

Bachelorstudiengang Informationsmanagement im Gesundheitswesen
Hochschule für angewandte Wissenschaften Neu-Ulm

BACHELORARBEIT

Thema

**Einsatz von Robotern im Krankenhaus –
Chance oder Risiko?**

Verfasser:	Qendresa Bujupi
Matr.-Nr.:	3134627
Geburtsdatum:	20.01.2000
Erstbetreuer:	Prof. Dr. Anna Meinhardt, Hochschule Neu- Ulm
Zweitbetreuer:	Prof. Dr. Alexander Würfel, Hochschule Neu-Ulm
Thema erhalten:	04.12.2023
Arbeit abgeliefert:	03.04.2024
Sperrvermerk:	Nein
Anlagen:	-

Zusammenfassung

Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich mit dem Thema „Einsatz von Robotern im Krankenhaus – Chance oder Risiko?“. In Anbetracht des Robotereinsatzes in medizinischen Einrichtungen, insbesondere im Krankenhaus, werden in dieser Bachelorarbeit die möglichen Chancen und Risiken behandelt.

Roboter im Gesundheitswesen bilden einen wichtigen Forschungs- und Anwendungsbereich, um wichtige fortschreitende Entwicklung der Information und Intelligenz medizinischer Geräte zu erzielen. Vor allem mobile Roboter leisten einen wesentlichen Beitrag zur tatkräftigen Unterstützung des medizinischen Personals. Dadurch können Roboter zeitintensive und monotone Aufgaben übernehmen und so Ressourcen effizienter nutzen.

Trotz dieser Chancen steht der technologische Fortschritt vor vielen Herausforderungen. Kritische Aspekte wie Datenschutz, Digitalisierung der Arbeitsplätze sowie ethische Fragen bergen erhebliche Risiken. Darüber hinaus ist die sorgfältige Anpassung vieler Lösungen an die Benutzerbedürfnisse von entscheidender Bedeutung, um eine hohe Akzeptanz zu erreichen.

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, den Einsatz von Robotern in Krankenhäusern und die Auswirkungen der zunehmenden Integration zu erforschen und eingehend zu bewerten. Zudem werden potenzielle Chancen als auch mögliche Risiken dieser Anwendung in der Medizin identifiziert und kritisch analysiert.

Schlüsselwörter: Roboter, Einsatz, Chancen, Risiken, Krankenhaus

Abstract

This thesis focuses on “the use of robots in hospitals - opportunity or risk?”. This clarifies the heated discussion concerning the potential opportunities and risks of using robots, particularly in healthcare sections like hospitals.

A major area of research and application in the medical domain is robotics, which also marks a substantial advancement in the information and intelligence of medical devices. Specifically, mobile robots can significantly improve hospital operations by relieving employees from time consuming and monotonous duties and by making better use of available resources.

Despite this potential, technological advancements also imply difficulties and moral questions. There are a lot of problems associated with the possible automation of jobs in the healthcare industry, data security and ethical concerns. To guarantee widespread acceptability, solutions must also be carefully adapted to the requirements of consumers.

The aim of this bachelor thesis is to thoroughly examine and evaluate the implications of the increased integration of robots in hospitals. It also aims to identify and critically analyze both the potential opportunities and the possible risks of this technology as it relates to healthcare.

Keyword: robot use, opportunity, risk, hospital

Inhaltsverzeichnis

INHALTSVERZEICHNIS.....	V
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	VII
ABBKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....	VIII
1 Einleitung.....	1
1.1 Gegenstand der Arbeit	1
1.2 Wissenschaftliche Einordnung.....	2
1.3 Aufbau der Bachelorarbeit	3
2 Theoretische Grundlagen.....	4
2.1 Definition Roboter im medizinischen Kontext	4
2.1.1 Interaktion zwischen Menschen & Roboter	5
2.2 Voraussetzungen für die Umsetzung	6
2.2.1 Technische Voraussetzungen	6
2.2.2 Gesetzliche Grundlagen	7
3 Einsatz von Robotern im Krankenhaus	10
3.1 Roboter bei chirurgischen Eingriffen.....	10
3.1.1 Telerobotik	12
3.1.2 Automatische Systeme	13
3.1.3 Interaktive Systeme	14
3.2 Patientenferne Routineaufgaben	16
3.2.1 Transport- und Logistikroboter	17
3.2.2 Reinigungs- und Desinfektionsroboter	17
3.3 Unterstützung in der Pflege.....	18
3.3.1 Roboter zum Einsatz von Service und Interaktion.....	19
3.3.2 Intelligente Pflegehilfsmittel	20

4 Chancen bei der Einsetzung von Robotern im Krankenhaus	22
4.1 Verbesserte Patientenversorgung	22
4.2 Verbesserung der chirurgischen Eingriffe durch Roboter	25
4.3 Verbessertes und sicheres Arbeitsumfeld für das medizinische Personal	27
5 Risiken beim Einsatz von Robotern im Krankenhaus	32
5.1 Datenschutz- und Sicherheitsaspekte	32
5.2 Haftung bei der Anwendung von Robotern	34
5.3 Geringe Akzeptanz der Nutzer	37
5.4 Negative Auswirkungen auf den Arbeitsplatz	40
5.5 Kosten und längere Vorbereitungszeiten	42
6 Schlussbetrachtung.....	44
 Literaturverzeichnis.....	 XLVI
Eidesstattliche Erklärung.....	LI

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Stetig zunehmende Operationszahlen	11
Abb. 2: Der Da-Vinci-Roboter	13
Abb. 3: Der ROBODOC (ISS)	14
Abb. 4: Der CyberKnife Roboter	16
Abb. 5: Der Roboter Pepper	19
Abb. 6: Der ROBEAR Roboter	20
Abb. 7: Positive Auswirkungen auf die digitale Technik	29
Abb. 8: Einstellungen zu Pflegerobotern (2017)	39

Abkürzungsverzeichnis

BGB	Bürgerliches Gesetzbuch
CSG	Cybersicherheitsgesetz
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
EU	Europäische Union
FTS	Fahrerlose Transportsysteme
ISS	Integrated Surgical Systems
KI	Künstliche Intelligenz
MDR	Medizinprodukteverordnung
MRK	Mensch-Roboter-Interaktion
TRC	Transition Research Corporation
UDI	Unique Device Identification
o.J.	Ohne Jahresangabe
o.S.	Ohne Seitenangabe

1 Einleitung

In den vergangenen Jahren hat die voranschreitende Entwicklung und der Einsatz von Robotertechnologien im medizinischen Bereich große Aufmerksamkeit erregt und die Möglichkeit zur Neugestaltung der medizinischen Versorgung verdeutlicht.¹ Von Assistenzrobotern im Pflegebereich bis hin zu Operationsrobotern gibt es viele Möglichkeiten, die Effizienz zu steigern, die Patientenversorgung zu verbessern und die Arbeitsbelastung des medizinischen Personals zu reduzieren.^{2 3}

Trotz der Begeisterung über das Potenzial dieser Technologie ist es dennoch wichtig, auch die möglichen Risiken und Herausforderungen zu berücksichtigen. Fraglich ist jedoch, ob der Einsatz von Robotern in Krankenhäusern eine Chance oder ein Risiko darstellt. Dies ist Gegenstand einer umstrittenen Diskussion und der Mittelpunkt komplexer Forschungsdebatten.

Die vorliegende Bachelorarbeit dient als Grundlage für eine ausführliche Untersuchung dieses Themas. Sie verdeutlicht die Vielfalt der Chancen und Risiken, die mit dem Einsatz von Robotern im Krankenhaus einhergehen. Um ein umfassendes Verständnis für die Auswirkungen und Implikationen des Robotereinsatzes im Krankenhaus zu entwickeln, soll hier nicht nur der aktuelle Stand der Forschung betrachtet werden, sondern auch auf bestehende Forschungslücken hingewiesen werden, die zu schließen sind.

1.1 Gegenstand der Arbeit

Um potenzielle Chancen und Risiken genauer zu untersuchen und wichtige Erkenntnisse zu gewinnen und diese genauer zu analysieren, konzentriert sich das erkenntnisleitende Interesse dieser Bachelorarbeit darauf, den Einsatz von Robotern in Krankenhäusern eingehend zu untersuchen.

¹ Vgl. Tausch/ Kirchhoff/ Adolph (2020), S. 242.

² Vgl. Becker/ Götz (2022), S. 593.

³ Vgl. Klein/ Graf/ Schlömer/ Roßberg/ Röhrich/ Baumgarten (2018), S. 160.

Die Ausführungen des Forschungsbedarfs werden durch die aktuelle Entwicklung und Komplexität dieses Themas gestützt. Angesichts der rasanten Fortschritte in der Robotertechnologie und ihrer zunehmenden Anwendungen im medizinischen Bereich ist eindeutig weitere Forschung erforderlich, um die Auswirkungen des Robotereinsatzes zu verstehen.⁴ Es ist außerdem notwendig, ethische und rechtliche Aspekte sorgfältig zu untersuchen und Richtlinien für einen verantwortungsvollen Einsatz von Robotern in Krankenhäusern zu erstellen.⁵

Das Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, zur aktuellen Debatte über den Robotereinsatz in Krankenhäusern beizutragen und wichtige Erkenntnisse darüber zu gewinnen, wie diese Technologie effektiv umgesetzt wird. Darüber hinaus soll eine ausführliche Darstellung der Möglichkeiten und Risiken des Einsatzes von Robotern in Krankenhäusern gegeben werden.

1.2 Wissenschaftliche Einordnung

Die vorliegende Bachelorarbeit handelt sich um einen Forschungsbereich, der sich mit den komplexen Folgen des wachsenden Einsatzes von Robotern in verschiedenen Bereichen des Krankenhauses befasst. In diesem Zusammenhang werden theoretische Konzepte genutzt, um die unterschiedlichen Aspekte der Roboternutzung zu untersuchen und ihre vorteilhaften und risikoreichen Auswirkungen zu beleuchten.

Die Forschung zum Einsatz von Robotern in Krankenhäusern erfolgt vor dem Hintergrund der zunehmenden Digitalisierung im Gesundheitswesen und die kontinuierliche Suche nach innovativen Lösungen für das Krankenhaus.

Um die Ziele dieser Bachelorarbeit zu erreichen und eine fundierte Untersuchung mit der Thematik zu ermöglichen, werden folgende Forschungsmethoden eingesetzt: Um vorhandene Erkenntnisse über den Einsatz von Robotern in Krankenhäusern zu sammeln und zu untersuchen, wird eine ausführliche Literaturrecherche vorgenommen. Zudem ist eine gezielte Analyse von Studien aus der Literatur erforderlich, um konkrete

⁴ Vgl. Klein/ Graf/ Schlömer/ Roßberg/ Röhrich/ Baumgarten (2018), S. 160.

⁵ Vgl. Beck/ Faber/ Gerndt (2023), S. 252.

Anwendungsfälle und Erfahrungen in verschiedenen Bereichen des Krankenhauses sowie deren Chancen und Risiken zu berücksichtigen.

Ausgerichtet ist die Arbeit auf eine gründliche Analyse der verschiedenen Anwendungsbereiche des Einsatzes von Robotern in Krankenhäusern und den damit verbundenen Chancen und Risiken vorzunehmen. Durch die strukturierte Gliederung werden die unterschiedlichen Aspekte logisch betrachtet, um relevante Erkenntnisse zu erlangen.

1.3 Aufbau der Bachelorarbeit

Die vorliegende Bachelorarbeit gliedert sich in sechs Kapitel, die jeweils spezifische Aspekte des Einsatzes von Robotern im Krankenhaus beleuchten und systematisch behandeln.

Die Struktur dieser Bachelorarbeit beginnt zunächst mit dem ersten Kapitel, welches das allgemeine Themenfeld darstellt, gefolgt von einer detaillierten Erläuterung des Forschungsthemas, der wissenschaftlichen Einordnung sowie der Aufbau der Arbeit. Nach der Einleitung bildet das zweite Kapitel den theoretischen Rahmen und definiert die relevanten Begriffe für das Thema. Zudem werden in diesem Kapitel die Voraussetzungen für die Umsetzung von Robotern in Krankenhäusern vorgestellt. Kapitel drei beschäftigt sich mit den diversen Anwendungen von Robotern in den verschiedenen Bereichen des Krankenhauses. Auch die Arbeitsbereiche sowie die angewandten Methoden werden in diesem Kapitel spezifischer analysiert. Im Anschluss folgen das vierte und fünfte Kapitel, die die Frage behandeln, ob der Einsatz von Robotern eher chancen- oder risikoreich für das Krankenhaus dargelegt wird. Abschließend fasst das sechste und letzte Kapitel die wichtigsten Erkenntnisse der Bachelorarbeit zusammen und zieht Schlussfolgerungen.

2 Theoretische Grundlagen

Im folgenden Abschnitt werden die grundlegenden Begrifflichkeiten erläutert, sowie ein Überblick verschafft mit dem Ziel, dem Leser ein gewisses Verständnis für die Thematik dieser Bachelorarbeit aufzuzeigen.

2.1 Definition Roboter im medizinischen Kontext

Der Begriff des Roboters wurde erstmals 1920 in Karel Čapek's Theaterstück Rossum's Universal Robots verwendet und leitet sich vom tschechischen Wort „Robota“⁶ ab, was Zwangsarbeit bedeutet. Er beschreibt Maschinen, die in der Lage sind den Menschen zu ersetzen, sowie dessen Aufgaben zu verrichten.

Aufgrund fehlender Definition wird der Roboter als eine technologische Einheit betrachtet, die entwickelt wurde, um bestimmte Aufgaben autonom auszuführen. Roboter können programmiert sein, um physische Aktionen durchzuführen, Informationen zu verarbeiten oder mit ihrer Umgebung zu interagieren.⁷

Die internationale Norm DIN EN ISO 13482:2014-11 definiert einen Roboter als programmierbaren Mechanismus und einem gewissen Grad an Autonomie. Diese Norm deckt zudem Anwendungen ab, in denen Roboter komplexe Aufgaben übernehmen, um den Menschen tatkräftig zu unterstützen. Sie stellt Schutzmaßnahmen sowie signifikante Gefährdungen vor und beschreibt den Umgang mit Risiken in Bezug auf Roboter.

Roboter können menschenähnliche Formen haben oder auch abstrakte, maschinelle Gestalten aufweisen. Sie werden oft verwendet, um repetitive oder gefährliche Aufgaben zu erledigen, die für Menschen mühsam oder riskant sein könnten. Die fortlaufende Entwicklung von Robotern schreitet stetig voran und bietet immer neue Möglichkeiten für die Automatisierung und Unterstützung verschiedenster Aufgaben.⁸

⁶ Maier (2019), S. 16.

⁷ Vgl. Maier (2019), S. 16–20.

⁸ Vgl. Tausch/ Kirchhoff/ Adolph (2020), S. 242.

Roboter werden in verschiedenen Bereichen wie in der Industrie, der Raum- und Luftfahrt, im Haushalt und zunehmend auch im medizinischen Bereich zur Unterstützung eingesetzt. Diese Roboter können in der Diagnose, Behandlung und Rehabilitation von Patienten eingesetzt werden. Sie können beispielsweise bei chirurgischen Eingriffen assistieren, Medikamente verabreichen oder Patienten bei der Physiotherapie unterstützen. Die Verwendung von Robotern in der Medizin kann dazu beitragen, die Genauigkeit, Effizienz und Sicherheit von medizinischen Verfahren zu verbessern. Es sollte berücksichtigt werden, dass im Gesundheitswesen Roboter kontinuierlich von medizinischem Fachpersonal überwacht und kontrolliert werden müssen, um eine bestmögliche Versorgung der Patienten sicherzustellen.⁹

2.1.1 Interaktion zwischen Menschen & Roboter

Die Interaktion zwischen Menschen und Roboter kann je nach Situation und Kontext variieren. Roboter erfassen Informationen aus Ihrer Umgebung, verarbeiten und nutzen diese, um autonom Aufgaben zu erfüllen. In einigen Fällen können Menschen und Roboter effektiv zusammenarbeiten und sich gegenseitig ergänzen, indem sie ihre jeweiligen Stärken nutzen. Beispielsweise können Roboter selbständig wiederholende oder gefährliche Aufgaben übernehmen, während Menschen ihre Aufmerksamkeit auf flexible oder komplexe Aufgaben richten können.¹⁰

Diese Interaktion hat in den letzten Jahren im Krankenhaus zugenommen und verschiedene Anwendungen gefunden. Roboter können für die Betreuung von Patienten eingesetzt werden, größtenteils in der Rehabilitation. Sie helfen bei der Durchführung von physikalischen Übungen und fördern die Mobilität der Patienten.¹¹

Insgesamt ist die Mensch-Roboter-Interaktion am Arbeitsplatz ein sich entwickelndes Feld mit Chancen und Herausforderungen. Es ist entscheidend, die Potenziale und Grenzen dieser Zusammenarbeit zu verstehen und kontinuierlich an der Verbesserung der Interaktion zwischen den Menschen und Robotern zu arbeiten.¹²

⁹ Vgl. Maier (2019), S. 39-40.

¹⁰ Vgl. Gerst (2020), S. 151-152.

¹¹ Vgl. Graf/ Klein (2023), S. 187-188.

¹² Vgl. Gerst (2020), S. 160.

Da eine gelingende Interaktion, vor allem im medizinischen Bereich, mehrere Voraussetzungen benötigt, wird dies nun genauer dargelegt.

2.2 Voraussetzungen für die Umsetzung

Die erfolgreiche Umsetzung von Robotern im Krankenhaus erfordert eine sorgfältige Planung, Berücksichtigung verschiedener Faktoren und zudem auch die Beachtung von technischen sowie rechtlichen Aspekten. Im Folgenden werden diese zwei Bereiche deutlicher dargestellt.

2.2.1 Technische Voraussetzungen

Die technischen Bedingungen für die Verwendung von Robotern in Krankenhäusern sind stark abhängig von den konkreten Anwendungen und den vorgesehenen Aufgabengebieten. Im Folgenden werden einige allgemeine technische Aspekte genannt, die oft relevant sind:

- (1) Schnittstellen: Es ist wichtig sicherzustellen, dass Roboter über Schnittstellenstandards verfügen, die mit den bestehenden Systemen des Krankenhauses kompatibel sind. Dies ermöglicht eine nahtlose Kommunikation zwischen Robotern, anderen medizinischen Geräten und den Softwareanwendungen. Insbesondere im Kontext von Pflegerobotern wird voraussichtlich eine Anbindung über zwei unterschiedliche Schnittstellen erforderlich sein. Der Pflegeroboter, der nicht nur ausschließlich stationäre Aufgaben steuert, muss eine wesentlich größere Vielfalt und Anzahl von Prozessen bewältigen.¹³
- (2) Sensoren und Bildverarbeitung: Abhängig von den Anwendungsbereichen müssen Roboter verschiedene Sensoren einsetzen, um ihre Umgebung zu

¹³ Vgl. Kremer (2020), S. 232-235.

erfassen. In medizinischen Anwendungen können beispielsweise Bildverarbeitungstechnologien notwendig sein, um präzise Navigation bei chirurgischen Eingriffen zu ermöglichen. Um sich wirksamer an wechselnde Umweltbedingungen anzupassen, bedarf es der Integration einzelner Sensoren zur Regelkreisbildung. Einen Schritt weiter gehen Roboter, die durch zahlreiche unterschiedlichste Sensoren und intelligentes Verhalten gekennzeichnet sind. Ihr Ziel ist es, Aufgaben sowohl in unstrukturierten Umgebungen als auch in direkter Interaktion mit Menschen zu bewältigen.¹⁴

- (3) Datenschutz und Datensicherheit: Roboter, die mit Patientendaten arbeiten, müssen strenge Sicherheitsvorkehrungen treffen, um Datenschutz und Datensicherheit zu gewährleisten. Dies umfasst Verschlüsselung, Zugriffskontrollen und die Einhaltung von Datenschutzstandards.¹⁵

2.2.2 Gesetzliche Grundlagen

Die Implementierung von Robotern im Krankenhaus ist durch verschiedene gesetzliche Voraussetzungen geregelt, die darauf abzielen die Sicherheit von Patienten, Personal und Dritten zu gewährleisten. Im Folgenden werden einige allgemeine Aspekte erläutert, die berücksichtigt werden sollten:

- (1) Zulassungsrecht: Je nach Art des Roboters und seiner Verwendung sind spezifische Zulassungen erforderlich. Um trotz möglichst gut bezifferbarer Risiken eine Zulassung nach dem Medizinprodukterecht (Medical Device Regulation) zu erhalten, muss ein Medizinprodukt seine Nützlichkeit nachweisen, wofür häufig präklinische Studien erforderlich sind.¹⁶ Jedes Medizinprodukt wird einer einmaligen Produkterkennung, auch „Unique Device Identification“¹⁷ (UDI) genannt, zugeordnet. Durch die UDI wird für das Medizinprodukt eine

¹⁴ Vgl. Raczkowsky (2011), S. 33-34.

¹⁵ Vgl. Schäfke-Zell (2023), S. 33-35.

¹⁶ Vgl. Keibel (2020), S. 135.

¹⁷ Europäische Kommission, (o.J.), o.S.

klare und eindeutige Identifizierung ermöglicht.¹⁸ Allerdings besteht die Problematik darin, dass sich die Systeme der Roboter ständig weiterentwickeln. Das System empfängt täglich neue Daten und verbessert die Algorithmen des Systems. Dadurch können sich die Algorithmen des Systems erheblich weiterentwickeln und nicht mehr der ursprünglichen Zulassung entsprechen. Aufgrund dieser fortlaufenden Veränderungen und Entwicklungen des Systems ist eine ständige Aktualisierung der UDI erforderlich, um sicherzustellen, dass sie dem aktuellen Stand entspricht. Insbesondere für den Hersteller stellt die Verpflichtung nach Art. 27 der Medizinprodukteverordnung (MDR), Medizinprodukte mit einer UDI zu versehen, eine besondere Herausforderung dar.¹⁹

- (2) Produkthaftung: Es müssen klare Regelungen zur Haftung im Falle von Unfällen oder Schäden durch den Einsatz eines Roboters vorhanden sein. Diese Regelungen betreffen nicht nur die Hersteller, sondern auch das Krankenhaus und das medizinische Personal. Sowohl chirurgische als auch Pflegeunterstützungsroboter, gelten als Produkte im Sinne der Produkthaftungsrichtlinie.²⁰
- (3) Datenschutz: Der Einsatz von Robotern kann die Sammlung, Verarbeitung und Speicherung von Patientendaten umfassen, was rechtlich durch die Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) der Europäischen Union geregelt ist.²¹ Das Hauptziel der DSGVO ist der Schutz der Rechte und Freiheiten von Einzelpersonen bei der Nutzung personenbezogener Daten.²² Datenschutz ist für den Nutzer von entscheidender Bedeutung, da es das Vertrauen in die verantwortungsbewusste Verwendung seiner Daten stärkt. Allerdings kann die Einhaltung der Datenschutzbestimmungen gelegentlich zu Einschränkungen im Funktionsumfang führen. Es ist wichtig, die gesetzlichen Anforderungen für die Verwendung personenbezogener Daten zu erfüllen, um sicherzustellen, dass

¹⁸ Vgl. Europäische Kommission (o.J.), o.S.

¹⁹ Vgl. Beck/ Faber/ Gerndt (2023), S. 258-259.

²⁰ Vgl. Christaller/ Decker/ Gilsbach/ Hirzinger/ Lauterbach/ Schweighofer/ Schweitzer/ Sturma (2001), S. 166-167.

²¹ Vgl. Wirth/ Siebenmann/ Gasser (2020), S. 274.

²² Vgl. Kelber (2020), S. 9-10.

Patienten angemessen über den Einsatz des Roboters informiert werden und gegebenenfalls ihre Einwilligung erteilen.²³

- (4) Weiterbildung: Gesetzliche Bestimmungen müssen berücksichtigt werden, um die Sicherheit der Mitarbeiter, die mit dem Roboter zusammenarbeiten, zu gewährleisten. Es besteht eine allgemeine Anforderung, dass der Einsatz dieser Technologien durch die Durchführung von Bewertungen, Schulungen und die Befolgung von Richtlinien und Empfehlungen akzeptiert wird.

²³ Vgl. Wirth/ Siebenmann/ Gasser (2020), S. 274-276.

3 Einsatz von Robotern im Krankenhaus

Angesichts der fortschreitenden Technologisierung im medizinischen Bereich gewinnt der Einsatz von Robotern im Krankenhaus zunehmend an Bedeutung. Das nachfolgende Kapitel erläutert den theoretischen Hintergrund zu diesem Thema. Dabei wird sowohl auf die Verbreitung der Robotik in der Medizin als auch auf das Anwendungsprinzip eingegangen.

3.1 Roboter bei chirurgischen Eingriffen

Die Erforschung im Bereich der robotischen Assistenzsysteme für operative Eingriffe begann Ende des 20. Jahrhunderts. Die Chirurgierobotik hat ihren Ursprung im US-amerikanischen Militär, insbesondere während der Erforschung von Telemanipulationssystemen und die Nutzung von Industrierobotern in medizinischen Anwendungen. Diese Untersuchungen wurden durchgeführt, um Soldaten in der Nähe des Gefechtsfeldes chirurgisch zu versorgen, ohne Ärzte in unmittelbare Gefahr zu bringen.²⁴

Im Jahr 2001 wurde ein bedeutender Meilenstein in dieser Entwicklung mit den ersten Operationen unter dem Namen Operation Lindbergh erreicht. Dabei wurde ein chirurgischer Roboter von New York aus gesteuert, der eine Operation an einer Person in Strasbourg durchführte. Diese Vorkommnisse ermöglichten einen vielversprechenden Einblick in diese Technik.

Trotz der zunächst langsamen Zunahme der von Robotern durchgeführten Operationen in Deutschland, steigt der Anteil roboterassistierter Chirurgie stetig an (siehe Abb. 1). Diagramm a) veranschaulicht die Gesamtanzahl der durchgeführten Operationen in Deutschland, während Diagramm b) die Operationen mit speziellen Operationsrobotern darstellt.²⁵

²⁴ Vgl. Kübler/ Seibold (2017), S. 879 – 880.

²⁵ Vgl. Mathis-Ulrich/ Scheikl (2021). S. 25.

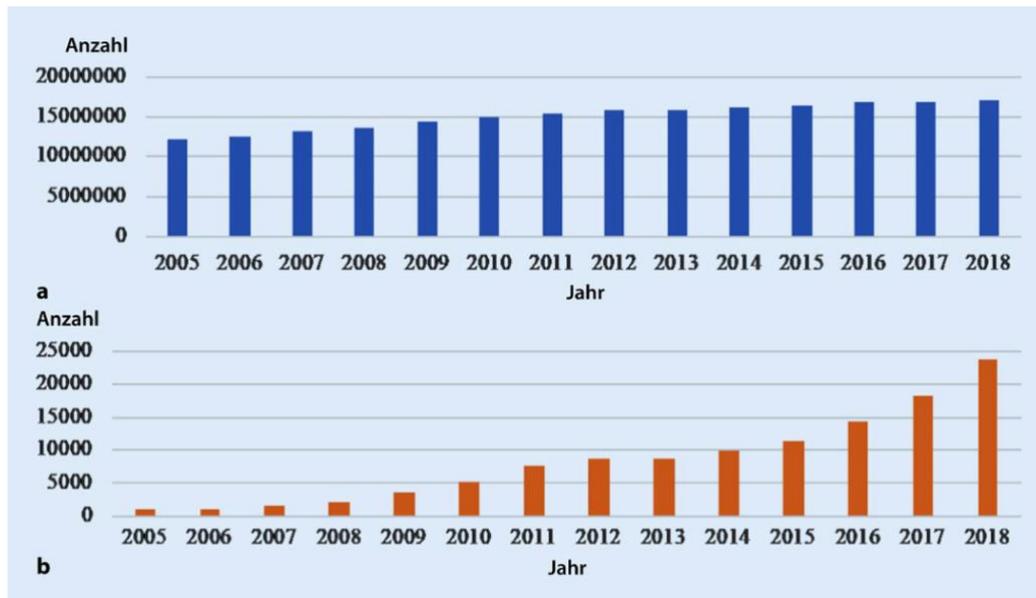


Abb. 1: Steig zunehmende Operationszahlen²⁶

Medizinische Roboter werden zunehmend als Unterstützung des Personals in verschiedenen Bereichen eingesetzt. Der große Vorteil liegt in ihrer Unabhängigkeit von mentalen Einflüssen sowie ihrer unveränderlichen und präzisen Arbeitsweise. Obwohl sie nicht eigenständig arbeiten können, tragen sie wesentlich zur Durchführung von Operationen bei und verkürzen die Operationszeit, wodurch die Belastung für die Patienten verringert wird.²⁷

Deutlich sichtbar wird in der Chirurgie auf technologischen Fortschritt angesetzt und in den Operationssälen angewendet. Daher werden Roboter und Computer zunehmend zu unverzichtbaren Assistenzsystemen in der Operationsrobotik.

Helmut Maier unterteilt in seinem Buch „Grundlagen der Robotik“ die computerassistierte Chirurgie in drei Arten, abhängig davon, wie Arzt und Roboter miteinander interagieren. Im folgenden Abschnitt werden diese drei Arten detailliert erläutert.²⁸

²⁶ Quelle: Mathis-Ulrich/ Scheickl (2021), S. 26.

²⁷ Vgl. Maier (2019), S. 39.

²⁸ Vgl. Maier (2019), S. 40.

3.1.1 Telerobotik

Telerobotik ist der Begriff des Einsatzes von Robotern in der Medizin, die medizinische Eingriffe ferngesteuert durchführen und medizinische Versorgung bereitstellen.²⁹ Ein bekanntes Beispiel hierfür ist der Da-Vinci-Roboter des kalifornischen Unternehmens Intuitive Surgical.³⁰ Dieses System wird vorwiegend für roboterassistierte minimalinvasive Chirurgie verwendet, insbesondere bei komplexen Eingriffen.³¹

Die am weitesten verbreitete Anwendung des Da-Vinci Operationssystems liegt bei der operativen Entfernung von bösartigen Krebsarten. In Abbild 2 ist zu sehen, dass der Chirurg sich an einer Steuerkonsole befindet, die vom Operationstisch abgelegen ist. Zusätzlich besteht die Operationseinheit aus einer Robotikeinheit auf der Seite des Patienten. Diese verfügt über vier Arme, die vom Chirurgen an der Steuerkonsole exakt gesteuert werden. Der Da-Vinci Roboter besteht außerdem aus einem Videoturm, der zur Überwachung der dreidimensionalen Kamera und der Lichttechnik dient. Während der Chirurg an der Konsole über eine vergrößerte 3D- Ansicht operiert, verfolgt er zugleich den Fortschritt der Operation, wodurch er die Arme des Roboters präzise mit mikrochirurgischen Einmalinstrumenten steuert. Um ungewollte Handbewegungen des Arztes zu vermeiden, bewegt der operierende Arzt die Arme und Instrumente genau, die durch eine fünffache Untersetzung unterstützt wird. Es ist wichtig zu betonen, dass der Operationsroboter nicht vorprogrammiert werden kann und keine eigenständigen Bewegungen ausführt.³² Der Da-Vinci-Roboter bietet den Vorteil der geringeren Invasivität mit leichtem Blutverlust, der reduzierten Schmerzintensität und einer schnelleren Rehabilitation der Patienten.³³

²⁹ Vgl. Müller (2014), S. 597.

³⁰ Vgl. Kast/ Neuhaus/ Nickel/ Kenngott/ Engel/ Short/ Reiter/ Meinzer/ Maier-Hein (2009). S. 92.

³¹ Vgl. Maier (2019), S. 40-41.

³² Vgl. Schwentner (2018), S. 401-402.

³³ Vgl. Maier (2019), S. 41.



Abb. 2: Der Da-Vinci-Roboter ³⁴

3.1.2 Automatische Systeme

Roboter, die aus automatischen Systemen bestehen, setzen eine Operation oder andere vorab geplante Tätigkeiten um, die der Chirurg vor dem Eingriff festgelegt hat. Im Falle von Schwierigkeiten kann der Arzt eingreifen und einen sofortigen Abbruch der Operation veranlassen.³⁵ Die Entstehung solcher Roboter hat ihren Ursprung in der Orthopädie, insbesondere mit der Einführung der roboterunterstützten Hüftendoprothetik im Jahr 1995. Seitdem wird diese Technologie in verschiedenen orthopädischen und unfallchirurgischen Zentren angewendet.³⁶

Zur Optimierung der Implantation der Hüftendoprothese, hat die Firma Integrated Surgical Systems (ISS) ein fortschrittliches Planungs- und Operationssystem entwickelt.³⁷ Der von der ISS entwickelte ROBODOC (siehe Abbildung 3) wird hauptsächlich in Deutschland und Österreich eingesetzt, um künstliche Hüftgelenke in den Oberschenkelknochen einzusetzen.

³⁴ Quelle: Kolodziej (2022), o.S.

³⁵ Vgl. Maier (2019), S. 40.

³⁶ Vgl. Prymka/ Hassenpflug (2003), S. 671.

³⁷ Vgl. Thomsen/ Aldinger/ Görtz/ Lukoschek/ Lahmer/ Honl/ Birke/ Nägerl/ Ewerbeck (2001), S. 692.



Abb. 3: Der ROBODOC (ISS) ³⁸

Diese zeitaufwändige und kraftintensive Fräsaufgabe übernimmt der automatische Fräsroboter vollständig. Während des Fräsvorgangs erfolgt keinerlei Berührung zwischen dem Roboter und dem Patienten.³⁹ Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode zeigt sich in der Erstimplantationsphase. Hierbei ermöglicht die ausgeprägte primäre Stabilitätsprothese eine direkte postoperative Belastung, wodurch eine intensive physiotherapeutische Übung unmittelbar nach dem Eingriff erlaubt ist.⁴⁰

3.1.3 Interaktive Systeme

Bei interaktiven Systemen bleibt der Chirurg die treibende Kraft und lenkt das System, während der Roboter die Fähigkeiten des Chirurgen erweitert und optimiert, insbesondere im Bereich kleinster präziser Bewegungen. Diese Technologie ermöglicht dem Arzt

³⁸ Quelle: Nolte/ Langlotz (1999), S. 113.

³⁹ Vgl. Lüth/ Hein (1959), S. 25.

⁴⁰ Vgl. Skibbe/ Börner/ Lahmer/ Wiesel (1999), S. 107.

äußerst präzises Arbeiten.⁴¹ Die Einsatzbereiche der Medizinroboter erstrecken sich sowohl auf die Chirurgie als auch auf die Strahlentherapie. In der Strahlentherapie werden Roboter eingesetzt, um eine Strahlenquelle präzise zu bewegen und somit eine gezielte Bestrahlung von Tumoren zu ermöglichen.⁴² Ein exemplarisches Modell für diese innovative Technologie ist der CyberKnife Roboter, entwickelt von Accuray Incorporated in Kalifornien.⁴³

„Die CyberKnife-Technologie ermöglicht eine nicht-invasive und schmerzlose radiochirurgische Behandlung von Tumoren, insbesondere im Bereich des Gehirns, der Wirbelsäule und innerer Organe.“⁴⁴

Die gesamte Dosierung der Strahlung kann in einer Sitzung angewendet werden, jedoch besteht auch die Möglichkeit, die Dosis auf mehrere Sitzungen aufzuteilen, falls dies klinisch erforderlich ist.

Wie auf dem beigefügten Abbild (Abb. 4) zu sehen ist, besteht das CyberKnife aus zwei Hauptkomponenten. Der Roboter umfasst einerseits eine Bestrahlungseinheit mit einem Photonenstrahler, der an einen Roboterarm angebunden ist, und andererseits ein computergesteuertes Lokalisierungssystem, das hochauflösende digitale Aufnahmen erzeugt. Der Patient wird mithilfe einer automatischen Liege in die erforderliche Position gebracht, um eine exakte Ausrichtung zu gewährleisten.⁴⁵

⁴¹ Vgl. Maier (2019), S. 40.

⁴² Vgl. Sopova/ Dubrova/ Taranova (1973), S. 79.

⁴³ Vgl. Mor/ Semrau/ Baus/ Koch/ Schaub/ Cursiefen/ Marnitz/ Heindl (2018), S. 302.

⁴⁴ Muacevic/ Wowra/ Tonn (2007), S. 42.

⁴⁵ Vgl. Muacevic/ Wowra/ Tonn (2007), S. 42.



Abb. 4: Der CyberKnife Roboter⁴⁶

Der CyberKnife Roboter bietet zahlreiche Vorteile, insbesondere für die Tumorbehandlung im gesamten Körper. Durch die punktgenaue Steuerung und geringe Bestrahlung wird das umliegende Gewebe geschont, während der Tumor kontinuierlich verfolgt, erkannt und korrigiert wird.⁴⁷

3.2 Patientenferne Routineaufgaben

Die kontinuierliche Entwicklung und Integration von Robotertechnologien im Gesundheitswesen haben einen tiefgreifenden Einfluss auf die Patientenversorgung und den klinischen Betrieb. Insbesondere die Einführung von Robotern, die auf die Ausführung von Aufgaben außerhalb des direkten Patientenkontakts spezialisiert sind, markiert einen bedeutenden Schritt hin zu effizienteren, präziseren und

⁴⁶ Quelle: Sommer (2016), o.S.

⁴⁷ Vgl. Mor/ Semrau/ Baus/ Koch/ Schaub/ Cursiefen/ Marnitz/ Heindl (2018), S. 305.

patientenfreundlichen Abläufen in Krankenhäusern und wird daher im Anschluss näher beschrieben.

3.2.1 Transport- und Logistikroboter

In den 1990er Jahren wurden die fahrerlosen Transportsystemen (FTS) in den Krankenhäusern mithilfe des Helpmate Systems eingesetzt.⁴⁸ Das Helpmate System wurde 1985 von dem Unternehmen Transitions Research Corporation (TRC) entwickelt und ist für den automatisierten Warentransport zuständig, um das medizinische Personal tatkräftig zu unterstützen.⁴⁹ Durch ihre Größe und den Sicherheitsmaßnahmen können herkömmliche FTS nur in speziellen Bereichen eingesetzt werden und von geschultem Personal bedient werden.

Spezielle Roboter übernehmen die Verteilung von Mahlzeiten im Krankenhaus. Durch die automatisierte Lieferung von Nahrungsmitteln von der Küche zu den Patientenzimmern wird nicht nur die Effizienz gesteigert, sondern auch die Qualität und Pünktlichkeit der Mahlzeiten verbessert. Darüber hinaus transportieren sie Medikamente sowie Laborproben zeitnah und sicher zu den verschiedenen Abteilungen.⁵⁰

FTS ermöglichen nicht nur eine schnelle und zuverlässige Lieferung von Medikamenten, sondern minimieren auch das Risiko von Übertragungsfehlern.⁵¹ Außerdem sind diese FTS auch für die Ver- und Entsorgung der Wäsche konzipiert, um das Personal zu entlasten, sowie die Gefahr der Berufsunfähigkeit des Personals zu minimieren.⁵²

3.2.2 Reinigungs- und Desinfektionsroboter

Die Reinigung und Desinfektion spielen in Krankenhäusern eine essenzielle Rolle. Diese Roboter übernehmen nicht nur effizient Aufgaben im Bereich Hygiene, sondern tragen

⁴⁸ Vgl. Graf/ Klein (2023), S. 182.

⁴⁹ Vgl. Evans/ Krishnamurthy/ Crosten/ Weiman/ Engelberger (1989), S. 251.

⁵⁰ Vgl. Graf/ Klein (2023), S. 182.

⁵¹ Vgl. Winter/ Schreyögg/ Blume (2023), S. 64.

⁵² Vgl. Graf/ Klein (2023), S. 182.

auch maßgeblich zur Minimierung von Infektionsrisiken bei. Reinigungs- und Desinfektionsroboter navigieren autonom durch die Räumlichkeiten, um Böden, Wände und andere Oberflächen zu reinigen, wodurch eine umfassende und systematische Reinigung gewährleistet wird.

Bodenreinigungsroboter sind speziell für die Reinigung größerer, ebener Flächen konzipiert. Sie zeichnen sich durch ihre autonome Navigation aus, wodurch sie sich verschiedene Bereiche des Krankenhauses bewegen können. Durch ihre Sensoren und Navigation erkennen sie den Zustand des Bodens und passen ihre Reinigungsmuster entsprechend an. Die Reinigungsroboter begeben sich zu ihrer fest installierten Ladestation, um ihrer Batterie aufzuladen, sowie das Reinigungsmittel aufzufüllen.⁵³

Des Weiteren existieren Desinfektionsroboter, die bei der gründlichen Desinfektion von Patientenzimmern, eine entscheidende Rolle spielen. Desinfektionsroboter setzen innovative Technologien wie UV-C-Licht oder Sprühtechniken ein, um die Verbreitung von Krankheiten zu verhindern, indem sie Flächen von Bakterien und Viren befreien. Diese automatisierten Systeme gewährleisten nicht nur eine gründliche Desinfektion, sondern reduzieren auch das Risiko einer Ansteckung des Personals.⁵⁴

3.3 Unterstützung in der Pflege

Die Einführung von Robotern in den Pflegebereich ermöglicht eine Steigerung der Effizienz, eine Entlastung des Pflegepersonals und die Verbesserung der Pflegequalität.⁵⁵ Es werden zahlreiche Geräte entwickelt, die auf unterschiedliche Anwenderzahlen und Nutzungssituationen zugeschnitten sind.⁵⁶

Diese Roboter können in verschiedenen Formen auftreten, darunter Telepräsenzroboter, Roboter für Service & Interaktion, und intelligente Pflegehilfsmittel.⁵⁷ Nun werden diese Roboter detaillierter erläutert.

⁵³ Vgl. Graf/ Klein (2023), S. 183-184.

⁵⁴ Vgl. Bendel (2023), S. 46.

⁵⁵ Vgl. Becker/ Götz (2022), S. 593.

⁵⁶ Vgl. Becker (2018), S. 229.

⁵⁷ Vgl. Graf/ Klein (2023), S. 189-192.

3.3.1 Roboter zum Einsatz von Service und Interaktion

Roboter können Pflegepersonal nicht nur bei ihren Tätigkeiten begleiten und unterstützen, sondern auch für Beruhigung sorgen, indem sie mit kranken und pflegebedürftigen Menschen interagieren und diese besänftigen, wenn das Pflegepersonal nicht zur Verfügung stehen.

In den vergangenen Jahren hat vor allem Pepper, ein Roboter von der Firma Aldebaran für Aufsehen gesorgt. Der Roboter Pepper hat eine Größe von 1,20 Meter (Abb. 5). Pepper hat die Fähigkeit, Sprachen, Gesichter und Geräusche zu erfassen und auszusenden, sowie Gefühle zu erkennen, die in Bezug auf die festgestellten „Mimik, Stimmlage und Körperhaltung“ ausgelegt sind. Visuelle Unterstützungen und künftige Alternativen zur Nutzung von Anwendungen wie beispielsweise Spiele auf dem Tablet spielen, welches sich auf der Brust von Pepper befindet, sind verfügbar.

Pepper wird bereits in zahlreichen Krankenhäusern verwendet, um Patienten und Besucher zu informieren und zu unterhalten.⁵⁸

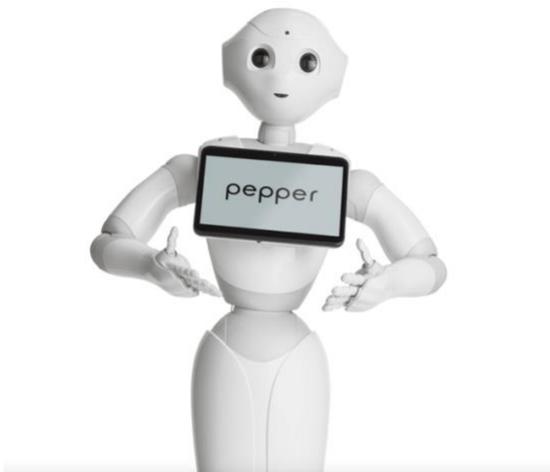


Abb. 5: Der Roboter Pepper⁵⁹

⁵⁸ Vgl. Graf/ Klein (2023), S.191.

⁵⁹ Quelle: Aldebaran United Robotics Group (o.J.), o.S.

3.3.2 Intelligente Pflegehilfsmittel

Intelligente Pflegehilfsmittel sind fortschrittliche technologische Lösungen, die dazu konzipiert sind, das medizinische Personal bei körperlich anspruchsvollen oder zeitaufwendigen Aufgaben zu entlasten, insbesondere in Krankenhäusern sowie Pflegebereichen. Diese Hilfsmittel lassen sich grob in zwei Kategorien unterteilen: solche, die für den Transfer von Personen entwickelt wurden, und solche, die sich auf die Körperhygiene konzentrieren.

Die Übertragung oder das Anheben von Patienten stellt eine häufige Belastung für das Pflegepersonal dar. Aus diesem Grund steht diese Problematik im Mittelpunkt vieler Hersteller von Pflegehilfsmitteln, die darauf abzielen diese Aufgaben zu erleichtern und die Belastung für die Pflegekräfte zu minimieren.

Daher haben japanischen Wissenschaftler den Serviceroboter ROBEAR (Abb. 6) entwickelt, um Pflegekräfte zu unterstützen.⁶⁰ Die motorisierte Ausstattung des ROBEAR Roboters hilft Pflegekräften beim mühsam Schieben des Lifters.⁶¹



Abb. 6: Der ROBEAR Roboter⁶²

Ein weiteres bedeutendes Anwendungsgebiet betrifft die Körperhygiene, wengleich dies bisher nicht weitreichend implementiert wurde. Die Körperhygiene ist in stationären

⁶⁰ Vgl. Graf/ Klein (2023), S. 192.

⁶¹ Vgl. Schuh/ Gisa/ Brünnett/ Gebert/ Greff/ Weber/ Werth (2023), S. 282.

⁶² Quelle: Wallenfels (2016), o.S.

Pflegeheimen ein vertrauter Vorgang, der ein spezielles Vertrauen zwischen Pflegepersonal und Patient erfordert. Die Integration automatisierter Körperhygiene kann diesen Prozessen weniger hinderlich und intim gestalten. Obwohl erste Entwicklungen in diesem Bereich existieren, wurden es bisher nur in begrenztem Umfang umgesetzt, und ihre praktischen Anwendungen steht noch aus.⁶³

⁶³ Vgl. Graf/ Klein (2023), S. 193.

4 Chancen bei der Einsetzung von Robotern im Krankenhaus

Bedeutende Fortschritte im Bereich der Robotik, insbesondere im Operationssaal, liefern vielversprechende Erkenntnisse zu den Chancen und Potenzialen des gezielten Einsatzes von Robotik in Krankenhäusern. Die bereits erwähnten Präzisionsvorteile und verbesserten Arbeitsabläufe verdeutlichen die vielen Möglichkeiten, wie Roboter die Gesundheitsversorgung weiter optimieren können.

Im Folgenden werden einige der vielversprechenden Chancen im Krankenhausumfeld vorgestellt.

4.1 Verbesserte Patientenversorgung

Die Einführung der Robotik im Krankensektor hat nicht nur die Arbeitsweise des medizinischen Personals verändert, sondern auch die Vorgehensweise, wie Patienten versorgt werden. In diesem Abschnitt werden die verschiedenen Möglichkeiten beleuchtet, wie der Einsatz von Robotern in Krankenhäusern zu einer effizienteren und besseren Patientenversorgung beitragen kann.

Im Krankenzimmer treffen Patienten neben dem medizinischen Personal den sogenannten Roboterassistenten. Diese Roboter erledigen einfache Aufgaben sowohl für Patienten als auch für das Stationspersonal. Sie unterstützen Patienten bei Hilfs- und Dienstleistungstätigkeiten wie beispielsweise beim Ein- und Aussteigen in das Bett eines Patienten, als Gehstock im Zimmer eines Patienten oder zum Verteilen von Mahlzeiten oder Getränken.⁶⁴

Zur fortlaufenden Verbesserung der Patientenversorgung wurden durch den Robotereinsatz im Krankenhaus unterschiedliche Systeme eingeführt:

- (1) Monitoring: Ein weiterer Punkt, der zur Verbesserung der Patientenversorgung beiträgt, ist die kontinuierliche Überwachung und frühzeitige Intervention durch

⁶⁴ Vgl. Bamberg/ Kasper/ Korff/ Herbold (2018), S. 193.

das Monitoring. Durch das Telepräsenzsystem ist es dem medizinischen Personal möglich, die Körperfunktionen kontinuierlich zu überwachen und soziale Verständigungen aus der Ferne zu bieten, um frühzeitig auf Abweichungen hinzuweisen. Einige Überwachungssysteme können Menschen mit Gedächtnisproblemen an routinemäßige Tätigkeiten erinnern, wie beispielsweise an die Einnahme von Medikamenten oder an das Essen und Trinken.⁶⁵

Eine gründliche Untersuchung der Einsatzszenarien telemedizinischer Anwendungen zeigt, dass der Einsatz vor allem im Bereich des Telemonitorings chronischer Erkrankungen positive Nutzenaspekte aufzeigen kann. Die Auswirkungen der Anwendung telemedizinischer Methoden zur Überwachung lebenswichtiger Parameter, die für die Behandlung chronischer Krankheiten wichtig sind, einschließlich auf die Selbstbehandlung des Patienten, werden häufig speziell untersucht. Bestimmte Auswirkungen wie die Früherkennung von Symptomen, das Bewusstsein der Patienten und die Medikamenteneinhaltung werden im Rahmen der gesamten Krankheitsbehandlung betrachtet. Dies ermöglicht eine patientenorientierte Therapieplanung, die sich deutlich positiv auf den Behandlungsverlauf und die -qualität auswirken kann. Darüber hinaus wird den Patienten durch die Gewährleistung von Fachwissen jederzeit und überall Zugang zu professionellen medizinischen Leistungen sichergestellt.⁶⁶

- (2) Telepräsenzroboter: Mit Hilfe von Telepräsenzrobotern können Ärzte Patienten aus der Ferne überwachen und medizinisch beraten. Für Patienten in abgelegenen Gegenden oder für Patienten, die nicht direkt ins Krankenhaus kommen können, ist dies besonders hilfreich. Die Patienten können ihre Behandlung auch nach dem Verlassen des Krankenhauses durch die Fernüberwachung weiterführen. Dies führt zu einer Verbesserung der kontinuierlichen Pflege. Patienten können somit eigenständig aus dem Bett aufstehen sowie sich frei bewegen, was zu einer Verkürzung des Krankenhausaufenthalts führt. Durch die Fernüberwachung müssen selbst Patienten mit chronischen Erkrankungen wie Diabetes oder Herzerkrankungen nicht mehr ins Krankenhaus, außer in dringenden Notfällen.

⁶⁵ Vgl. Deutscher Ethikrat (2020), S. 47.

⁶⁶ Vgl. Beckers/ Stellmacher (2021), S. 58.

Der eigentliche Fortschritt hier wird jedoch eher in der Prävention als in der Behandlung liegen, da die technologiegestützte Überwachung auf der rechtzeitigen Vorsorge von Krankheiten beruht.⁶⁷

- (3) Verbesserte Medikamentenverabreichung: Roboter übernehmen die Durchführung sich wiederholender Pflegeaufgaben und helfen bei der Medikamentenverabreichung. Das Ziel besteht darin das Risiko medizinischer Fehler zu verringern und Patienten rechtzeitig und angemessen zu versorgen. Roboter können dazu beitragen, Patienten mit Mobilitätseinschränkung zu bewegen und zu unterstützen, was zu einer gesteigerten Zufriedenheit führt.

Der Prozess der Medikamentenausgabe wird durch den Einsatz des Medikamentenroboters verbessert. Durch die pünktliche Ausgabe erhalten die Patienten ihre Medikamente rechtzeitig. Außerdem ist die Etikettierung weniger zeitaufwendig und die Bestellzeit sowie die Leerlaufzeiten in der Medikamentenausgabe werden reduziert. Die Folge war eine Steigerung der Zufriedenheit der Pflegenden mit dem Medikationsroboter und eine Erhöhung der Akzeptanz.⁶⁸ Insbesondere in der konventionellen Medizin kann die Automatisierung der Medikamentenverabreichung dazu beitragen, vermeidbare Verluste im Versorgungsprozess zu minimieren und den Wertschöpfungsbeitrag zu erhöhen.

Ein entscheidender Aspekt für die sichere Versorgung des Patienten im Krankenhausalltag ist das Verfahren der Medikamentenausgabe. Faktoren im Zusammenhang mit der Patientensicherheit stellen häufig eine Belastung für das Gesundheitsumfeld dar. Dazu gehören hoher Zeitmangel aufgrund begrenzter Personalausstattung, gleichzeitige Anforderungen an eine zeitnahe und umfassende Betreuung einer Vielzahl von Patienten sowie häufig die Nichtverfügbarkeit medizinischer Einrichtungen. Es sind behandlungsbezogene Informationen und das Management der Vielzahl verabreichter und angepasster

⁶⁷ Vgl. Watson (2014), S. 92-93.

⁶⁸ Vgl. Becker/ Scheermesser/ Früh/ Treusch/ Auerbach/ Hüppi/ Meier (2013), S. 48.

Medikamente erforderlich. Folglich ist es von größter Bedeutung, die Systeme und Prozesse zur sicheren Arzneimittelabgabe zu verbessern.⁶⁹

4.2 Verbesserung der chirurgischen Eingriffe durch Roboter

Die stetigen Fortschritte in der Robotertechnologie haben die Medizin, insbesondere die Chirurgie, grundlegend verändert. Der Einsatz von Robotern im Operationssaal hat nicht nur die Grenzen der Präzision erweitert, sondern auch neue Impulse für die Sicherheit und den Erfolg von Operationen gegeben. Daher stößt der Einsatz von Operationsrobotern sowohl bei den Chirurgen als auch bei den Krankenhausleitungen auf Wohlwollen. Diese Robotersysteme erbringen eine präzise chirurgische Leistung, die im Interesse der Chirurgen und der Patienten liegt und daher von der Krankenhausverwaltung bereitwillig finanziert wird.⁷⁰

Die chirurgischen Roboter sind für beengte Operationsverhältnisse und anatomisch problematische Gebiete geeignet. Sie führen jedoch keine autonomen Operationen aus. In solchen Verfahren ist der Operateur der Chirurg, während der Roboter keine Anzeichen von Müdigkeit zeigt und ihn jedoch unterstützt, indem er die Operationen mit dem entsprechenden Grundsatz ideal und beständig exponiert.⁷¹

In den letzten 20 Jahren hat sich die minimalinvasive Chirurgie zu einem gängigen chirurgischen Verfahren entwickelt. Das Operieren durch kleine Öffnungen im Körper legt den Einsatz von Robotersystemen nahe, um zum Beispiel den Einsatz von Werkzeugen fernzusteuern. In diesem Zusammenhang können OP-Roboter allgemein als Instrumente bezeichnet werden, die Chirurgen dabei unterstützen Behandelte mit einer höheren Sicherheit, verbesserter Effizienz und reduzierter Morbidität als bei herkömmlichen Methoden zu behandeln.⁷²

⁶⁹ Vgl. Doctor/ Buck/ Eymann (2020), S. 265-266.

⁷⁰ Vgl. Klein/ Graf/ Schlömer/ Roßberg/ Röhrich/ Baumgarten (2018), S. 160.

⁷¹ Vgl. Sopova/ Dubrova/ Taranova (1973), S. 77-78.

⁷² Vgl. Klein/ Graf/ Schlömer/ Roßberg/ Röhrich/ Baumgarten (2018), S. 159.

Durch den Einsatz robotergestützter chirurgischer Techniken werden Bereiche der Präzision erschlossen, die der Mensch mit herkömmlichen Methoden nicht erreichen kann. Die Eingriffe können präziser und klarer durchgeführt werden, auch wenn der Chirurg nicht ersetzt werden kann. Der Roboter ist auch für die Überwachung der Schnittführung des Chirurgen zuständig. Operationsroboter ermöglichen durch die Übertragung der Bewegungen des Arztes in eine andere Größenordnung kleinste Schnitte mit höchster Präzision. Roboter sind in der Lage, Aufgaben zu übernehmen, die selbst qualifizierte Chirurgen nicht bewältigen können. Darüber hinaus ist der Einsatz von Robotern durch die Verwendung von Sensoren und die automatische Sicherung der Behandlungsdaten sicherer.⁷³

Besonders wichtig ist die Roboterchirurgie in der Urologie zur operativen Behandlung von Prostatakrebs. Diese Operationstechnik kann dazu beitragen Operationskomplikationen zu reduzieren, die Dauer des Krankenhausaufenthalts und Krankheitstage zu minimieren und das funktionelle Operationsergebnis zu verbessern, während das kontinuierliche Resultat erhalten bleibt.⁷⁴

Durch die Diagnose, Behandlungsplanung, sowie die eigentliche Durchführung der Behandlung und die postoperative Nachsorge können sowohl abstrakte Prozesse wie die Risiko- und Erfolgsbeurteilung als auch die tatsächliche Umsetzung schneller, besser und praktikabler gestaltet werden. Daher ist die Umstellung der Chirurgie auf computergestützte Chirurgie ein Durchbruch, der diese auf eine neue Entwicklungsstufe bringt.

Offensichtlich und bereits vielfach diskutiert sind die damit verbundenen Chancen für die Chirurgie. Chirurgische Eingriffe werden immer schonender und sind deutlich weniger Komplikationen verbunden. Die Behandlungen können sowohl ambulant als auch mit einer kürzeren Aufenthaltsdauer im Krankenhaus durchgeführt werden.⁷⁵

Über den zukünftig technischen Fortschritt in der Chirurgie sind sich die Fachleute einig. Die technische Unterstützung für Chirurgen ist von großer Bedeutung und wird in Zukunft ein integraler Bestandteil des Operationssaals sein. Sie sind außerdem fest davon

⁷³ Vgl. Sopova/ Dubrova/ Taranova (1973), S. 77-78.

⁷⁴ Vgl. Albrecht/ Haase/ Zippel/ Koch/ Settmacher (2017), S. 1043.

⁷⁵ Vgl. Wilhelm/ Koller/ Vogel/ Ostler/ Kranzfelder (2018), S. 104.

überzeugt, dass Roboter niemals über die Rolle des Assistenten hinausgehen werden. Dadurch wird die Arbeit der Ärzte verbessert und präziser, und Chirurgen werden auch in Zukunft eine unersetzliche Präsenz im Operationssaal sein.⁷⁶

4.3 Verbessertes und sicheres Arbeitsumfeld für das medizinische Personal

Nachdem die eindrucksvollen Vorteile des Einsatzes von Robotern im Operationssaal berücksichtigt wurden, ist es von entscheidender Bedeutung, die erweiterten Möglichkeiten zu untersuchen, die sich aus der Anwendung von Robotern im gesamten Krankenhausbereich ergeben. Der gezielte Einsatz von Robotern optimiert die Arbeitsabläufe im Krankenhaus. Dies bringt zahlreiche Vorteile mit sich, die sich auf das medizinische Personal auswirken.

So ist beispielsweise der Transfer von Patienten oder Pflegebedürftigen im Pflegealltag oft mit routinemäßiger Pflege verbunden und stellt eine sehr körperlich anstrengende Aufgabe dar, weshalb sich viele Hersteller von Pflegeprodukten diesem Thema widmen. Die Positionierung umfasst eine Vielzahl von Aktivitäten, wie z.B. das Wechseln in eine andere Liegeposition, dem Patienten beim Aufstehen helfen, den Wechsel von einem Stuhl zum anderen, etc. Ziel der Pflegehilfsmittel zur Unterstützung dieser Mobilitätsprozesse ist es, das Pflegepersonal so wenig wie möglich zu belasten. Die zur Verfügung gestellten Unterstützungen müssen im Alltag praktikabler anwendbar sein. Dies gilt sowohl für den zeitlichen als auch für den organisatorischen Aufwand, der zur Bewältigung erforderlich ist.

Eine wesentliche Entlastung des medizinischen Personals kann durch den Einsatz von elektromechanischen Transferhilfsmittel oder mobilen Personenlifter erreicht werden. Verschiedene Hersteller haben unterschiedliche Personenlifter konstruiert, die in ihrer Funktion weitgehend identisch sind.⁷⁷ Die wichtigsten technischen Hilfsmittel im medizinischen Bereich sind Pflegebetten, Rollstühle und Patientenlifter. Sie werden über

⁷⁶ Vgl. Sopova/ Dubrova/ Taranova (1973), S. 80.

⁷⁷ Vgl. Klein/ Graf/ Schlömer/ Roßberg/ Röhrich/ Baumgarten (2018), S. 47.

eine Fernsteuerung getätigt, wodurch eine unkomplizierte Bedienung möglich ist.⁷⁸ Für den Transport im Sitzen sind die Personenlifter mit einem Gurt ausgestattet, der den Pflegebedürftigen fixiert. Eine weitere mobile Liftoption ist ein permanenter Deckenlift, der innerhalb eines bestimmten Bereichs bewegt werden kann, sodass kein Transport des Lifts erforderlich ist. Der Versuch, die Schienensysteme in mehreren Räumen anzubringen und eine entsprechende Flexibilität zu erreichen, stoßen auf großes Interesse.⁷⁹ Hierbei handelt es sich um motorbetriebene Hilfsmittel, die besonders für Patienten zur Förderung und Erhaltung der Selbständigkeit von Bedeutung sind. Motorisierung kann die fehlende Kraft oder Koordination ersetzen oder austauschen, was auch für Pflegekräfte von Vorteil ist, die damit ihre eigene Gesundheit erhalten können.⁸⁰

Auch besondere Hygiene- und Schutzansprüche in der Patientenversorgung stellen eine Herausforderung dar. Die Pflegenden sind einer ständigen beruflichen Belastung ausgesetzt. Dies erfordert eine ständige psychische Anpassung.⁸¹

Eine der häufigsten Auslöser für Krankheitsausfälle und Arbeitsunfähigkeit im Pflegebereich sind Erkrankungen des Muskel-Skelett-Apparates. Zur Verringerung der körperlichen Belastung des Pflegepersonals können Roboter insofern beisteuern, als dass sie zur ergonomischen Gestaltung des Arbeitsumfeldes beitragen. Auf diese Weise bleiben die Pflegekräfte länger gesund, fallen seltener aus und sind länger in der Lage, ihren Pflegeberuf auszuführen. Davon profitieren auch Unternehmen, Institutionen und Krankenhäuser, insbesondere in Zeiten des Fachkräftemangels.⁸²

Zudem wurde durch die Digitalisierung der Arbeitsplätze das Arbeitsumfeld des medizinischen Personals verbessert. Davon zu unterscheiden sind Technologien, die die Arbeitsorganisation beeinflussen und vereinfachen, wie beispielsweise Planungs-, Dokumentations- oder Bestellmethoden. Techniken mit nur indirekten Auswirkungen sind zwar wichtig, sollten aber nicht Gegenstand der Entwicklung sein. Gleichzeitig ist es notwendig, dass die Prozesse der Fernarbeit mit den Patienten so weit wie möglich

⁷⁸ Vgl. Dogan Merih/ Bochum/ Fegeler/ Martens/ Elsbernd (2021), S. 200-201.

⁷⁹ Vgl. Klein/ Graf/ Schlömer/ Roßberg/ Röhrich/ Baumgarten (2018), S. 47.

⁸⁰ Vgl. Dogan Merih/ Bochum/ Fegeler/ Martens/ Elsbernd (2021), S. 200-201.

⁸¹ Vgl. Konrad (2022), S. 208.

⁸² Vgl. Bitterlich/ Götze (2022), S. 34-35.

technisch unterstützen, um Pflegekräfte nicht unnötig mit Aufgaben zu belasten, die sich nicht unbedingt selbst aufarbeiten müssen.

Zukünftig werden zentrale Bestell- und Lieferverfahren, vollautomatische Schränke, die Bestände zählen und nachbestellen, oder Schränke, in denen notwendige Medikamente gelagert und ausgegeben werden können, die Versorgung sicherstellen. Ein solches Hilfsmittel ist der sogenannte intelligente Pflegewagen. Er stellt automatisch die erforderlichen Pflegeausrüstungen bereit, verarbeitet die Dokumentation, zeigt Pflegepläne an und ermöglicht die Dokumentation der Pflegeaktivitäten. Hierbei wird von einem Prototypen gesprochen. Die Beteiligung der Pflegekräfte an der Gestaltung dieser Bestell- und Liefersysteme ist weiterhin eine der Erwartungen an diese. Diese Pflegewagen oder ähnliche Strukturen eignen sich möglicherweise zur Aufbewahrung aller Pflegeprodukte und -utensilien. Erfahrungsgewinn im Umgang mit diesen Technologien ist wichtig, um die Weiterentwicklung gezielt voranbringen zu können. Arbeitsabläufe sollen entsprechend angepasst werden können.⁸³

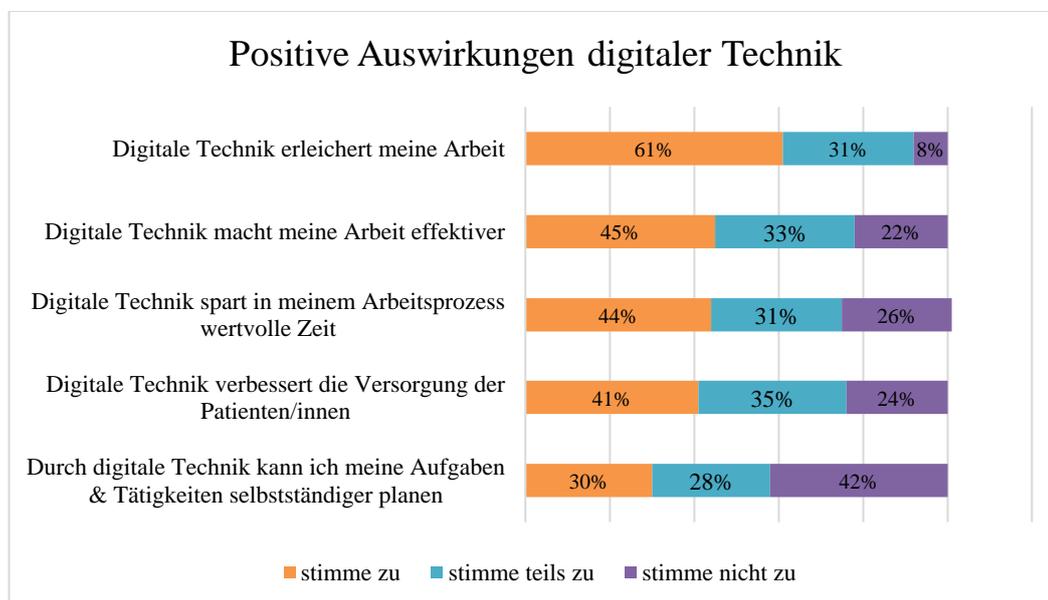


Abb. 7: Positive Auswirkungen auf die digitale Technik⁸⁴

⁸³ Vgl. Dogan Merih/ Bochum/ Fegeler/ Martens/ Elsbernd (2021), S. 207-208.

⁸⁴ Darstellung in Anlehnung an Bräutigam/ Enste/ Evans/ Hilbert/ Merkel/ Öz (2017), S. 44.

Wie aus der Abbildung 7 hervorgeht, sind positive Ergebnisse in Bezug auf digitale Technologien im medizinischen Bereich zu verzeichnen und das Gesamtbild erscheint positiv. 61 Prozent der befragten Personen stimmten im Großen und Ganzen zu, dass digitale Technik eine Erleichterung für die eigene Arbeit darstellt. 31 Prozent der Umfrageteilnehmer stimmten teilweise zu, sowie acht Prozent verneinten diese Aussage. Durch die digitale Technik wird die Arbeit effektiver und führt zu einer Zeitersparnis, was 44 bis 45 Prozent der Befragten zustimmend angaben und weitere 31 bis 33 Prozent teilweise bestätigten. Wiederrum 22 bis 26 Prozent stimmten dieser Aussage nicht zu. Durch die digitale Technik wurde die Patientenversorgung verbessert und gesteigert. Dies ist für 41 Prozent der Befragten der Fall, 35 Prozent sind teilweise der Meinung und 24 Prozent sind mit der Aussage nicht einverstanden. Der letzte Punkt zeigt das selbstständige Planen der Aufgaben und Tätigkeiten durch die digitale Technik. Der Anteil der Zustimmung liegt bei 30 Prozent, der Anteil der teilweisen Zustimmung und Ablehnung bei 28 Prozent und 42 Prozent. Somit zeigt die Abbildung, dass die Befragten tendenziell positiv darüber denken, dass die digitale Technologie eine positive Auswirkung sowohl auf das medizinische Personal als auch auf die Patienten hat.⁸⁵

Auch durch die Technisierung und den Einsatz von Robotern wird der Arbeitsplatz des medizinischen Personals gefördert und der Pflegeberuf erstrebenswerter. Technologie ist in erster Linie ein Gegenstand oder System, die das Leben, die Tätigkeiten, das Gemeinsame und die Gesellschaft im Allgemeinen bekräftigen und deren Entwicklung zur Entfaltung bringen.⁸⁶

In den vergangenen Jahren hat sich ein neues Konzept zur Bewältigung der Problematiken entwickelt. Neben wirtschaftlichen Lösungsansätzen, technologischen Innovationen in der Patientenbehandlung und -versorgung sowie der kontinuierlichen fachlichen Weiterentwicklung der einzelnen Berufsgruppen im Gesundheitswesen. Zu den gesetzten Zielen gehört die interdisziplinäre Zusammenarbeit. Auch im Hinblick auf die Anwerbung und Bindung von Mitarbeitern sind effektive Zusammenarbeit und ein positives soziales Arbeitsumfeld ebenfalls Schlüsselfaktoren.

Roboter auf Organisationsebene können Logistik- und Organisationsprozesse durch Transport, Reinigung, Nachtsicherheitsroboter, Telepräsenzgeräte und mehr verbessert

⁸⁵ Vgl. Bräutigam/ Enste/ Evans/ Hilbert/ Merkel/ Öz (2017), S. 44-45.

⁸⁶ Vgl. Dogan Merih/ Bochum/ Fegeler/ Martens/ Elsbernd (2021), S. 197.

und effizienter gestaltet werden. Außerdem können neue Behandlungs- und Therapiemethoden entwickelt werden. Beispiele hierfür wären Roboter, die beim Training helfen oder virtuelle Therapeuten. Dies kann ein Beitrag zur Steigerung der Attraktivität der Einrichtung und zur Verbesserung der Motivation von Patienten und Therapeuten sein.⁸⁷

⁸⁷ Vgl. Becker/ Scheermesser/ Früh/ Treusch/ Auerbach/ Hüppi/ Meier (2013), S. 193.

5 Risiken beim Einsatz von Robotern im Krankenhaus

Der steigende Einsatz von Robotern in Krankenhäusern ermöglicht eine positive Entwicklung. In diesen vielversprechenden Anwendungsbereichen verbergen sich jedoch reale Herausforderungen und Risiken. Der Robotereinsatz stellt hohe Anforderungen an die juristische, technologische und ethische Reflexion, die einer kritischen Betrachtung bedürfen.

Dieses Kapitel zielt darauf ab, die möglichen Gefahren des Einsatzes von Robotern in Krankenhäusern zu erläutern. Hierbei wird ein genauerer Einblick auf die Risiken des Robotereinsatzes dargelegt, die zwar innovativer, aber auch komplexer ist.

5.1 Datenschutz- und Sicherheitsaspekte

Die Verwendung von Robotern in Krankenhäusern wirft einige datenschutzrechtliche Fragen und Probleme auf. Das betrifft insbesondere die Nutzung personenbezogener Daten, die für einige Roboter unerlässlich sind.

Bei der Sammlung und Verarbeitung von Daten durch Roboter muss der Schutz personenbezogener Informationen sichergestellt werden, sodass Unbefugte keinen Zugriff erhalten. Daher stehen die Integrität und Vertraulichkeit der Gesundheitsdaten im Vordergrund. Insbesondere muss geklärt werden, welche Datenschutzgesetze angewendet werden können und inwieweit der Roboter einen neuen Zustand schafft. Der Schutz der Privatsphäre und des Datenschutzes ist für die Nutzer von großer Bedeutung. Sie müssen sich mit der Nutzung von Daten einverstanden erklären.⁸⁸

Für Praxen beziehungsweise Krankenhäuser müssen Verträge für diese Leistungen abgeschlossen werden. Dadurch wird darauf hingewiesen, dass zukünftig ein solcher Vertrag eingeführt wird, da anstelle einer menschlichen Pflegekraft ein Assistenzroboter

⁸⁸ Vgl. Becker/ Scheermesser/ Früh/ Treusch/ Auerbach/ Hüppi/ Meier (2013), S. 89-90.

eingesetzt wird. Um einen Vertrag mit dem Beteiligten abzuschließen, ist die Verarbeitung der personenbezogenen Daten zur Umsetzung des Vertrages nach Art. 6 Abs. 1 lit. b) der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) erforderlich.⁸⁹ Dieser Artikel der DSGVO beschreibt,

„die Verarbeitung ist für die Erfüllung eines Vertrages, dessen Vertragspartei die betroffene Person ist, oder zur Durchführung vorvertraglicher Maßnahmen erforderlich, die auf Anfrage der betroffenen Personen erfolgen.“⁹⁰

Der Pflegevertrag kann auch dann in Kraft treten, wenn robotische Assistenz inkludiert wird.

Eine Herausforderung ist, die persönlichen Daten nach Art. 4 Nr. 15 DSGVO darzulegen. Dieser Artikel der DSGVO bezieht sich auf sämtliche Dienstleistungen und Ereignisse, die mit personenbezogenen Daten in Verbindung stehen. Die Gesundheitsdaten sind im Vergleich zu personenbezogenen Daten sicherer geschützt. Außerdem soll der Roboter eine Dokumentation über den Behandlungsverlauf des Menschen führen, wie beispielsweise über Behandlungspläne, klinische Bilder sowie gegenwärtige Gefühle. Eine Einwilligung zur Verarbeitung der Gesundheitsdaten des Pflegeroboters ist gemäß Art. 9 Abs. 2 lit. a) DSGVO erforderlich. Dieser Artikel der DSGVO betrifft die Verarbeitung der personenbezogenen Daten nach ihrer Einwilligung. Die besonderen Begriffe von personenbezogenen Daten bestehen aus⁹¹

„ethnische Herkunft, politische Meinungen, religiöse oder weltanschauliche Überzeugungen oder die Gewerkschaftszugehörigkeit, sowie die Verarbeitung von genetischen Daten, biometrischen Daten zur eindeutigen Identifizierung.“⁹²

Für die Patienten ist die Aufklärung über ihre Rechte von großer Bedeutung. Um ihre Daten über den Roboter zu erfassen beziehungsweise zu verarbeiten, müssen Patienten diesbezüglich aufgeklärt werden und nach ihrer Einwilligung kann dies erst geschehen. Die Erfassung von Patientendaten sollte sich auf das Wesentliche beschränken. Die

⁸⁹ Vgl. Haag (2020), o.S.

⁹⁰ Kelber (2020), S. 149.

⁹¹ Vgl. Haag (2020), o.S.

⁹² Kelber (2020), S. 149.

Folgen von Datenschutzverletzungen könnten nicht nur das Vertrauen der Patienten hemmen, sondern auch rechtliche Konsequenzen zur Folge haben.⁹³

Der Robotereinsatz zur Gesundheitsvorsorge dient dem Zweck, die Rechtsgrundlage anzuwenden. Die Verarbeitung von Daten durch das Fachpersonal oder unter dessen Verantwortung ist eine weitere Bedingung, die erfolgt. Fraglich ist, ob dies genügt, wenn ein Arzt den Vorgang eines Pflegeroboters mittels beispielsweise Monitorings überprüft. Falls der Pflegeanbieter eine andere rechtliche Grundlage für die Datenverarbeitung von Patienten benötigt, ist die Einwilligung des Patienten notwendig.⁹⁴

Zugleich sind durch die wachsende Vernetzung von Patientendaten im medizinischen Bereich diese für die Cyberkriminalität anfälliger, besonders in Bezug auf den Diebstahl und Manipulation sensibler Patientendaten. Es ist unerlässlich, die Risiken und Nebenwirkungen der künstlichen Intelligenz (KI) zu kennen. Das IT-Sicherheitsgesetz, welches 2015 eingeführt wurde, zielt darauf ab, die Sicherheit der informationstechnischen Systeme zu verbessern. Aus diesem Grund wurde in medizinischen Einrichtungen angeordnet, die IT-Sicherheit zu befolgen.⁹⁵

Um das Vertrauen der Patienten aufrechtzuerhalten, dass die Roboter verantwortungsbewusst eingesetzt werden, ist es wichtig diese Datenschutz- und Sicherheitsaspekte zu berücksichtigen.

5.2 Haftung bei der Anwendung von Robotern

Hinter den vielversprechenden Fortschritten verbirgt sich eine komplexe Frage, die weitreichende Konsequenzen für die Gesundheitsbranche haben könnte – die Frage der Haftung. Von fehlerhafter Programmierung bis zu den ethischen Fragen der Autonomie.

Der Einsatz von Robotern in Krankenhäusern ist schwer vorhersehbar und bringt eine Vielzahl potenzieller Risiken mit sich. Robotergestützte Systeme verursachen häufig

⁹³ Vgl. Christaller/ Decker/ Gilsbach/ Hirzinger/ Lauterbach/ Schweighofer/ Schweitzer/ Sturma (2001), S. 165.

⁹⁴ Vgl. Haag (2020), o.S.

⁹⁵ Vgl. Zimmermann/ Höffgen (2022), S. 181-182.

Schäden, die nicht einfach nachgewiesen oder zumindest nicht eindeutig einer bestimmten Person zugeordnet werden können. Dies birgt das Risiko, dass die betroffenen Personen ohne Schutz bleiben. Außerdem sind Ärzte und medizinisches Personal besorgt darüber, dass sie für die Verwendung von Robotern verantwortlich gemacht werden könnten. Zum Beispiel, wenn der Roboter sich nach Behandlungsentscheidungen im System als defekt erweist. Auch das medizinische Personal kann zur Rechenschaft gezogen werden, wenn sie einen Roboter nutzen, der dem Patienten die falschen Medikamente verabreicht.⁹⁶

Daher gibt es noch keine endgültige Klärung darüber, wie aus rechtlicher Perspektive mit solchen Unsicherheiten umgegangen werden kann. Aus diesem Grund nehmen Experten an, dass die rechtlichen Risiken mit wachsender Maschinenautonomie steigen werden. Für Arbeitgeber, die sich dazu entscheiden, eine neue Servicerobotik einzuführen, führt dies zu Hemmungen hinsichtlich der Akzeptanz bei den Arbeitgebern. Dies gilt insbesondere, wenn Roboter in der Pflege mit ungeschulten Pflegekräften interagieren.⁹⁷ Hier besteht für beide Seiten ein Haftungsrisiko, auch wenn dies je nach Art der Interaktion nicht immer zweckmäßig erscheint.⁹⁸

Praktizierende Anwälte stehen häufig vor der Herausforderung einen deutlichen kausalen Zusammenhang zwischen den haftungsbegründenden rechtswidrigen Handlungen und dem Schadensfall zu belegen. Beweise für eine Fehlhandlung bestimmter Betroffener zeigen sich als anspruchsvoll, insbesondere in Anbetracht der Menge unterschiedlicher Beteiligter, die an der Produktion von Servicerobotern beteiligt sind. Neben dem Roboterkooperator sind Angestellte, Entwickler der Roboter, Systemintegratoren, Programmierer oder Anbieter der Plattformen am Betrieb des Roboters beteiligt und können gesamtschuldnerisch für die Problematiken verantwortlich sein, die zum Fehler und Schaden geführt haben. Daher ist es schwierig, die eindeutige Verantwortung einzelner Akteure zu bestimmen.⁹⁹

⁹⁶ Vgl. Beck/ Faber/ Gerndt (2023), S. 252.

⁹⁷ Vgl. Stubbe/ Mock/ Wischmann (2019), S. 19.

⁹⁸ Vgl. Beck/ Faber/ Gerndt (2023), S. 252.

⁹⁹ Vgl. Stubbe/ Mock/ Wischmann (2019), S. 18-19.

Gemäß § 630a Abs. 2 des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB) ist eine Behandlung nach den wissenschaftlich-medizinischen Richtlinien durchzuführen.¹⁰⁰ § 630a Abs 2. BGB besagt,

„die Behandlung hat nach den zum Zeitpunkt der Behandlung bestehenden, allgemein anerkannten fachlichen Standards zu erfolgen, soweit nicht etwas anderes vereinbart ist.“¹⁰¹

In den meisten Situationen ist der Einsatz von computergestützten Robotern nicht mit den Standards vergleichbar. Jedoch können sich Arzt und Patient einvernehmlich darauf einigen, den medizinischen Standard nicht einzuhalten, siehe § 630a Abs. 2 Hs. 2 BGB. Der Arzt haftet für den verursachten Schaden und die Verletzung seiner Fürsorgepflicht. Ein Dermatologe, der sich auf einen Roboter verlässt, um beispielsweise ein Melanom als nicht schwerwiegend einzustufen, kann somit strafrechtlich verfolgt werden, wenn er die Behandlung nicht selbst durchführt. Gleiches gilt für das medizinische Personal.¹⁰²

Zur Beurteilung des Sorgfaltsmaßstabs gibt es beschränkte Methoden für den Robotereinsatz. Der Sorgfaltsmaßstab beurteilt das Verhalten des Probanden nach diesem Standard.¹⁰³ Dazu gehören hinzukommende dauerhafte Systemprüfungen. Allerdings ist es möglich, bestimmte Systeme nicht einzusetzen. Beispielsweise wenn Patienten krankheitsbedingt das System nicht richtig beherrschen können. Standards sind jedoch noch in der Entwicklung und ständiger Veränderungen unterworfen.

Auch Systemhersteller, Entwickler und Ausbilder können für Schadenfälle haftbar gemacht werden. Die zivilrechtliche Haftung basiert sowohl auf den allgemeinen Vorschriften des BGB als auch auf dem Produkthaftungsgesetz. Darüber hinaus können die Betroffenen aufgrund der Produkthaftungsvorschriften zur Verantwortung gezogen werden. Hersteller können daher für Körperverletzung und Totschlag bestraft werden, beispielsweise wenn ein Produkt unsachgemäß konstruiert ist und zur Folge ein Mensch stirbt. Auch diejenigen, die computergestützte Systeme trainieren und entwickeln, können als potenziell haftende Personen gelten. In diesem Fall kann je nach Verschulden eine

¹⁰⁰ Vgl. Beck/ Faber/ Gerndt (2023), S. 253.

¹⁰¹ Bundesministerium der Justiz (o. J.), o.S.

¹⁰² Vgl. Beck/ Faber/ Gerndt (2023), S. 253-254.

¹⁰³ Vgl. Maki (o.J.), o.S.

gesamtschuldnerische Haftung der Betroffenen berücksichtigt werden, wodurch eine zusätzliche Haftungsvermutung für die Ansprüche entstehen.¹⁰⁴

Die ethische Verantwortung für Fehler und Missachtungen muss daher sowohl beim Hersteller als auch beim Nutzer, also alle die mit dem Roboter interagieren, liegen. Es ist nicht möglich, generell festzustellen, wer verantwortlich ist, da es auf die Umstände und Handlungen ankommt. Wer Schadensersatz zahlen oder ins Gefängnis gehen muss, ist unklar.¹⁰⁵

5.3 Geringe Akzeptanz der Nutzer

Die geringe Akzeptanz des Robotereinsatzes kann durch verschiedene Faktoren ausgelöst werden. Unkenntnis oder Misstrauen gegenüber der neuen Robotertechnologie spielen häufig eine Rolle, da sie zuvor kaum oder gar keine Berührungspunkte mit der Anwendung eines Roboters hatten. Die Abneigung gegenüber Robotertechnologie beschränkt sich nicht nur auf professionelle Anwender, sondern auch auf nichtprofessionelle Anwender.

Insbesondere Laien haben Ängste, es könne zu einer Abhängigkeit von Hilfssystemen und Assistenzgeräten und somit zu einer Minderung eigenständiger Kompetenzen kommen. Diese Befürchtung hat insbesondere das Pflegepersonal, da die Versorgungsmaßnahmen zu heiklen Situationen führen können und sie dadurch auf die Patienten eingehen und Rücksicht nehmen müssen. Zusätzlich zu der Ausbildung, den Richtlinien sowie den Grundsätzen, die man lernt, benötigt man mehrere Jahre Berufserfahrung. Folglich hat das erfahrene Pflegepersonal die Kompetenz erworben, die individuelle Komplexität einer Situation rasch zu verstehen und zu handeln. Unvorstellbar ist, dass Algorithmen basierend auf diesen Sachverhalt programmiert werden können.

¹⁰⁴ Vgl. Beck/ Faber/ Gerndt (2023), S. 253-254.

¹⁰⁵ Vgl. Bendel (2019), S. 26.

Dieser neue Fortschritt führt zu neuen Aufgaben, wie die Bedienung von Robotern, die zu einem weiteren Aufwand bei den Tätigkeiten führt. Aus diesem Grund kann der Roboter-Einsatz zu einer Veränderung der Arbeitssituation führen, weswegen der Arbeitsbereich möglicherweise Personalkürzungen erleidet. Daher wurden Bedenken geäußert, dass der Prozess unterbrochen werden könnte und das Verständnis dieser Roboter eine Fremdbestimmung hervorruft und dadurch zusätzliche Belastungen nach sich ziehen. Von einem Arbeitsplatzverlust kann dann angenommen werden, wenn das Tätigkeitsfeld umfassend automatisiert wird.¹⁰⁶

Das Verhältnis zwischen dem Gesundheitspersonal und den Pflegebedürftigen ist die Grundlage für Vorbeugung, Diagnose, Behandlung und Heilung. Diese Aspekte führen dazu, dass anspruchsvolle Situationen schnell erfasst, dokumentiert und präzise beurteilt werden können. Dies ermöglicht es dem Patienten Aktivitäten zu unterstützen, Medikamente einzunehmen und diverse weitere Punkte.¹⁰⁷

Die Hauptsorge der Nutzer ist die Befürchtung, dass der menschliche Kontakt zwischen dem medizinischen Personal und den Patienten abnimmt, wenn Roboter Menschen ersetzen. Zudem wird befürchtet, dass aufgrund der Pflege durch Roboter die Einsamkeit für viele alleinlebende Personen intensiviert wird.¹⁰⁸ Das Pflegepersonal ist sich der Möglichkeit bewusst, dass die Roboter eine negative Auswirkung auf ihre Arbeit haben können und dadurch weniger direkten Kontakt zu Patienten besteht. Es birgt die Gefahr von Diagnose- und Behandlungsfehlern, wenn der Zustand des Patienten nicht aufgenommen wird.¹⁰⁹

Selbst nicht professionelle Benutzer hegen Zweifel gegenüber der Robotik. Sie fühlen sich beobachtet und empfinden einen Verlust der Selbstbestimmung. Vor allem für gefährdete Gruppen besteht die Gefahr, dass, ohne ihre Zustimmung, Pflege geleistet wird, was ethische Fragen aufwirft. Den Laien wird mehr Verantwortung zugewiesen, durch die Verlagerung der Pflege in die ambulante Station. Möglicherweise empfinden die Nutzer eine Überlastung der Nutzung und Anwendung des Geräts oder beurteilen diese falsch. Weniger persönliche soziale Kontakte bedeuten, dass sie Gefahr laufen,

¹⁰⁶ Vgl. Becker (2018), S. 240.

¹⁰⁷ Vgl. Becker/ Scheermesser/ Früh/ Treusch/ Auerbach/ Hüppi/ Meier (2013), S. 192.

¹⁰⁸ Vgl. Becker (2018), S. 239.

¹⁰⁹ Vgl. Becker/ Scheermesser/ Früh/ Treusch/ Auerbach/ Hüppi/ Meier (2013), S. 193.

unter den Folgen von Fehlentscheidungen zu leiden. Auch die Gefährdung ihrer Gesundheit sowie Widerstandsfähigkeit wirft Kritik auf.¹¹⁰

Ein weiterer Aspekt, der zur Skepsis der Nutzer führt, ist die kontinuierliche Überwachung durch die Sensoren. Auch der Verlust ihrer Privatsphäre sowie die Ungewissheit, ihre Messergebnisse falsch zu interpretieren und sich nicht an das Fachpersonal wenden zu können verleitet zur Kritik.¹¹¹

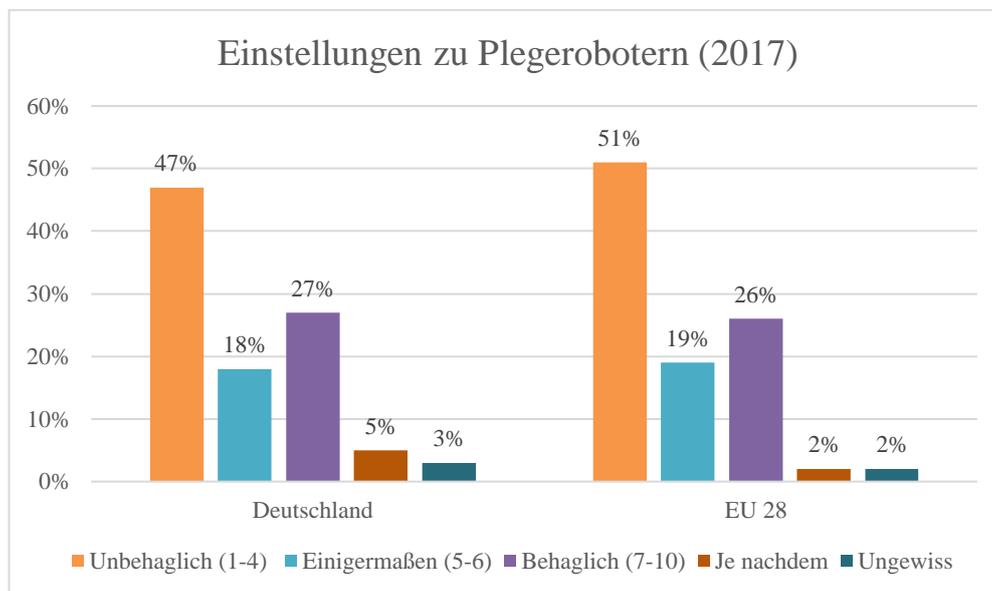


Abb. 8: Einstellungen zu Plegerobotern (2017)¹¹²

In diesem Schaubild (Abb. 8) wird aufgezeigt, welche Einstellung Menschen gegenüber Plegerobotern hinsichtlich der geleisteten Dienstleistungen sowie der Gesellschaft gegenüber den Pflegebedürftigen in Deutschland und in der Europäischen Union (EU). Die Antworten der Befragten wurden auf einer 10-Punkte-Skala aufgelistet. Die Punkte eins bis vier zeigen eine negative Ansicht bezüglich der Plegeroboter, wohingegen die Punkte fünf bis sechs eine halbwegs akzeptable Einstellung darstellen. Die Punkte sieben und zehn stellen die Akzeptanz des Einsatzes von Robotern dar. In diesem Schaubild sind auch die Antworten der Menschen, die entweder von einer bestimmten Situation abhängen oder sich nicht im Klaren sind. Dieses Diagramm stellt dar, dass der Einsatz

¹¹⁰ Vgl. Becker/ Scheermesser/ Früh/ Treusch/ Auerbach/ Hüppi/ Meier (2013), S. 193.

¹¹¹ Vgl. Becker (2018), S. 239.

¹¹² Darstellung in Anlehnung an Hampel/ Kropp/ Störk-Biber (2019), S. 19.

von Pflegerobotern in Deutschland und der EU noch sehr gering ausfällt. 47 Prozent der deutschen Bevölkerung ist der Meinung, dass der Einsatz bei ihnen Unbehaglichkeit auslöst und eine negative Haltung zu diesem Aspekt hervorruft. Andererseits empfindet 18 Prozent des Volkes eine eingeschränkte Einstellung gegenüber Pflegerobotern. Im Vergleich zu Deutschland ist die Abneigung in der EU wesentlich stärker. Die Prozentzahl der Ablehnung liegt bei 51 Prozent und die Durchschnittsklasse bei 19 Prozent. Die Werte der Skala sind in den vergangenen Jahren deutlich weiter in den negativen Bereich gerückt.¹¹³

5.4 Negative Auswirkungen auf den Arbeitsplatz

Da sich die Technologie in Krankenhäusern ständig verändert, wirft dies beim medizinischen Personal skeptische Fragen auf. Sie befürchten, dass dies zum Verlust des Arbeitsplatzes führen könnte, was ein wichtiges ethisches und soziales Problem darstellt. Durch den Robotereinsatz, die automatisierte Aufgaben übernehmen, stellt dies eine Bedrohung für die menschliche Arbeit dar. Dies könnte insbesondere schwerwiegende Auswirkungen auf das Pflegepersonal haben, das bisher eine Schlüsselrolle in der Patientenversorgung spielt.

Die Implementierung von Mensch-Roboter-Kollaboration (MRK) in der Industrie kann auch unter dem Gesichtspunkt der Rationalisierung betrachtet werden. Die Angst ihren Job zu verlieren führt häufig dazu, dass sich die Mitarbeiter gegen die Integration wehren, da davon ausgegangen wird, dass die Kosten für die Investition in Roboter voraussichtlich durch Arbeitsplatzverluste ausgeglichen werden.¹¹⁴ Mit dem zunehmenden Einsatz von automatisierten Robotern in der Medizin rücken immer mehr Tätigkeiten in den Aufgabenbereich der Roboter, die bisher von Menschen durchgeführt wurden, woher auch die Angst des Personals vor dem Verlust des Arbeitsplatzes herrührt.¹¹⁵

¹¹³ Vgl. Hampel/ Kropp/ Störk-Biber (2019), S. 18-19.

¹¹⁴ Vgl. Kuhlenkötter/ Hypki (2020), S. 85-86.

¹¹⁵ Vgl. Stubbe/ Mock/ Wischmann (2019), S. 17.

Für viele Arbeitgeber besteht die größte Herausforderung darin, den Fachkräftemangel zu beheben und genügend Fachkräfte für die Bewältigung künftiger Herausforderungen zu begeistern. Sie sind besorgt über die Lücke, die durch die Implementierung von Servicerobotern geschlossen werden muss.¹¹⁶ Der Robotereinsatz modifiziert die Arbeitsumgebungen, sowie die Prozesse und Pflegeaufgaben. Neue Aufgaben und Verfahren können zusätzlichen Stress verursachen und die Fähigkeit des Pflegepersonals beeinträchtigen tatsächlich mit den Patienten zu arbeiten.¹¹⁷ Das jüngere Personal ist bei der Integration von robotergestützten Systemen offener als das ältere Personal. Ältere Mitarbeiter hegen häufiger Zweifel und Bedenken, ob sie die notwendigen Fähigkeiten besitzen, um diese Systeme ordnungsgemäß bedienen zu können. Die Zurückhaltung der Mitarbeiter resultiert aus dem Bedarf an zusätzlicher Schulung oder der Anforderung, über viele Jahre bewährte Prozesse zu ändern. Die besorgten Mitarbeiter gehen davon aus, dass die Verwendung von Robotern die Qualität der Leistungsergebnisse verschlechtern wird. Die Sorgen sind nicht nur aufgrund finanzieller Verluste, sondern auch aufgrund der Verminderung der Lebensqualität. Die Angst vor Verlust ist dabei das eigentliche Problem des medizinischen Personals. Aus diesem Grund schafft der Robotereinsatz Zweifel und Hindernisse für die Akzeptanz.¹¹⁸

Das medizinische Personal trägt die Verantwortung, dass schwierige Situationen schnell erkannt, erfasst und beurteilt werden. Sie stellen sicher, dass Patienten bei Aktivitäten, wie bei der Einnahme von Medikamenten mithelfen. Daher erfolgen Entscheidungen oft unter Zeitdruck und können nicht auf Vorschriften basieren, die in Algorithmen umgewandelt werden können. Professionelle Benutzer können entscheiden, wann sie die Regeln ändern sollen. Deshalb birgt die Übertragung der Entscheidungen an Roboter Risiken. Aus diesem Grund sollte die Entscheidungsfindung nicht den automatisierten Robotern überlassen werden.¹¹⁹

¹¹⁶ Vgl. Stubbe/ Mock/ Wischmann (2019), S. 17-18.

¹¹⁷ Vgl. Becker/ Scheermesser/ Früh/ Treusch/ Auerbach/ Hüppi/ Meier (2013), S. 78.

¹¹⁸ Vgl. Stubbe/ Mock/ Wischmann (2019), S. 17-18.

¹¹⁹ Vgl. Becker/ Scheermesser/ Früh/ Treusch/ Auerbach/ Hüppi/ Meier (2013), S. 192.

5.5 Kosten und längere Vorbereitungszeiten

Der Einsatz von Robotern im Gesundheitswesen stößt in Deutschland jedoch auf zahlreiche Hindernisse. Die Verkaufszahlen im Bereich Medizinroboter sind im Jahr 2014 zurückgegangen. Die Wirtschaftlichkeit von Robotern im Gesundheitswesen ist derzeit aufgrund der hohen Kosten für die Anschaffung und Wartung von Servicerobotern ein großes Problem. Insbesondere im Bereich der gesetzlichen Krankenversicherung gibt es finanzielle und vergütungsrechtliche Fragen.¹²⁰

Transparente Finanzierungsmechanismen ermöglichen die Finanzierung von Robotertechnologien in der Medizin. Die Kosten im Gesundheitswesen, die durch Robotersysteme entstehen, können nicht eindeutig zugeordnet werden. Es ist dringend erforderlich, dass von Seiten der Politik in diesem Bereich aktiv gehandelt wird. Die Einsatzgebiete, in denen Robotik im Gesundheitswesen angewendet werden soll, muss grundlegend festgelegt werden. Auf dieser Grundlage müssen Finanzierungs- und Erstattungsmöglichkeiten für die robotergestützte Pflege geschaffen werden. Wenn ausreichende finanzielle Mittel vorhanden sind, können eine Anschaffung von Robotern und zeitlich begrenzte Tests finanziert werden. Neben der Krankenversicherung haben auch die Pflege- und Rentenversicherung die Möglichkeit, in fortschrittliche Technologien zu investieren.¹²¹

Die Technologieentwicklung in der Pflege wächst rasant und es werden erhebliche Forschungsressourcen in deren Entwicklung investiert. An erster Stelle stehen sich Pflege- und Serviceroboter sowohl mit als auch ohne künstlicher Intelligenz. Diese motorisierten bzw. technisierten Hilfsmittel sind sehr komplex in ihrer Konstruktion und Anwendung. Dies erklärt, warum die Entwicklung und Implementierung kosten- und zeitintensiv sind. Auch sind die Produkte oft sehr teuer und erfordern meist eine Eigenfinanzierung. Neben der Installation sollen Schulungs- und Wartungsdienstleistungen ebenfalls in Betracht gezogen werden.¹²²

¹²⁰ Vgl. Klein/ Graf/ Schlömer/ Roßberg/ Röhrich/ Baumgarten (2018), S. 08.

¹²¹ Vgl. Klein/ Graf/ Schlömer/ Roßberg/ Röhrich/ Baumgarten (2018), S. 04.

¹²² Vgl. Dogan Merih/ Bochum/ Fegeler/ Martens/ Elsbernd (2021), S. 201.

In diesem Kontext ist anzunehmen, dass die Robotereinsätze begrenzt bleiben, da die hohen Anschaffungs- und späteren Wartungskosten voraussichtlich nicht durch eine beschleunigte Amortisation ausgeglichen werden können. Darüber hinaus muss geklärt werden, wer die Kosten übernehmen soll. Im medizinischen und pflegerischen Bereich ist die Möglichkeit der Refinanzierung technischer Hilfeleistungen durch die Kranken- und Pflegeversicherungsträger wichtig. Wenn dies nicht zutrifft, es ist unwahrscheinlich, dass die Technisierung der Medizin weit verbreitet wird.¹²³

¹²³ Vgl. Dogan Merih/ Bochum/ Fegeler/ Martens/ Elsbernd (2021), S. 211.

6 Schlussbetrachtung

Die vorliegende Bachelorarbeit gibt einen Überblick über den Einsatz von Robotern in Krankenhäusern und die damit verbundenen vielfältigen Chancen und Risiken. Es wurde bewusst auf die Vorteile und komplexen Herausforderungen hingewiesen. Bei der Prüfung dieser Problematik wurden anhand einer eingehenden Literaturrecherche verschiedene Kriterien in Bezug auf Chancen und Herausforderungen ermittelt.

Der technologische Fortschritt in der Medizin bereitet darauf vor, dass eine Einbeziehung von Robotern in Krankenhäusern diskutiert wird. Für viele bieten der Einsatz von Roboter einen Vorteil sowohl für Patienten als auch für medizinisches Personal. Sie helfen dem medizinischen Personal bei der Entlastung der körperlich schweren Arbeit, welche zur besseren und längeren Arbeitsumgebung führt. Auch durch die Anwendung von Onlinestudien wurde bewiesen, dass die digitale Transformation einen erheblichen Eindruck beim medizinischen Personal hinterlassen hat.

Roboter bieten die Möglichkeit, das gesamte Spektrum der Gesundheitsdienstleistungen von präziseren Diagnosen und personalisierten Behandlungsplänen über optimierte chirurgische Eingriffe bis hin zur kontinuierlichen Überwachung zu verbessern und effektiver und effizienter zu gestalten. Andererseits sollte stets gewährleistet sein, dass der Einsatz von Robotern den Bedürfnissen und Werten der Patienten entspricht und dass die Technologie verantwortlich und ethisch eingesetzt wird.

Die Bedenken in Bezug auf die Ethik, soziale und geistige Aspekte, Risiken und ihre Herausforderungen treten auch auf. Auch Datenschutz und -sicherheit gehören zu den Problematiken. Die Patienten befürchten, dass potenzielle Fehler oder Fehlfunktionen von Robotern zu Schwierigkeiten bei der Einbindung oder zu negativen Auswirkungen führen können. Technologie ist für die Menschen nach wie vor ein unerforschtes Gebiet, und möchten verstehen, wie Robotersysteme betrieben werden oder was sie für ihre Gesundheit bedeuten.

Eine Hauptursache der Besorgnis im Zusammenhang mit Robotern in einem Krankenhaus ist der Verlust von Arbeitsplätzen. Wenn Roboter bestimmte Aufgaben ausführen, sind bestimmte Arbeitskräfte in einem Bereich wie der Pflegeanwendung möglicherweise verzichtbar. Darüber hinaus bedeuten hohe Preise für den Kauf und die

Wartung von Robotern sowie für die vollständige Schulung und Integration in das System eine Belastung.

Angesichts der Vielfältigkeit des Einsatzes von Robotern im Krankenhaus kann eine ausführliche Betrachtung bezüglich derer vorteilhaften Chancen sowie ihre komplexen Herausforderungen interessant sein. Außerdem ist eine diskursive Roboteranwendung von Vorteil, um den Patienten zusammen mit dem medizinischen Personal zu bilden und das Verständnis aufbauen. Auf diese Weise kann Unsicherheit behoben werden. Zusammenfassend ist die Anwendung von Robotern sehr neu und bedarf vieler Forschungen.

Welchen Stellenwert die Robotik im Gesundheitswesen in Zukunft einnehmen wird, ist fraglich. Jedoch bin ich davon überzeugt, dass der Robotereinsatz zunehmen wird. Letztendlich hängt der Robotereinsatz von einer Vielzahl von Faktoren ab, inklusive von den Bedürfnissen und Ressourcen des Krankenhauses, der Nutzerakzeptanz und Personalschulung sowie von den ethischen Standards.

Literaturverzeichnis

- Albrecht, R., Haase, D., Zippel, R., Koch, H., Settmacher, U. (2017), Roboterassistierte Chirurgie – Fortschritt oder teures Spielzeug?, in: *Chirurg*, 12 Jg., S. 1040-1045.
- Aldebaran United Robotics Group (o.J.), online im Internet, URL: <https://www.aldebaran.com/de>, Abrufdatum: 14. Februar 2024.
- Bamberg, C., Kasper, N., Korff, M., Herbold, R. (2018), *Moderne Stationsorganisation im Krankenhaus*, Springer, Berlin.
- Beck, S., Faber, M., Gerndt, S. (2023), Rechtliche Aspekte des Einsatzes von KI und Robotik in Medizin und Pflege, in: *Ethik in der Medizin*, 35 Jg., S. 247-263.
- Becker, H. (2018). *Robotik in der Gesundheitsversorgung: Hoffnungen, Befürchtungen und Akzeptanz aus Sicht der Nutzerinnen und Nutzer*, in: Bendel, O. (Hrsg.), *Pflegeroboter*, Springer Gabler, Wiesbaden, S.229-248.
- Becker, H., Scheermesser, M., Früh, M., Treusch, Y., Auerbach, H., Hüppi, R.A., Meier, F. (2013), *Robotik in Betreuung und Gesundheitsversorgung*, vdf Hochschulverlag AG, Zürich.
- Becker, K., Götz, O. (2021). *KI- unterstützte Anwendungen und Potenziale in der Medizin- und Gesundheitstechnologie*, in: Pfannstiel, M. A. (Hrsg.), *Künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen*, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 594-611.
- Beckers, R., Stellmacher, L. (2021), in: Marx, G, Rossaint, R., Marx, N. (Hrsg.), *Telemedizin*, Springer, Berlin, S. 03-08.
- Bendel, O. (2019), *Pflegeroboter aus ethischer Sicht*, in: *Blätter der Wohlfahrtspflege*, 1. Jg., S. 24-27.
- Bendel, O. (2023), *Serviceroboter als klassische und als soziale Roboter*, in: D´Onofrio, S., Meinhardt (Hrsg.), S., *Robotik in der Wirtschaftsinformatik*, Springer Vieweg, S. 41-55.
- Bitterlich, S., Götze, U. (2022), *Pflege 4.0 - Digitale Transformation eines Pflegeunternehmens*, in: Kümpel, T., Schlenkrich, K., Heupel, T (Hrsg.), *Controlling & Innovation 2022*, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 27-60.

- Bräutigam, C., Enste, P., Evans, M., Hilbert, J., Merkel, S., Öz, F. (2017), Digitalisierung im Krankenhaus, Hans-Böckler-Stiftung, Düsseldorf.
- Bundesministerium der Justiz (o.J), Bundesamt für Justiz, online im Internet, URL: https://www.gesetze-im-internet.de/bgb/__630a.html, Abrufdatum: 10. März 2024.
- Christaller, T., Decker, M., Gilsbach, J-M., Hirzinger, G., Lauterbach, K., Schweighofer, E., Schweiter, G., Sturma, D. (2001), Robotik, Springer, Berlin Heidelberg.
- Deutscher Ethikrat (Hrsg.), Robotik für gute Pflege (2020), Online abgerufen am 14. Februar 2024.
- Doctor, E., Buck, C., Eymann, T. (2020), in: Pfannstiel, M. A., Kassel, K., Rasche, C. (Hrsg), Innovationen und Innovationsmanagement im Gesundheitswesen, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 253-272.
- Dogan Merih, Y., Bochum, S., Fegeler, C., Martens, U., Elsbernd, A. (2021), in: Tewes, R., Matzke, C. (Hrsg.), Innovative Personalentwicklung im In- und Ausland, Springer, Berlin, S. 173-213.
- Europäische Kommission (o.J.). Einmalige Produktkennung (UDI), online im Internet, URL: von [https://health.ec.europa.eu/medical-devices-topics-interest/unique-device-identifier-udi_de#:~:text=Die%20einmalige%20Produktkennung%20\(UDI\)%20ist,Produkte%20und%20erleichtert%20deren%20Rückverfolgbarkeit](https://health.ec.europa.eu/medical-devices-topics-interest/unique-device-identifier-udi_de#:~:text=Die%20einmalige%20Produktkennung%20(UDI)%20ist,Produkte%20und%20erleichtert%20deren%20Rückverfolgbarkeit), Abrufdatum: 15. März 2024.
- Evans, J., Krishnamurthy, B., Pong, W., Croston, R., Weiman, C., Engelberger, G. (1989), in: Robotics and Autonomous Systems, HelpMate™: A Robotic Materials Transport System, 5 Jg., S. 251-256.
- Gerst, D. (2020), Mensch-Roboter-Kollaboration - Anforderungen an eine humane Arbeitsgestaltung, in: Buxbaum, H.-J. (Hrsg.), Mensch-Roboter-Kollaboration, Springer Gabler, Wiesbaden, S.145-161.
- Graf, B., Klein, B. (2023), in: Klauber, J., Wasem, J., Beivers, A., Mostert, C. (Hrsg.). Krankenhausreport 2023. Springer, Berlin, S.179-195.

- Haag, N. C. (2020), Dr. Datenschutz, online im Internet, URL: <https://www.dr-datenschutz.de/der-einsatz-von-pflegeroboter-und-die-datenschutzrechtliche-frage/>, Abrufdatum: 1. März 2024.
- Hampel, J., Kropp, C., Störk-Biber, C. (2019), TechnikRadar 2019: Was die Deutschen über Technik denken, Körber-Stiftung, Hamburg.
- Kast, J., Neuhaus, J., Nickel, F., Kenngott, H., Engel, M., Short, E., Reiter, M., Meinzer, H.-P., Maier-Hein, L. (2009), in: Meinzer, H.-P., Deserno, T.M., Handels, H., Tolxdorff, T. (Hrsg.), Bildverarbeitung für die Medizin 2009, Springer, Berlin Heidelberg, S. 92-96.
- Kelber, U. (2020), DSGVO - BDSG, Bonn.
- Keibel, A. (2020), Mensch-Roboter-Kollaboration in der Medizin, in: Buxbaum, H.-J. (Hrsg.), Mensch-Roboter-Kollaboration, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 133-142.
- Klein, B., Graf, B., Schlömer, F., Roßberg, H., Röhricht, K., Baumgarten, S. (2018), Robotik in der Gesundheitswirtschaft, medhochzwei Verlag, Heidelberg.
- Kolodziej, M. (2022), Sächsische DE, online im Internet, URL: <https://www.saechsische.de/hoyerswerda/lokales/wenn-ein-roboter-im-op-saal-unterstuetzt-hoyerswerda-5707732-plus.html>, Abrufdatum: 14. Februar 2024.
- Kremer, L. (2020), Pflegeroboter und Medizinische Informationssysteme - Digitalisierungsansätze des Gesundheitswesens, in: Buxbaum H.-J. (Hrsg.), Mensch-Roboter-Kollaboration, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 223-237.
- Kuhlenkötter, B., Hypki, A. (2020), Wo kann Teamwork mit Mensch und Roboter funktionieren?, in: Buxbaum H.-J. (Hrsg.), Mensch-Roboter-Kollaboration, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 69-89.
- Kübler, B., Seibold, U. (2017), Aktueller Stand und Entwicklung robotergestützter Chirurgie, in Kramme R., Medizintechnik, Springer, Berlin, S. 879-891.
- Konrad, M. (2022), Ethik in der Pflegepraxis und Pflegeforschung, in: Lux, G., Matusiewicz, D. (Hrsg.), Pflegemanagement und Innovation in der Pflege, Springer Gabler, Wiesbaden, S.205-218.
- Lüth, T., Hein, A. (1959), Information Technology, Medizinrobotik, S. 24-30.
- Maier, H. (2019), Grundlagen der Robotik, VDE Verlag, Berlin.

- Maki, M. (o.J.). ANWALT.DE. online im Internet, URL: <https://www.anwalt.de/rechtstipps/sorgfaltspflicht>, Abrufdatum: 15. Februar 2024.
- Mathis-Ulrich, F., Scheikl, P.M. (2020), Robotik im Operationssaal - (Ko-)Operieren mit Kollege Roboter, in: *Der Gastroenterologe*, 16. Jg. S. 25-34.
- Mor, J., Semrau, R., Baus, W., Koch, K.R., Schaub, F., Cursiefen, C., Marnitz, S., Heindl, L.M. (2017), CyberKnife®: Eine neue Therapieoption bei uvealem Melanom, in: *Ophthalmologie*, 115. Jg., S. 302-308.
- Muacevic, A., Wowra, B., Tonn, J.-C. (2007). Strahlenmesser lässt inoperable Tumoren verschwinden, in: *Das Cyberknife: Schmerzfreie Chirurgie der nächsten Generation*, 149 Jg., S. 42-43.
- Müller, M. F. (2014), Eine Einführung, in: *Roboter und Recht*, 5 Jg., S. 595-608.
- Nolte, L.-P., Langlotz F. (1999), Intraoperative Navigationssysteme, in: *Trauma und Berufskrankheit*, 1. Jg., S. 108-115.
- Prymka, M., Hassenpflug, J. (2003), Abbruch des Trochanter minor und Einsinken des Prothesenschafts nach roboterunterstützter Hüftendoprothesenimplantation, in: *Unfallchirurg*, 106 Jg., S. 671-675.
- Rackowsky, J. (2011), Roboterassistierte Chirurgie, in: Bruckamp, K., Laryionava, K., Schweikardt, C., Groß, D. (Hrsg.), *Technisierte Medizin - Dehumanisierte Medizin?*, Kassel University Press, Kassel.
- Schuh, S., Gisa, K., Brünnett, M., Gebert, A., Greff, T., Weber, M. Werth, D. (2023), Mehr Zeit für die Pflege - mit einem multifunktionalen Pflegeroboter zur Entlastung bei der Wunddokumentation, in: D´Onofrio, S., Meinhardt, S. (Hrsg.), *Robotik in der Wirtschaftsinformatik*, Springer Vieweg, Wiesbaden, S.279-296.
- Schwentner, C. (2018), Praktische Erfahrungen mit dem DaVinci-System, in: *Zeitschrift für medizinische Ethik*, 64. Jg., S. 401-405.
- Schäfke-Zell, W. (2023), in: Matusiewicz, D., Martin, A. (Hrsg.), *Smarte Medizin*, hogrefe, Bern. S. 33-39.
- Skibbe, H., Börner, M., Lahmer, A., Wiesel, U. (1999). Computerunterstützte Operationen in der Hüftgelenkendoprothetik, in: *Trauma und Berufskrankheit*, 1. Jg., S.104-107.

- Sommer, B. (2016), RHEIN-NECKAR-ZEITUNG, online im Internet: URL: https://www.rnz.de/region/heidelberg_artikel,-Heidelberg-Das-Cyberknife-der-Heidelberger-Uniklinik-bestrahl-t-winzige-Tumore-punktgenau-_arid,228387.html, Abrufdatum: 23. März 2024.
- Sopova, I. A., Dubrova, V.A., Taranova, E.N. (1973). Kurze Geschichte der Chirurgie. DIE NEUEN CHANCEN FÜR CHIRURGIE DURCH ROBOTER, 77-80.
- Stubbe, J., Mock, J., Wischmann, S. (2019), AKZEPTANZ VON SERVICEROBOTERN: TOOLS UND STRATEGIEN FÜR DEN ERFOLGREICHEN BETRIEBLICHEN EINSATZ, Berlin.
- Thomsen, M., Aldinger, P., Görtz, W., Lukoschek, M., Lahmer, A., Honl, M., Birke, A., Nägerl, H., Ewerbeck, V. (2001), Die Bedeutung der Fräsbahngenerierung für die roboterassistierte Implantation von Hüftendoprothesenschäften, in: Unfallchirurg, 104 Jg., S. 692-699.
- Tausch, A, Kirchhoff, B.M., Adolph, L. (2020), Ein soziotechnisches Systemmodell der Servicerobotik im Pflegekontext, in: Buxbaum, H.-J. (Hrsg.), Mensch-Roboter-Kollaboration, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 241-254.
- Wallenfels, M. (2016). ÄrzteZeitung, online im Internet, URL: <https://www.aerztezeitung.de/Politik/Werden-wir-bald-von-Robotern-versorgt-304203.html>, Abrufdatum: 8. Februar 2024.
- Watson, R. (2014). 50 Schlüsselideen der Zukunft, Springer Spektrum, Berlin Heidelberg.
- Wilhelm, D., Koller, S., Vogel, T., Ostler, D., Kranzfelder, M. (2018) Computerunterstützte Chirurgie, in: colorproctology, 40. Jg., S. 102-108.
- Winter, V., Schreyögg, J., Blume, K.S. (2023), in: Klauber, J., Wasem, J., Beivers, A., Mostert, C. (Hrsg.), Krankenhausreport 2023, Springer, Berlin, S. 59-161.
- Wirth, L., Siebenmann, J., Gasser, A. (2020), Erfahrungen aus dem Einsatz von Assistenzrobotern für Mensch im Alter, in: Buxbaum, H.-J. (Hrsg.), Mensch-Roboter-Kollaboration, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 257-277
- Zimmermann, S., Höffgen, K.U. (2022), Künstliche Intelligenz im Krankenhaus, in: Grinblat, R., Etterer, D., Plugmann, P. (Hrsg.), Innovationen im Gesundheitswesen, Springer Gabler, Wiesbaden, S. 175- 192.

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich,

1. dass ich die vorliegende Bachelorarbeit selbstständig und ohne Benutzung anderer als den angegebenen Hilfsmitteln angefertigt habe.
2. dass ich alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nichtveröffentlichten Schriften entnommen wurden, als solche kenntlich gemacht habe.
3. dass ich diese Arbeit bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt habe.
4. dass ich das Thema der Bachelorarbeit bisher weder im In- noch im Ausland einem Prüfer in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Mir ist bekannt, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben kann.

Günzburg, den 03.04.2024

.....
Ort, Datum



.....
Unterschrift