw. Therapiefortschrittes (n=7)

Acht Anwendungen fokussieren auf die Therapie bzw. Tertiärprävention von Atemwegserkrankungen, insbesondere COPD (n=3) und Rauchentwöhnung (n=3). Wie auch in den bisher angeführten Indikationen bestehen diese Angebote aus einer Kombination von kognitiver Verhaltenstherapie (n=5) zur Stärkung des Selbstmanagements in Verbindung mit therapeutischer Begleitung bzw. Coaching-Angeboten (n=5). In den COPD-Programmen werden mittels Sensorik automatisch der Gesundheitszustand sowie gesundheitsförderliche Aktivitäten (n=3) erfasst und an Ärzte bzw. Therapeuten übermittelt, sodass sie - ähnlich wie bei Patienten mit der Indikation Herzinsuffizienz - rechtzeitig intervenieren können. Die digitalen Anwendungen zur Rauchentwöhnung integrieren u.a. eine sensorbasierte Erfassung des Gesundheitszustandes (n=1) und Fragebogen gestützte Assessments (n=2) mit der Automatisierung von digitalen Kursangeboten bzw. Benachrichtigungen (n=3). 2 komplexere regelkreisbasierte Anwendungen erfassen die Atemfunktion, um einerseits im Falle eines drohenden Kindstodes Eltern und ärztliches Personal zu alarmieren bzw. eine Beatmungsmaschine zu steuern.

12 Anwendungen wurden im Rahmen stationärer Behandlungsprozesse eingesetzt. Hierzu zählen Anwendungen für das Monitoring des Gesundheitszustandes und die darauf aufbauende Optimierung der Versorgungsprozesse in der stationären Behandlung (n=5) oder Anwendungen zur Entscheidungsunterstützung im klinischen Behandlungsprozess, z.B. durch Screening und Auswertung von Patientenakten (n=3). Insbesondere sogenannte Decision support-Systeme für die Entscheidungsunterstützung im Therapieprozess setzen sich aus einer Kombination mehrerer Technologien zusammen wie z.B. Mustererkennung und regelbasiertes Schlussfolgern zusammen. Sie werden im stationären Umfeld u.a. zur Planung und Optimierung von Behandlungspfaden eingesetzt. 3 Anwendungen sind auf die Evaluation der Behandlungsqualität ausgerichtet u.a. durch die automatische Erfassung und Analyse von Patienten bezogenen Outcomes (sog. PRO).

Kernaussage 21:
Im stationären Umfeld finden komplexe Automatismen in der Diagnosefindung, Behandlungsplanung und Optimierung von Versorgungsprozessen Anwendung.

In der Gerontologie und Pflege erfassen die 3 recherchierten digitalen Gesundheitsanwendungen vorwiegend den Gesundheitszustand älterer Patienten (n=2). Im Anwendungsgebiet des Ambient assisted living (AAL) werden komplexe Sensorsysteme eingesetzt, um Alltagsaktivitäten zu erfassen und Zustände der kognitiven Verwirrung (sog. Delir) automatisiert zu erkennen und daraufhin Angehörige, Ärzte oder Pflegepersonal zu benachrichtigen (n=1).

# 5 Zusammenfassung und Diskussion

Die zentrale Fragestellung dieser Studie (siehe Kapitel 1.1) war zu erheben und zu identifizieren, wo medizinische oder therapeutische Handlungen durch Automatismen unterstützt und/oder ersetzt werden können, um die medizinische Behandlungsqualität zu verbessern und/oder das medizinische Personal zu entlasten.

## 5.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass die Automatisierung von Therapie- und Behandlungsprozessen bereits in allen Indikationen und Anwendungsbereichen Einzug gehalten hat. Dies gilt z.B. für die Kardiologie gleichermaßen wie für die Psychotherapie, Diabetologie oder bspw. geriatrische Anwendungen in der Pflege. In allen digitalen Therapieanwendungen lassen sich Automatismen identifizieren, die von der automatischen Erfassung der Vitaldaten bis hin zu komplexen Analysen von Versorgungsprozessen reichen. Automatismen lassen sich entlang des Therapieprozesses von der Prädiktion des Schlaganfallrisikos in der Kardiologie, über die Therapieempfehlung in der Onkologie bis hin zur Mobilisierung des Bewegungsapparats in der Neurologie finden.

Nach eingehender Recherche sowie den quantitativen wie auch qualitativen Datenauswertungen dieser Studie lassen sich aus den erhobenen Daten die folgenden Ergebnisse zusammenfassen:

**Anwendungsgebiete und Indikationen für Automatisierung**

Therapieunterstützende Automatismen finden vorwiegend in der Psychologie, Diabetologie und Kardiologie Anwendung. Die Anwendungen für die Indikation Psychologische Erkrankungen sind am weitesten automatisiert. Dies ist möglicherweise dadurch bedingt ist, dass in dieser Indikation bereits seit längerem Online-Angebote, u.a. zur Unterstützung des Selbstmanagements im Bereich der kognitiven Verhaltenstherapie als strukturierte e-Learning-Kurse angeboten werden. In den digitalen Therapieanwendungen für diese Indikation werden u.a. wiederholte, therapiebegleitende Assessments sowie die Bildung von Nutzer- bzw. Verlaufsprofilen der Erkrankung automatisiert. Zum Teil werden auf Basis der Profildaten auch situative Hinweise im Alltag gegeben.

Die meisten Automatismen finden aktuell in ambulanten Therapieprozessen Anwendung. Diese Verteilung scheint darin begründet, dass viele der identifizierten digitalen Therapieanwendungen auf Web- und App-Technologien basieren und für die alltagsintegrierte Nutzung von Patienten konzipiert wurden. Viele Automatismen werden in Anwendungen zum Selbstmanagement (n=123) eingesetzt. Die Verschränkung von Selbstmanagement und therapeutischer Supervision scheint eine bevorzugte Kombination für automatisierte digitale Therapieanwendungen zu sein: 61 Anwendungen beinhalten Automatismen, die als Gesamtsystem sowohl das Selbstmanagement wie auch die Arzt-Patienten-Interaktion unterstützen.

Insbesondere in den Indikationen der Psychologie, Orthopädie und Diabetologie überwiegen die Anteile der Automatismen im Selbstmanagement. Anwendungen des Selbstmanagements umfassen automatisierte Funktionen wie Self assess-

ments/Check-Ups, Konfiguration bzw. Anpassung der Lerninhalte und Übungen, Erinnerungen, Eigenmonitoring von Vitalwerten sowie Analyse und Visualisierung der erfassten Werte. Insbesondere therapeutische Anwendungen im Bereich der Sekundär- und Tertiärprävention für die Diabetologie und Kardiologie verfügen über dieses Repertoire an einfachen, kontrollierbaren Automatismen. In der Kardiologie wird vor allem das Monitoring von Risikoparametern unter Nutzung von Sensorik und Medizingeräten automatisiert.

Während Patienten vorwiegend in ihrem Selbstmanagement durch Automatismen unterstützt werden, beziehen sich diejenigen Anwendungen, die von Ärzten/Therapeuten genutzt werden in erster Linie auf die Analyse und Visualisierung von automatisch erfassten Daten und/oder eine optional daran anschließende Alarmierung im Risiko- bzw. Notfall. Dies wird insbesondere in den Indikationen Onkologie, Kardiologie, Diabetologie sowie in der Intensiv- und Notfallmedizin und in den allgemeinärztlichen, indikationsübergreifenden Anwendungen offensichtlich.

In stationären Umfeld finden sich überwiegend Anwendungen für das Monitoring des Gesundheitszustandes und die darauf aufbauende Optimierung der Versorgungsprozesse bzw.  Anwendungen zur Entscheidungsunterstützung (z.B. durch Auswertung von Patientenakten und radiologischen Daten sowie patient reported outcomes).

**Automatisierte Prozessschritte im Behandlungsverlauf und informationsverarbeitende Tätigkeiten**

Hinsichtlich der Durchgängigkeit von Automatismen über den gesamten Therapie- und Behandlungsverlauf lässt sich feststellen, dass bislang vorwiegend Einzelschritte (teil-)automatisiert werden, sodass man aktuell nicht von durchgehend automatisierten Prozessketten sprechen kann, die aus mehreren aufeinander folgenden Schritten im Therapieprozesses bestehen. Die Automatisierung im Bereich der Therapie steht also noch am Anfang.

Die Therapiedurchführung als einzelner Prozessschritt wird am häufigsten automatisiert. Hier werden in erster Linie automatische Assessments, die Erfassung von Vital- und Bewegungsdaten, die Konfiguration von Lerneinheiten, Erinnerungen, etc. automatisiert. Ein einfacher, grundlegender Automatismus, der in vielen Anwendungen identifiziert wurde, ist die Kombination aus einem Eingangsassessment mit der initialen Konfiguration von Kursinhalten, die als e-Learning durchgeführt werden. Dies ließ sich vor allem für die Indikation psychische Erkrankungen feststellen. Aber auch in der Orthopädie und Neurologie werden auf Basis von initialen bzw. wiederkehrenden Assessments in Kombination mit der Analyse von Übungsergebnissen die Therapieeinheiten (z.B. Übungsabfolgen) automatisch zusammengestellt bzw. adaptiert.

Die automatisierte Datenerfassung (z.B. mit Hilfe von Medizingeräten, Wearables, Fragebögen) sowie das automatische Bereitstellen von Gesundheitsinformationen und eLearning-Angeboten in Kombination mit dem Versenden automatischer Erinnerungen bzw. der automatischen Benachrichtigung des medizinischen Personals sind vergleichsweise leicht automatisierbar und werden daher schon in mehreren Indikationen (u.a. in der Diabetologie, Kardiologie und Orthopädie) angewendet. Auffallend dabei ist, dass viele Daten von den jeweiligen Anwendungen bereits prozessbegleitend automatisch erfasst werden (66%), diese jedoch nicht automatisiert

in strukturierter Form in medizinische Dokumentationssysteme überführt und somit dokumentiert werden (nur 10 %).

Die automatisierte Erfassung wird oftmals mit einer anschließenden automatisierten Analyse verknüpft und die Analyse wird ebenso häufig mit der Visualisierung von Daten verknüpft (sog. Visual Analytics). Am häufigsten werden im Rahmen der Entscheidungsunterstützung die informationsverarbeitenden Tätigkeiten Analyse und Visualisierung/Benachrichtigung miteinander kombiniert. Diese Beobachtungen weisen darauf hin, dass die informationsverarbeitenden Tätigkeiten Erfassen, Analysieren, Visualisierung das Potenzial besitzen, zu einer durchgängigen Prozesskette integriert zu werden, diese jedoch aktuell in den Anwendungen noch nicht durchgängig implementiert ist.

Eine dialogbasierte automatisierte Kommunikation (z.B. in Form von Chatbots) erfolgt immerhin schon in 18 Anwendungen (11%). Ein von dem medizinischen Personal losgelöstes, autonomes Agieren/Handeln der Systeme findet allerdings nur in 12 Anwendungen (7%) statt. Im Vergleich zu der Gesamtheit der untersuchten Anwendungen ist dies immer noch ein geringer Anteil der Automatisierung von Interaktion, da die persönliche Kommunikation mit dem Patienten sowie die medizinische Intervention nach wie vor schwer zu automatisieren sind. Diese Aktivitäten bleiben somit Ärzten und Therapeuten vorbehalten.

Während die Therapiedurchführung als einzelner Prozessschritt Automatismen beinhaltet (s.o.), so sind Diagnostikanwendungen in Kombination mit der Automatisierung der Therapiedurchführung bislang selten anzutreffen. Auch die diagnostische Entscheidung erfolgt vorwiegend durch den Arzt. Erste Automatismen konnten bislang nur zur Entscheidungsunterstützung bei der Diagnosefindung mittels bildgebender Verfahren festgestellt werden oder im Hinblick auf die Ausgabe von Therapieempfehlungen aufgrund der Analyse klinischer Studiendatenbanken zu vergleichbaren Krankheitsbildern. Diese werden vorwiegend in der Onkologie und bei indikationsübergreifenden Anwendungen eingesetzt. Allerdings werden Screening/Check-Up-Daten ohne diagnostische Bedeutung durchaus mit automatisierten Schritten in der Durchführung kombiniert.

Automatisierte Anwendungen in der Therapieplanung/Therapieempfehlung sind bislang kaum anzutreffen aufgrund der komplexen Zusammenhänge der Daten, die die Entscheidungsgrundlage bilden. Die Onkologie besitzt in diesem Bereich einen höheren Automatisierungsgrad als andere Indikationen. Hier werden insbesondere KI-basierte Decision Support- Anwendungen zur Planung und Durchführung von Strahlen- oder Chemotherapien eingesetzt. In anderen Indikationen wie z.B. in der Orthopädie und Neurologie gelangen eher Automatismen zur Adaption der Trainingsintensität und Übungsauswahl zur Anwendung. Häufig wurde hier allerdings vorab ein Trainingsplan durch den Arzt bzw. Therapeuten manuell erstellt.

**Verwendete Technologien**

In Bezug auf die zur Automatisierung eingesetzten Technologien lässt sich festhalten, dass bislang vorwiegend einfache Technologien wie z.B. Schwellwerte, Scores oder regelbasierte Abläufe zur Automatisierung eingesetzt werden. Etablierte technologische Verfahren zur automatisierten Entscheidung oder Ausführung von medizinischen Prozessschritten sind offensichtlich die Anwendung von regelbasierten Systemen (50%) in Kombination mit Schwellwertbestimmung oder Summierung

(31%) im Rahmen des Selbstmanagements. Dies korreliert auch mit der Beobachtung, das in digitalen Therapieanwendungen niederschwellige Schnittstellen wie mobile und Web-Anwendungen überwiegen und Roboter- bzw. VR-Anwendungen eher selten eingesetzt werden.

Die innovativsten Technologien werden bislang nur von medizinischen Experten genutzt und selten durch Patienten. Komplexe Algorithmen werden vor allem in der Onkologie im Rahmen des Decision support zur Diagnosefindung und Therapieplanung und bei allgemeinärztlichen Fragestellungen u.a. in der Medikationstherapie und beim Screening von Patientenakten eingesetzt. Einige wenige Anwendungen in der Diabetologie, in der Neurologie bzw. in der Notfall- und Intensivmedizin setzen sog. closed-loop Verfahren aus der Regelungstechnik ein und besitzen somit eine sehr hohen Automatisierungsgrad, so z.B. Insulinpumpen, Beatmungs- und Mobilisierungsgeräte.

## 5.2 Fazit und Ausblick

Auf Basis der durchgeführten Studie lässt sich konstatieren, dass die Potenziale von Automatisierungstechnologien durch ihre Anwendung in digitalen Therapien bereits erkannt wurden. Durch die Bestandsaufnahme und Analyse der Ansätze und Technologien wurde offensichtlich, dass über alle Indikationen hinweg bereits Automatismen zum Einsatz kommen.

Im Bereich der digitalen Therapien wurde deutlich, dass es sich bei einem Großteil der Automatismen um wenig komplexe und einfach nachvollziehbare Funktionalitäten handelt, die bspw. klar definierte Regeln, Schwellwerte oder Scoring-Mechanismen beinhalten. Dies kann darin begründet liegen, dass die entsprechenden Anwendungen auf der Basis von klar definierten Leitlinien, Standardprozessen und Handlungsempfehlungen dementsprechend leicht als Softwarecode umgesetzt werden können (Lynn 2019). Komplexe Automatisierungstechnologien wie z.B. Mustererkennung oder Deep learning-Ansätze aus der KI werden vorerst in den Bereichen der Diagnosefindung und Therapieempfehlung im stationären Umfeld eingesetzt.

Aus technologischer Sicht scheinen die Grundlagen für komplexere Automatismen dennoch gelegt und lassen erahnen, dass Funktionalitäten aus dem Bereich der Künstlichen Intelligenz, die aktuell fast ausschließlich in Anwendungen für Ärzte und Therapeuten zum Einsatz kommen, in Zukunft auch vermehrt in patientenzentrierten Anwendungen zur Automatisierung von Behandlungs- und Therapieprozessen eingesetzt werden könnten. Aktuell stellen hier insbesondere die Komplexität von medizinischen Daten, die Vielfalt der Krankheitsbilder, sowie die Tragweite und gesundheitliche Relevanz vieler medizinischer Entscheidungsprozesse die größten Hürden auf dem Weg hin zu einer stärkeren Therapieautomatisierung dar. Zudem benötigen selbstlernende Verfahren aus dem Bereich der personalisierten Medizin, Diagnosefindung oder der Therapieplanung als entscheidenden „Katalysator“ valide Daten, die als verlässliche Entscheidungsgrundlage (sog. ground truth) für automatisierte Schlussfolgerungen notwendig sind.

Die Studie legt auch dar, dass die Arzt-Patienten-Kommunikation bzw. die medizinische Intervention nur selten automatisiert wird. Ärztliches Handeln besteht neben leitlinienbasierten Vorgehen auch zu einem großen Teil aus individuellem Erfahrungswissen, empathischer Kommunikation sowie pragmatischen Entscheidungen,

die durch digitale Automatismen nur schwer nachvollziehbar scheinen. Es bleibt abzuwarten, in welcher Form automatisierte Systeme empathische Signale erfassen und deuten können, die nicht einfach in Datenstrukturen abgebildet werden können. Erste Indizien, dass diese Automatisierungsansätze aktuell bereits verfolgt werden, zeigen Systeme zur Erkennung von Sprache und Emotion, oder dem Führen natürlicher Konversationen anhand von virtuellen Avataren.

Wenn komplexe Mechanismen menschliche Aufgaben übernehmen steht auch, oder vor allem im Gesundheitssystem die Akzeptanz und Sicherheit aller beteiligten Akteure im Mittelpunkt. Notwendig werden somit Verfahren zur Validierung von automatisierten Systemen und Systematisierungsansätze zur Bewertung der Potenziale und Grenzen von Automatisierungsansätzen. Erste konzeptionelle Frameworks zur ökonomischen, organisatorischen und ethischen Analyse der Effekte werden aktuell erarbeitet, es liegen bislang jedoch noch wenig Studien vor, die einzelne Effekte beschreiben.

Mit der Studie konnte auch ein weiterer Ausbaubedarf der Automatisierung in DTA identifiziert werden: Die Verzahnung einzelner automatisierter Prozessschritte. Auch wenn die Studie darlegt, das längere Prozessketten bislang selten automatisiert werden, zeigen vereinzelte digitale Anwendungen, welche Potenziale in einer durchgängigen Automatisierung mehrerer Prozessschritte stecken. Vor allem im Bereich der Closed-Loop-Systeme lässt sich das vollautomatische Zusammenspiel aus Erfassung, Analyse und anschließender medizinischer Handlung (z.B. Steuerung von Beatmungsgerät oder Insulinpumpe) beobachten. Es ist zu erwarten, dass die Automatisierung von medizinischen Prozessschritten aber auch ganz allgemein von Arbeitsschritten in der medizinischen Versorgung in den kommenden Jahren zunehmen wird. Im Kontext der Therapieautomatisierung könnten Closed-loop-Systeme komplexere Abhängigkeiten im Therapieprozess erfassen, analysieren und auf Basis dieser Analysen Therapieempfehlungen berechnen bzw. therapeutische Maßnahmen steuern.

Die Automatismen eröffnen hierbei neue Chancen für eine effiziente und effektive Gesundheitsversorgung, die Entlastung und Unterstützung von medizinischen, bzw. therapeutischen Akteuren sowie die Verlagerung von stationären Versorgungsprozessen in das ambulante Umfeld. Wie schnell sich dabei tiefergreifende Automatismen in DTA und im Gesundheitssystem allgemein etablieren werden, hängt aller Voraussicht nach von deren Zuverlässigkeit und Sicherheit und letztendendes auch der Transparenz und Nachvollziehbarkeit der zugrundeliegenden Mechanismen ab.

# 6 Literaturverzeichnis


Amazon. Echo & Alexa-Geräte - Amazon.de. https://www.amazon.de/b?ie=UTF8&node=14100226031. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

APA. 2018. Neues Lebensgefühl durch implantierbare Insulinpumpe - derStandard.de. *DER STANDARD*, Februar 13 https://www.derstandard.at/story/2000074188568/diabetesfortschritte-bei-implantierbaren-insulinpumpen. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Ärzteblatt, Deutscher Ärzteverlag GmbH, Redaktion Deutsches. 2015. Studie: Gesundheits-App statt Arztbesuch? *Deutsches Ärzteblatt*. https://www.aerzteblatt.de/archiv/171733/Studie-Gesundheits-App-statt-Arztbesuch. Zugegriffen: 7. September 2020.

Ärzteblatt, Deutscher Ärzteverlag GmbH, Redaktion Deutsches. 2016. Enormer Dokumentationsaufwand: Wie Kliniken ihren... *Deutsches Ärzteblatt*. https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/69896/Enormer-Dokumentationsaufwand-Wie-Kliniken-ihren-Ressourcenverbrauch-reduzieren. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Ärzteblatt, Deutscher Ärzteverlag GmbH, Redaktion Deutsches. 2018. Medizin im digitalen Zeitalter: Transformation durch Bildung. *Deutsches Ärzteblatt*. https://www.aerzteblatt.de/archiv/197293/Medizin-im-digitalen-Zeitalter-Transformation-durch-Bildung. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Ärzteblatt, Deutscher Ärzteverlag GmbH, Redaktion Deutsches. 2020. Digitalisierung: Gesundheitswesen auf dem Weg der Besserung. *Deutsches Ärzteblatt*. https://www.aerzteblatt.de/nachrichten/110949/Digitalisierung-Gesundheitswesen-auf-dem-Weg-der-Besserung. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Association for Computational Linguistics, Hrsg. 2019. The Blackbox NLP Workshop on Analyzing and Interpreting Neural Networks for NLP at ACL 2019. https://www.aclweb.org/anthology/W19-48.pdf.

Augurzky, Boris, und Ingo Kolodziej. 2018a. Dem Fachkräftemangel entgegenwirken. https://www.vdek.com/magazin/ausgaben/2018-1112/titel_gutachten_fachkraeftemangel.html. Zugegriffen: 6. September 2020.

Augurzky, Boris, und Ingo Kolodziej. 2018b. Fachkräftebedarf im Gesundheits- und Sozialwesen 2030. https://www.sachverstaendigenrat-wirtschaft.de/fileadmin/dateiablage/gutachten/jg201819/arbeitspapiere/Arbeitspapier_06-2018.pdf. Zugegriffen: 6. September 2020.

BÄK. 2019. Telemedizin. https://www.bundesaerztekammer.de/aerzte/telematiktelemedizin/telemedizin/. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

BDO, und DKI, Hrsg. 2019. DAS DIGITALE KRANKENHAUS. https://www.bdo.de/de-de/insights-de/weitere-veroffentlichungen/studien/stand-der-digitalisierung-in-krankenhausern. Zugegriffen: 6. März 2020.

Bitkom, Hrsg. 2019. Blick in die Blackbox: Nachvollziehbarkeit von KI-Algorithmen in der Praxis. https://www.bitkom.org/Bitkom/Publikationen/Blick-Blackbox-Nachvollziehbarkeit-KI-Algorithmen-Praxis. Zugegriffen: 7. November 2019.

Bitkom, Hrsg. 2019a. Digital Health. https://www.bitkom.org/sites/default/files/2019-05/190508_bitkom-pressekonferenz_e-health_prasentation.pdf. Zugegriffen 6.Oktober 2020.

Blum, Karl, Sabine Löffert, Matthias Offermanns, und Petra Steffen. 2019. KRANKENHAUS BAROMETER Umfrage 2019. https://www.dkgev.de/fileadmin/default/Mediapool/3_Service/3.4._Publikationen/3.4.5._Krankenhaus_Barometer/Krankenhaus_Barometer_2019.pdf.

BMBF, Hrsg. 2020. Digitalisierung in der Medizin - BMBF. https://www.bmbf.de/de/digitalisierung-in-der-medizin-2897.html. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

BMWi, Hrsg. 2017. Monitoring Report Wirtschaft DIGITAL 2017.

Bundesregierung, Redaktion: BMBF LS5. 2019. Gesundheit und Pflege - Bundesregierung Hightech-Strategie. *Die Bundesregierung - Bundesregierung Hightech-Strategie*. https://www.hightech-strategie.de/de/gesundheit-und-pflege-1719.php. Zugegriffen: 7. September 2020.

Challen, Robert et al. 2019. Artificial intelligence, bias and clinical safety. *BMJ Quality & Safety* 28: 231–237.

cloudmagazin. 2018. Automatisierung im Gesundheitswesen mit KI. https://www.cloudmagazin.com/2018/09/04/automatisierung-im-gesundheitswesen-mit-ki/. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Defibrillator (ICD) Deutschland e.V. Der ICD. https://www.defibrillator-deutschland.de/der-icd.html. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Dehn-Hindenberg, Andrea. 2010. *Gesundheitskommunikation im Therapieprozess: Lehr- und Arbeitsbuch für Ausbildung, Studium und Praxis*. Schulz-Kirchner Verlag GmbH.

Dugas, Martin. 2017. *Medizininformatik: Ein Kompendium für Studium und Praxis*. Springer Vieweg.

Dyrda, Laura. 2019. Telemedicine, AI and robotic process automation: How New York-Presbyterian is equalizing access to care. *Becker's health IT*. https://www.beckershospitalreview.com/healthcare-information-technology/telemedicine-ai-and-robotic-process-automation-how-newyork-presbyterian-is-equalizing-access-to-care.html. Zugegriffen: 13. Juni 2019.

EIT Health, und McKinsey & Company, Hrsg. 2020. Transforming healthcare with AI The impact on the workforce and organisations. https://eithealth.eu/wp-content/uploads/2020/03/EIT-Health-and-McKinsey_Transforming-Healthcare-with-AI.pdf. Zugegriffen: 6. September 2020.

El-Gayar, Omar, und Prem Timsina. 2014. Opportunities for Business Intelligence and Big Data Analytics in Evidence Based Medicine. In *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 749–757. Waikoloa, HI: IEEE http://ieeexplore.ieee.org/document/6758696/. Zugegriffen: 7. September 2020.

Faggella, Daniel. 2019. Artificial intelligence in Telemedicine and Telehealth – 4 Current Applications. *Emerj*. https://emerj.com/ai-sector-overviews/artificial-intelligence-in-telemedicine-and-telehealth/. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Faggella, Daniel. 2020. 7 Applications of Machine Learning in Pharma and Medicine. *Emerj*. https://emerj.com/ai-sector-overviews/machine-learning-in-pharma-medicine/. Zugegriffen: 18. August 2020.

Fiaidhi, J., und S. Mohammed. 2018. Digital Health in the Era of Extreme Automation. *IT Professional* 20: 90–95.

Fiske, Amelia, Peter Henningsen, und Alena Buyx. 2019. Your Robot Therapist Will See You Now: Ethical Implications of Embodied Artificial Intelligence in Psychiatry, Psychology, and Psychotherapy. *Journal of Medical Internet Research* 21: e13216.

Google Store. Intelligente Lautsprecher & Smart Displays von Google Nest im Vergleich – Google Store. https://store.google.com/de/magazine/compare_nest_speakers_displays?srp=/de/product/google_home. Zugegriffen: 7. September 2020.

Grätzel von Grätz, Philipp. 2018. Kann Software ärztliche Kunst? *EHEALTHCOM* 6.

GSG mbH. o. J. Krankenhauslogistik – Prozesse automatisieren und digitalisieren. *Lösungen für Krankenhäuser*. https://www.gsg-mbh.net/fuer-krankenhaeuser/. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Helgadottir, Fjola. 2016. The Future of Computerized Therapy. *Psych Central*. https://psychcentral.com/lib/the-future-of-computerized-therapy/. Zugegriffen: 5. Juni 2019.

HIMSS. 2015. Auf den Spuren der Zeitdiebe im Krankenhaus: Die wahre Belastung durch Dokumentation an deutschen Akutkrankenhäusern wird unterschätzt. https://www.dragon-speaking.de/download/HIMSS-Europe-Studie.pdf. Zugegriffen: 6. September 2020.

Howell, Gelston. 2018. Industrie 4.0 in der Medizintechnik: Smarte Prozesse für Medizinprodukte. *Medical Design*. https://www.medical-design.news/elektronikfertigung/smarte-prozesse-fuer-medizinprodukte.153621.html. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

IMI. 2020. IMI2 - Call 23. *IMI Innovative Medicines Initiative*. http://www.imi.europa.eu/apply-funding/open-calls/imi2-call-23. Zugegriffen: 7. September 2020.

Insig. 2020. Virtual Care and Note Automation. https://insighealth.com/surveys.html. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

John, Michael, und Maria Kleppisch. 2019. Digitale Gesundheitsanwendungen in der Prävention und Gesundheitsförderung – Stand der Technik und Praxis. In *Prävention und Gesundheitsförderung*, *Springer Reference Pflege – Therapie – Gesundheit*, Hrsg. Michael Tiemann und Melvin Mohokum, 1–19. Berlin, Heidelberg: Springer.

Juschkat, Katharina. 2019. Was ist eine SPS? Definition, Grundlagen und Funktion. https://www.elektrotechnik.vogel.de/was-ist-eine-sps-definition-grundlagen-und-funktion-a-773404/. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

König; S. T. 2019. Patientenzentrierte klinische virtuelle Realität: Aktueller Stand und Perspektiven.

Krcmar, Helmut. 2015. *Informationsmanagement*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Krenn, Karoline, Simon Hunt, und Peter Parycek, Hrsg. 2020. »(Un)ergründlich? Künstliche Intelligenz als Ordnungsstifterin«.

Le Clair, Craig, Alex Cullen, und Madeline King. 2017. The RPA Market Will Reach $2.9 Billion By 2021. https://www.forrester.com/report/The+RPA+Market+Will+Reach+29+Billion+By+2021/-/E-RES137229. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Lifecycle Health. o. J. Lifecycle Health : Telehealth, Patient Engagement & Value Based Care Software Solution. *Lifecycle Health*. http://www.lifecyclehealth.com. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Lynn, Lawrence A. 2019. Artificial intelligence systems for complex decision-making in acute care medicine: a review. *Patient Safety in Surgery* 13: 6.

Makin, Simon. 2019. The emerging world of digital therapeutics. *Nature* 573: S106–S109.

McKinsey & Company, Hrsg. 2018. Digitalisierung im Gesundheitswesen: die Chancen für Deutschland.

Miller, D. Douglas, und Eric W. Brown. 2018. Artificial Intelligence in Medical Practice: The Question to the Answer? *The American Journal of Medicine* 131: 129–133.

Neri, Emanuele et al. 2019. What the radiologist should know about artificial intelligence – an ESR white paper. *Insights into Imaging* 10: 44.

Obermeyer, Ziad, und Ezekiel J. Emanuel. 2016. Predicting the Future — Big Data, Machine Learning, and Clinical Medicine. *New England Journal of Medicine* 375: 1216–1219.

Ochs, Jelena et al. 2019. Produktionsstrategien für die Medizintechnik von morgen.

Oreskovic, Nicolas Michel, Terry T Huang, und Jon Moon. 2015. Integrating mHealth and Systems Science: A Combination Approach to Prevent and Treat Chronic Health Conditions. *JMIR mHealth and uHealth* 3: e62.

Philips GmbH. 2019. Digitales Patientenbefragungstool erfasst automatisiert Ergebnis und Zufriedenheit mit der Behandlung. So werden Behandlungsqualität, aber auch administrative Prozesse optimiert.: Martini-Klinik baut das Qualitätsmanagement mit Philips VitalHealth QuestLink aus. https://www.kma-online.de/unternehmen/philips/news/detail/martini-klinik-baut-das-qualitaets-management-mit-philips-vitalhealth-questlink-aus-a-40153. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

pwc, Hrsg. 2017. Sherlock in Health How artificial intelligence may improve quality and efficiency, whilst reducing healthcare costs in Europe. https://www.pwc.de/de/gesundheitswesen-und-pharma/studie-sherlock-in-health.pdf. Zugegriffen: 6. September 2020.

Roediger, Eckhard. 2011. *Praxis der Schematherapie: Lehrbuch zu Grundlagen, Modell und Anwendung ; mit ... 33 Tabellen*. Schattauer Verlag.

Sachse, Rainer. 2017. *Therapeutische Informationsverarbeitung: Verstehen und Modellbildung im Therapieprozess*. 1. Auflage. Göttingen: Hogrefe.

Safar, Milad. 2017. Prozessautomatisierung im Gesundheitswesen. *Weissenberg Solutions*. https://weissenberg-solutions.de/prozessautomatisierung-in-der-medizin-und-im-gesundheitswesen/. Zugegriffen: 14. August 2020.

Simon, Von Benedikt. 2018. Nicht nur der Therapieplan kommt per W-LAN.

Singh, Maurizio. 2018. Wenn Roboter zu Bankern werden. *Controlling & Management Review* 62: 38–47.

St Franziskus Stiftung. 2020. Forschungsprojekt zur Automatisierung der Pflegedokumentation im Maria-Josef-Hospital. https://www.maria-josef-hospital.de/neuigkeiten/pressemitteilungen/nachricht/news/detail/News/forschungsprojekt-zur-automatisierung-der-pflegedokumentation-im-maria-josef-hospital.html. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Sudmann, Andreas. 2018. Szenarien des Postdigitalen. Deep Learning als MedienRevolution [Scenarios of the postdigital. Deep learning as media revolution]. *In: Machine Learning. Medien, Infrastrukturen und Technologien der Künstlichen Intelligenz. Eds. Christoph Engemann and Andreas Sudmann: Bielefeld: Transcript, 2018*.

Swoboda, Walter. 2017. *Informationsmanagement im Gesundheitswesen*. Konstanz München: UVK Verlagsgesellschaft mbH mit UVK/Lucius.

Tierney, Mary C. 2020. AI in HEALTHCARE | 2020 LEADERSHIP SURVEY REPORT.

UCLA. o. J. Automation of Treatment Planning & Treatment Quality. https://www.uclahealth.org/radonc/automation-of-treatment. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

UiPath. 2018. What is Robotic Process Automation - RPA Software | UiPath. https://www.uipath.com/rpa/robotic-process-automation. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Voigt, Prof Dr Kai-Ingo. 2020. Definition: Automatisierung. *https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/automatisierung-27138*. https://wirtschaftslexikon.gabler.de/definition/automatisierung-27138. Zugegriffen: 18. August 2020.

Wikipedia. 2019a. Business Process Engine. *Wikipedia*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Business_Process_Engine&oldid=186735681. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Wikipedia, Hrsg. 2019b. Steuerungstechnik. *Wikipedia*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Steuerungstechnik&oldid=194659214. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Wikipedia. 2020a. Digital therapeutics. *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Digital_therapeutics&oldid=953264586. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Wikipedia, Hrsg. 2020b. Prozessautomatisierung (Betriebswirtschaft). *Wikipedia*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Prozessautomatisierung_(Betriebswirtschaft)&oldid=198788887. Zugegriffen: 11. Mai 2020.

Wikipedia, Hrsg. 2020c. Speicherprogrammierbare Steuerung. *Wikipedia*. https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Speicherprogrammierbare_Steuerung&oldid=201428645. Zugegriffen: 7. September 2020.

Willis, M. et al. 2020. The Future of Healthcare: Computerisation, Automation, and General Practice Services | The Future of Healthcare. https://healthautomation.oii.ox.ac.uk/2020/06/08/final-report/. Zugegriffen: 7. September 2020.

Willis, Matthew, Paul Duckworth, Angela Coulter, Eric T. Meyer, und Michael Osborne. 2019. The Future of Health Care: Protocol for Measuring the Potential of Task Automation Grounded in the National Health Service Primary Care System. *JMIR Research Protocols* 8: e11232.

Zobel, Astrid. 2018. Gesundheit 4.0: Bringt Digitalisierung mehr Patientensicherheit?