

Aus der  
Berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik  
Klinik für Unfall- und Wiederherstellungschirurgie  
an der Universität Tübingen

**Der Einfluss von kardiovaskulären Erkrankungen auf die  
postoperative Komplikationsrate in der Orthopädie und  
Unfallchirurgie**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

vorgelegt von

**Mühlberger, Larissa**

**2025**

Dekan:

Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter:

Professor Dr. A. Nüssler

2. Berichterstatter:

Professor Dr. O. Borst

Tag der Disputation:

18.11.2025

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>4</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> .....	<b>5</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis</b> .....	<b>6</b>
<b>1 Einleitung</b> .....	<b>7</b>
1.1    Gesellschaftlicher Stellenwert der Unfallchirurgie, der Orthopädie und der Alterstraumatologie .....	7
1.2    Definition von postoperativen Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie .....	9
1.3    Patientenbezogene und wirtschaftliche Aspekte von postoperativen Komplikationen.....	10
1.4    Gesellschaftlicher Stellenwert von kardiovaskulären Erkrankungen und Risikofaktoren .....	11
1.5    Definition kardiovaskulärer Erkrankungen und therapeutische Ansätze .....	13
1.6    Definition kardiovaskulärer Risikofaktoren .....	15
1.7    Erfassung und Berechnung von Risikoprofilen im Rahmen von Screening-Untersuchungen .....	17
1.8    Automatisierte und teilautomatisierte Screening-Untersuchungen.....	19
1.9    Ziel der vorliegenden Studie und Hypothesenbeschreibung .....	21
<b>2 Material und Methoden</b> .....	<b>23</b>
2.1    Studiendesign und Begutachtung durch die Ethikkommission .....	23
2.2    Datenerfassung und Zeitraum der Patientendatenbearbeitung.....	23
2.3    Datenbearbeitung.....	24
2.4    Erhobene Parameter und Klassifikationssysteme .....	25
2.4.1  Erhobene Parameter anhand standardisierter Abfragen .....	25
2.4.2  Standardisierte und evaluierte Fragebögen.....	26
2.4.3  Erhobene Patientendaten bei der Datenbankerweiterung .....	27
2.4.4  Klassifikationssysteme .....	28
2.5    Einteilung des Patientenkollektivs .....	32
2.6    Statistische Auswertung .....	33
<b>3 Ergebnisse</b> .....	<b>35</b>
3.1    Patientenkollektiv .....	35
3.1.1  Patientenanzahl.....	35
3.1.2  Allgemeine Parameter .....	36

3.1.3	Häufigkeiten der kardiovaskulären Erkrankungen .....	38
3.1.4	Häufigkeiten der kardiovaskulären Medikamente .....	39
3.1.5	Verteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren.....	40
3.2	Hypothesenbeschreibung .....	43
3.2.1	Ergebnisse 1. Hypothese .....	43
3.2.2	Ergebnisse 2. Hypothese .....	52
3.2.3	Ergebnisse 3. Hypothese .....	57
3.3	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	68
<b>4</b>	<b>Diskussion.....</b>	<b>69</b>
4.1	Kritische Betrachtung der untersuchten Kohorte.....	69
4.1.1	Kardiovaskuläre Risikofaktoren .....	69
4.1.2	Kardiovaskuläre Erkrankungen.....	72
4.1.3	Medikationen in Bezug auf kardiovaskuläre Erkrankungen .....	74
4.2	Kritische Betrachtung der Klassifikationssysteme zur präoperativen Risikobeurteilung.....	75
4.3	Kritische Betrachtung der aufgestellten Hypothesen.....	77
4.3.1	Hypothese 1: Alter als Risikofaktor für postoperative Komplikationen .....	77
4.3.2	Hypothese 2: Kardiovaskuläre Erkrankungen als Prädiktor für postoperative Komplikationen.....	79
4.3.3	Hypothese 3: Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Risikofaktoren und der postoperativen Komplikationsrate .....	81
4.4	Limitationen der Studie .....	87
4.5	Ausblick und Konsequenzen der Studienergebnisse .....	89
4.5.1	Empfehlungen für die optimierte Datenerfassung.....	89
4.5.2	Erkenntnisse für die klinische Umsetzung und zukünftige Strategien .....	92
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>94</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>96</b>
	<b>Erklärung zum Eigenanteil .....</b>	<b>108</b>
	<b>Danksagung.....</b>	<b>109</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht über den Ablauf der Erhebung und die Bearbeitung der Patientendaten .....	24
Abbildung 2: Einteilung der Patientengruppen zum Untersuchungszeitpunkt anhand der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo in Gruppe 1 bis 4 ....	32
Abbildung 3: Flussdiagramm mit Anzahl der Patienten in den einzelnen Gruppen .....	35
Abbildung 4: Histogramm Altersverteilung zum Zeitpunkt der Patientenaufnahme .....	36
Abbildung 5: Geschlechterverteilung mit der Altersverteilung in 10 Jahres-Abständen .....	37
Abbildung 6: BMI als kardiovaskulärer Risikofaktor bezogen auf das Geschlecht .....	42
Abbildung 7: Postoperative Komplikationen bezogen auf das Alter in 10 Jahres-Abständen .....	43
Abbildung 8: Alter in 10 Jahres-Abständen mit Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen .....	44
Abbildung 9: Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen bezogen auf das Alter und das Geschlecht.....	47
Abbildung 10: Alter in 10 Jahres-Abständen mit Anzahl der kardiovaskulären Medikamente .....	48
Abbildung 11: Anzahl der kardiovaskulären Medikamente bezogen auf das Alter und das Geschlecht.....	51
Abbildung 12: Anzahl kardiovaskulärer Erkrankungen in den Gruppen 1 - 4....	55
Abbildung 13: Anzahl kardiovaskulärer Medikamente in den Gruppen 1 - 4 ....	55

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gruppeneinteilung anhand des BMI .....	26
Tabelle 2: Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo in 5 Grade mit Maßnahmen der Komplikationsbehandlung .....	28
Tabelle 3: ASA-Klassifikationssystem .....	29
Tabelle 4: 7-Tage-Letalität in Prozent anhand der ASA-Klassifikation .....	29
Tabelle 5: Relevante Nebenerkrankungen zur Berechnung des CCI .....	30
Tabelle 6: 1-Jahres-Mortalitätsrate in Prozent anhand des CCI .....	31
Tabelle 7: Geschlechterverteilung bezogen auf das Alter in 10 Jahres- Abständen .....	37
Tabelle 8: Häufigkeiten der erhobenen kardiovaskulären Erkrankungen .....	38
Tabelle 9: Häufigkeiten der erhobenen kardiovaskulären Medikamente .....	39
Tabelle 10: Übersicht der erhobenen kardiovaskulären Risikofaktoren .....	40
Tabelle 11: Postoperative Komplikationen bezogen auf das Alter in 10 Jahres- Abständen .....	44
Tabelle 12: Absolute und prozentuale Häufigkeiten der kardiovaskulären Erkrankungen .....	45
Tabelle 13: Altersmittelwerte der kardiovaskulären Erkrankungen .....	46
Tabelle 14: Absolute und prozentuale Häufigkeiten der kardiovaskulären Medikamente .....	49
Tabelle 15: Altersmittelwerte der kardiovaskulären Medikamente .....	49
Tabelle 16: Anzahl kardiovaskulärer Erkrankungen und Medikamente zum Untersuchungszeitpunkt .....	52
Tabelle 17: Anzahl kardiovaskulärer Erkrankungen und Medikamente in den Gruppen 1 - 4 .....	54
Tabelle 18: Kardiovaskuläre Erkrankungen und Medikamente in den Gruppen 1 - 4 für den p-Wert gilt: 1= Chi-Quadrat-Test; 2 = Exakter Test nach Fisher .....	56
Tabelle 19: Präoperative Risikofaktoren in den Gruppen 1 bis 4 für den p-Wert gilt: 1 = Varianzanalyse (ANOVA); 2 = Chi-Quadrat-Test .....	58
Tabelle 20: Regressionsanalyse der einzelnen präoperativen Risikofaktoren bei Patienten nach einer Erstoperation .....	62
Tabelle 21: Regressionsanalyse der einzelnen präoperativen Risikofaktoren bei Patienten nach einer Revisionsoperation .....	63
Tabelle 22: Multifaktorielle Regressionsanalyse der präoperativen Risikofaktoren bei Patienten nach einer Erstoperation .....	65
Tabelle 23: Multifaktorielle Regressionsanalyse der präoperativen Risikofaktoren bei Patienten nach einer Revisionsoperation .....	66

## Abkürzungsverzeichnis

ADP	Adenosindiphosphat
aHT	Arterielle Hypertonie
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
AP	Angina pectoris
ASA	American Society of Anaesthesiologists
ASS	Acetylsalicylsäure
BMI	Body Mass Index
CCI	Charlson-Komorbiditätsindex
COX	Cyclooxygenase
CVI	Chronisch venöse Insuffizienz
CVRF	Kardiovaskuläre Risikofaktoren
DDD	Definierte Tagesdosen
DOAK	Direkte orale Antikoagulanzen
EKG	Elektrokardiogramm
ESC	European Society of Cardiology
kg	Kilogramm
KHK	Koronare Herzkrankheit
KI	Konfidenzintervall
KI	Künstliche Intelligenz
LAE	Lungenarterienembolie
MI	Myokardinfarkt
MICA	Myocardial Infarction and Cardiac Arrest
NRS	Nutrition Risk Score
DOAK	Direkte orale Antikoagulanzen
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PY	Pack Years
SD	Standardabweichung
SGLT2	Sodium-Glukose-Transporter-2-Inhibitoren
SPSS	Statistical Package für Social Sciences
SWI	Siegfried-Weller-Institut
TEP	Totalendoprothese
TIA	Transitorische ischämische Attacke
WHO	World Health Organization

## **1 Einleitung**

### **1.1 Gesellschaftlicher Stellenwert der Unfallchirurgie, der Orthopädie und der Alterstraumatologie**

Die Fachgebiete Orthopädie und Unfallchirurgie umfassen die Diagnostik, Behandlung und Prävention von Erkrankungen und Verletzungen des Bewegungsapparates, diese betreffen in der Regel Knochen, Gelenke, Muskeln, Faszien, Sehnen und Bänder. Konservative und operative Ansätze werden kombiniert, um die Mobilität und die Lebensqualität der Patienten zu erhalten oder wiederherzustellen.

In Deutschland werden in diesem Fachgebiet viele stationäre Operationen durchgeführt. Es zeigten sich bis ins Jahr 2019 stetig ansteigende Operationszahlen bis zu 17,3 Millionen Operationen pro Jahr [1]. Diese Zahl ist jedoch durch die Corona-Pandemie in den folgenden Jahren auf ca. 15,8 Millionen Operationen pro Jahr eingebrochen, was auf das Aussetzen von Elektiveingriffen, die Verringerung der Betten- und Operationskapazität sowie auf die Umverteilung des Personals zurückzuführen war [1, 2]. Dennoch wurden im Jahr 2022 deutschlandweit 15,9 Millionen Operationen im stationären Setting verzeichnet [1]. Langfristig ist jedoch erneut mit einer Zunahme der Operationszahlen zu rechnen. Im Jahr 2023 erhöhte sich die Anzahl der deutschlandweit durchgeführten Operationen bei stationären Patienten wieder auf 16,5 Millionen [3].

In den jeweiligen Fachgebieten werden sowohl akute Verletzungen als auch chronische Erkrankungen des Stütz- und Bewegungsapparates behandelt, was insbesondere in einer alternden Bevölkerung von erheblicher Bedeutung ist.

Der demografische Wandel in Deutschland manifestiert sich durch eine kontinuierlich abnehmende Zahl junger Menschen und eine zunehmende Zahl älterer Menschen. Derzeit ist jede zweite Person älter als 45 Jahre und jede fünfte Person älter als 66 Jahre [4]. Trotz der leichten Verjüngung der Bevölkerung durch Zuwanderung bleibt der Prozess der Überalterung bestehen und wird sich in Zukunft weiter beschleunigen [5]. Insbesondere wird die Anzahl der Menschen im Alter von über 80 Jahren kontinuierlich ansteigen [4].

Daher wird in Zukunft die Alterstraumatologie, als Teilbereich der Unfallchirurgie, zunehmend an Wichtigkeit gewinnen, insbesondere angesichts der demografischen Entwicklung und der Zunahme altersbedingter Verletzungen und Erkrankungen. Die Alterstraumatologie ist auf die Versorgung älterer Patienten spezialisiert. Sie gewährleistet durch eine interdisziplinäre Zusammenarbeit aus Unfallchirurgen, Geriatern, Pflegefachkräften, Physiotherapeuten, Ergotherapeuten und Sozialdienstmitarbeitern eine bedürfnisorientierte Behandlung [6]. Die komplexe Versorgung beinhaltet die Berücksichtigung alterstypischer Probleme, wie beispielsweise das erhöhte Osteoporoserisiko und die Multimorbidität mit dem gleichzeitigen Vorhandensein von mehreren Nebenerkrankungen. Zudem sind in einem höheren Alter die Einnahme von Medikamenten, bis hin zur Polypharmazie (Einnahme von  $\geq 5$  Medikamente pro Tag) und die altersspezifischen postoperativen Komplikationen, wie beispielsweise das postoperative Delir, von Bedeutung [7].

Durch die demografische Alterung der Gesellschaft steigt ebenfalls die Prävalenz von Komorbiditäten bei Patienten mit chirurgischen Fragestellungen. Insbesondere die Konfrontation mit kardiovaskulären Erkrankungen und den auftretenden Folgen ist in diesen Fachgebieten also unabwendbar. Bei chirurgischen Patienten kann es zu einer Überlappung von Risikofaktoren kommen, wie beispielsweise beim Alter, Geschlecht oder der Adipositas. Letztere spielt sowohl bei der Entstehung von Frakturen oder Arthrose als auch bei der Entwicklung von Herz-Kreislauf-Erkrankungen eine wichtige Rolle [8, 9]. Die Abschätzung des kardiovaskulären Risikos im Kontext orthopädischer und unfallchirurgischer Eingriffe bekommt daher eine zunehmende Bedeutung. So können Operationen mit beispielsweise verlängerten Operationszeiten oder erhöhtem Blutungsrisiko eine erhebliche Belastung für das Herz-Kreislauf-System darstellen [10]. Daneben kann eine Immobilisation infolge einer Operation das Risiko für das Auftreten kardiovaskulärer Erkrankungen und Risikofaktoren initial erheblich erhöhen. Langfristig trägt die Wiederherstellung der Mobilität nach chirurgischen Eingriffen jedoch zur kardiovaskulären Prävention bei, da Patienten nach Wiedererlangung ihrer Mobilität körperliche Aktivitäten als präventive Maßnahmen wieder aufnehmen können.

Die Fachgebiete Unfallchirurgie, Orthopädie und Alterstraumatologie spielen eine zentrale Rolle in unserer Gesellschaft, da sie maßgeblich zur Lebensqualität und Mobilität der Menschen beitragen. Angesichts der hohen Anzahl jährlich durchgeführter Operationen und der zunehmenden Prävalenz von Herz-Kreislaufkrankungen ist es sowohl aus medizinischer als auch aus ökonomischer Perspektive von größter Bedeutung, das Auftreten postoperativer Komplikationen sowie die Schnittstellen im Behandlungsprozess zu analysieren. Daher ist eine Untersuchung über die Umsetzungsmöglichkeiten in der präoperativen Risikobewertung und Präventionsmaßnahmen zur Reduktion von postoperativen Komplikationen essenziell.

## **1.2 Definition von postoperativen Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie**

Eine präzise Definition von Komplikationen ist im medizinischen Bereich von großer Relevanz. Gemäß dem Pschyrembel-Medizinwörterbuch handelt es sich bei einer Komplikation um eine "unerwünschte Folge einer Krankheit, eines Unfalls, eines Eingriffs oder eines Medikaments, die nicht im engeren Sinn zum Krankheitsbild gehört und nicht regelmäßig auftritt" [11].

Im medizinischen Kontext stehen die Unvorhersehbarkeit und die individuelle Natur von Komplikationen im Vordergrund, da Komplikationen vielfältig und je nach Patientengut und Situation in sehr unterschiedlicher Ausprägung auftreten können.

Die Erfassung von postoperativen Komplikationen gestaltet sich aufgrund uneinheitlicher Kategorisierung und durch einen hohen Dokumentationsaufwand oft schwierig. Jedoch ermöglicht nur eine systematisch und konsequent durchgeführte Dokumentation eine tiefreichende Analyse der Ursache [12]. Zur umfassenden Erfassung postoperativer Komplikationen sind daher strukturierte und objektivierbare Klassifikationssysteme erforderlich.

In der Literatur werden verschiedene Ansätze verwendet, um Komplikationen zu erfassen und zu klassifizieren. Postoperative Komplikationen können für einen

Überblick als Häufigkeiten aufgeführt werden. Eine weitere Methode ist die Einteilung von Komplikationen nach ihrem Schweregrad oder der Lokalisation. Eine andere Herangehensweise ist die Einteilung von Komplikationen nach Clavien-Dindo, basierend auf den erforderlichen Maßnahmen zur Behandlung der aufgetretenen Komplikationen. Hierbei wird berücksichtigt, welche Therapien oder zusätzliche Diagnostiken notwendig sind, um die Komplikation zu bewältigen [13].

Häufig auftretende postoperative Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie umfassen Nachblutungen, Wundinfektionen, Wundheilungsstörungen, Gefäß-Nervenschädigungen, Fehlstellungen, Thrombosen oder Lungenembolien sowie spezifische Komplikationen, die je nach Art des chirurgischen Eingriffs variieren können [14, 15].

### **1.3 Patientenbezogene und wirtschaftliche Aspekte von postoperativen Komplikationen**

Postoperative Komplikationen können den Gesundheitszustand einer Person beeinträchtigen, die Genesung verzögern und zu einer Verminderung der Lebensqualität führen [16]. Die Entwicklung körperlicher Beschwerden nach postoperativen Komplikationen ist nicht selten. Die akut postoperativ auftretenden Schmerzen können sich im Verlauf je nach Art des chirurgischen Eingriffs chronifizieren. Das Risiko für das Auftreten chronischer Schmerzen nach einer Operation liegt zwischen 10 und 50 % [17]. Des Weiteren kann es zu einer Einschränkung der Mobilität, Alltagsaktivitäten und der Selbstversorgung kommen [18].

Zudem kann die Ausbildung von Komplikationen zusätzliche medizinische Eingriffe, wiederholte stationäre Aufnahmen sowie längere Krankenhausaufenthalte erforderlich machen. In einer Studie von 2018 zeigte sich, dass jeder zusätzliche Tag im Krankenhaus nach Abschluss der medizinischen Versorgung mit einer um 5 % höheren Wahrscheinlichkeit von Komplikationen verbunden ist [19].

Die Auswirkungen der postoperativen Komplikationen betreffen nicht nur den individuellen Menschen, sondern haben auch weitreichende Folgen auf die Gesellschaft und das gesamte Gesundheitssystem. Auftretende Komplikationen führen sowohl wirtschaftlich als auch personell zu einer erheblichen Belastung. In einer Studie aus den USA zur Berechnung des Anstiegs der Krankenhauskosten bei Auftreten von Komplikationen, wurde ein Anstieg der Gesamtkrankenhauskosten bei leichten Komplikationen um 19.915 US-Dollar und für Patienten mit schweren Komplikationen um 40.555 US-Dollar ermittelt [20]. Eine weitere Untersuchung von Zimlichman *et al.* zu den finanziellen Auswirkungen von Infektionen als postoperative Komplikation, ergab jährliche Gesamtkosten von 9,8 Milliarden US-Dollar für die fünf häufigsten Infektionen, dabei trugen insbesondere Infektionen an der Operationsstelle am meisten zu den Gesamtkosten bei [21].

#### **1.4 Gesellschaftlicher Stellenwert von kardiovaskulären Erkrankungen und Risikofaktoren**

Herz-Kreislauf-Erkrankungen nehmen in der globalen Gesundheitsforschung einen hohen Stellenwert ein.

In den westlichen Ländern werden etwa 45 % der Todesfälle durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen verursacht, in den Entwicklungsländern etwa 25 %. Weltweit sterben jährlich etwa 17,3 Millionen Menschen an den Folgen dieser Erkrankungen und Schätzungen zufolge könnte sich diese Zahl bis 2030 auf bis zu 23,6 Millionen erhöhen [22].

Im Jahr 2021 wurde in den deutschen Krankenhäusern mehr als 1,5 Millionen Mal die Diagnose einer Herzerkrankung gestellt [23]. Damit macht die Gruppe der kardiovaskulären Erkrankungen 9,1 % aller stationären Patientenbehandlungen aus [23]. Herz-Kreislauf-Erkrankungen werden auch schon immer häufiger bei Jugendlichen und jungen Erwachsenen im Alter von 15 bis 39 Jahren diagnostiziert [24]. Diese Entwicklung wird im Zusammenhang mit dem Anstieg von prognostisch relevanten kardiovaskulären Risikofaktoren gesehen [25]. Allein im Jahr 2020 verursachten Herz-Kreislauf-Erkrankungen im

deutschen Gesundheitssystem mit einem Anteil von 57 Milliarden Euro die höchsten Kosten [26]. Die allgemeinen Ausgaben für die Gesundheitsversorgung liegen in Deutschland mit über 5.000 Euro pro Kopf etwa 1.000 Euro über dem EU-Durchschnitt [27].

Trotz der vergleichsweise hohen Investitionen im Gesundheitswesen sinkt jedoch die Lebenserwartung in Deutschland und ist geringer als in den restlichen europäischen Ländern. Im europäischen Durchschnitt ist die Lebenserwartung in Deutschland um 1,7 Jahre geringer als im EU-Durchschnitt [28]. Im Vergleich mit den 16 westeuropäischen Ländern lag die durchschnittliche Lebenserwartung in Deutschland im Jahr 2022 bei den Männern bei 78,8 Jahren und bei den Frauen bei 83,5 Jahren und belegte damit in Europa lediglich die Ränge 15 und 14 [28]. Diese Umstände werden unter anderem auf die hohe kardiovaskuläre Sterblichkeit in Deutschland und auf die bestehenden Defizite in der Vorbeugung der Herz-Kreislaufkrankungen zurückgeführt. Herz-Kreislaufkrankungen waren im Jahr 2021 die häufigsten Todesursachen und umfassten ein Drittel aller Todesfälle [26]. Die Bedeutung der kardiovaskulären Erkrankungen für unsere Gesellschaft kristallisierte sich auch im aktuellen Herzbericht der Deutschen Herzstiftung heraus. Fünf der zehn häufigsten Todesursachen in Deutschland können den Herzerkrankungen zugeordnet werden [23]. Dabei waren die chronisch ischämischen Herzerkrankungen auf Platz eins, gefolgt vom akuten Myokardinfarkt auf Platz vier und die Herzinsuffizienz auf dem sechsten Platz. Die hypertensiven Herzerkrankungen und Herzrhythmusstörungen belegten Platz neun und zehn auf dem Ranking der häufigsten Todesursachen in Deutschland.

Kardiovaskuläre Erkrankungen stellen aufgrund der Häufigkeit und den gravierenden Auswirkungen eine der größten gesundheitlichen Herausforderungen unserer Gesellschaft dar. Um die Herzgesundheit in Deutschland zu verbessern, hat die Bundesregierung 2024 einen entsprechenden Gesetzesentwurf vorgelegt. Durch Prävention, Früherkennungssysteme, Beratungsangebote und eine weitreichende medikamentöse Versorgung sollen die Lebenserwartung und Lebensqualität gesteigert werden [26].

## **1.5 Definition kardiovaskulärer Erkrankungen und therapeutische Ansätze**

Die Gruppe kardiovaskulärer Erkrankungen hat ihre pathologische Manifestation im Bereich des Herzens und des Gefäßsystems. Es gibt viele verschiedene Ursachen und Entstehungsmechanismen. Ihre Ausbildung wird durch verschiedene kardiovaskuläre Risikofaktoren begünstigt, die maßgeblich mit modernen Lebensgewohnheiten in Verbindung stehen [29]. Daher werden sie auch häufig dem Bereich der Zivilisationskrankheiten zugeschrieben. Der häufigste zugrundeliegende Pathomechanismus ist die degenerativ bedingte Arteriosklerose, die zu atherosklerotischen Einengungen der Gefäße führt und so zur Entstehung von beispielsweise einer Koronaren Herzkrankheit, eines Herzinfarktes, einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit oder zur Ausbildung eines Apoplex führen kann. Dabei kommt es zu einer Veränderung der Gefäßwände durch fibröse Umbauprozesse mit Ablagerung von Cholesterin und nachfolgender chronischer Entzündungsreaktion, sowie Dysfunktionen des Endothels [30].

Zu den häufigsten kardiovaskulären Erkrankungen zählt die arterielle Hypertonie (aHT) [31]. Ischämisch bedingte Herzerkrankungen, wie beispielsweise die koronare Herzkrankheit (KHK) und der Myokardinfarkt (MI) stellen eine weitere große Gruppe der kardiovaskulären Erkrankungen dar. Ebenfalls weit verbreitet sind die Herzrhythmusstörungen wie z.B. das Vorhofflimmern und Herzklappenerkrankungen. Des Weiteren zählen die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK), die Herzinsuffizienz und Entzündungen im Bereich des Herzens, wie die Endokarditis, die Myokarditis oder die Perikarditis zu den Herzerkrankungen [32].

Die Therapie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen basiert auf mehreren grundlegenden Prinzipien. Zu den therapeutischen Ansätzen zählen unter anderem die medikamentöse Therapie, interventionelle Verfahren, wie beispielsweise in einem Herzkatheterlabor und Herzunterstützungssysteme, wie ein Herzschrittmacher bei Herzrhythmusstörungen [33, 34]. Ein weiterer wichtiger Bestandteil der Behandlung von Zivilisationskrankheiten liegt in der

Lebensstiländerung und der Patientenschulung, sowie in der Prävention und regelmäßigen Kontrolle von kardiovaskulären Risikofaktoren [34, 35].

Die therapeutisch eingesetzten kardiovaskulär wirksamen Medikamente können unterschiedlichen Gruppen und Wirkungsprinzipien zugeordnet werden. Beispielhaft sind hier Medikamente, welche auf das Renin-Angiotensin-Aldosteron-System (RAAS) wirken und dadurch eine periphere Vasokonstriktion der Gefäße mit einer Erhöhung der Nachlast verhindern zu nennen. Zum anderen werden Diuretika, zur Verminderung der Volumenbelastung und der Vorlast, sowie Betablocker und Natrium-Glukose-Transporter-2-Inhibitoren (SGLT2-Inhibitoren) verwendet [36]. Im Falle einer Therapie eines Myokardinfarkts kommen beispielsweise die Gruppe der Thrombozytenaggregationshemmer, wie die Cyclooxygenasehemmer (COX-Hemmer) mit Acetylsalicylsäure (ASS) als wichtigsten Vertreter und die Adenosindiphosphat-Rezeptorantagonisten (ADP-Rezeptorantagonisten) zum Einsatz. Zudem wird die Gruppe der Heparine und die direkten oralen Antikoagulanzen (DOAK) in der Therapie verwendet [37]. Bei der häufig auftretenden arteriellen Hypertonie erfolgt die Therapieauswahl häufig aus Betablockern, Diuretika, Medikamente zur Beeinflussung des RAAS-Systems und Calciumantagonisten [38]. Beim kardiovaskulären Risikofaktor Diabetes mellitus finden Insuline und orale Antidiabetika ihre Anwendung [39].

Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Risikofaktoren können als Folge zu Gefäßveränderungen und Endothelschäden, zu chronischen Entzündungen im Körper oder zu einer herabgesetzten Durchblutung führen. Die eingesetzten kardiovaskulären Medikamente greifen tief in die Physiologie ein und könnten so beispielsweise zu einer Veränderung der Blutzusammensetzung oder der Blutungszeit führen. Daher ist es denkbar, dass die genannten Veränderungen des menschlichen Körpers, bedingt durch das Vorhandensein einer kardiovaskulären Erkrankung und/oder die Einnahme kardiovaskulärer Medikamente, potenziell auch zu einer Beeinflussung der postoperativen Komplikationsrate in der Orthopädie und Unfallchirurgie führen.

## 1.6 Definition kardiovaskulärer Risikofaktoren

Durch das Vorhandensein von kardiovaskulären Risikofaktoren wird die Ausprägung von kardiovaskulären Erkrankungen wahrscheinlicher. Diese werden in beeinflussbare und nicht beeinflussbare kardiovaskuläre Risikofaktoren unterschieden [40].

Zu den nicht beeinflussbaren Risikofaktoren gehören das Alter, das männliche Geschlecht und eine positive Familienanamnese, also ein Familienmitglied mit kardiovaskulären Erkrankungen in der medizinischen Vorgeschichte. Zu den beeinflussbaren Risikofaktoren werden solche hinzugezählt, welche mittels Maßnahmen, wie beispielsweise einer medikamentösen Therapie oder einer Lebensstiländerung, verändert werden können [25].

Die im Jahre 2022 veröffentlichten neuen Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) zur kardiovaskulären Prävention beschreibt alle relevanten beeinflussbaren kardiovaskulären Risikofaktoren und definiert risikofaktorspezifische Präventionsziele. Die beeinflussbaren Risikofaktoren sind als Forschungs- und Therapieziel besonders interessant, da hier ein zu erwartender Benefit greifbar wird [35].

Zu den beeinflussbaren kardiovaskulären Risikofaktoren gehören zum einen die arterielle Hypertonie. Zur Prävention ist bereits bei jüngeren Patienten eine normotensive Blutdruckeinstellung anzustreben. Der Zielbereich wurde im Vergleich zu den Leitlinien von 2016 mit einem systolischen Blutdruckwert unter 140 mmHg auf systolische Werte zwischen 120 und 130 mmHg und auf diastolische Werte unter 80 mmHg festgelegt [35]. Dabei spielt die Senkung des Blutdrucks eine große Rolle in der kardiovaskulären Prävention. Bereits bei einer Herabsetzung des systolischen Blutdrucks um 5 mmHg wird das Risiko einen Myokardinfarkt zu bekommen um zehn Prozent reduziert [25]. Zudem sind die Adipositas und der Diabetes mellitus zwei weitere beeinflussbare Risikofaktoren. Bei der Vermeidung von kardiovaskulären Erkrankungen spielt hierbei die Lebensstiländerung eine entscheidende Rolle. Da sich in Deutschland der Anteil von adipösen Menschen mit einem BMI über 30 kg/m<sup>2</sup> zwischen 1985 und 2015 auf 25,2 % der Bevölkerung verdoppelt hat, wird das Präventionsziel primär durch

eine Gewichtsreduktion auf ein Normalgewicht ( $\text{BMI} < 25 \text{ kg/m}^2$ ) und einen Taillenumfang von  $\leq 94 \text{ cm}$  bei Männern und  $\leq 80 \text{ cm}$  bei Frauen definiert [35]. Zudem wird beim Diabetes mellitus eine hypokalorische Diät mit einem Langzeitblutzuckerwert (HbA1c) kleiner als 6,5 % angeraten. Darüber hinaus sollte eine Einnahme von SGLT2-Inhibitoren und GLP-1 Antagonisten erwogen werden, bei bereits bestehenden kardiovaskulären Erkrankungen wird eine Einnahme dieser Medikamentengruppen empfohlen [35]. Zur kardiovaskulären Prävention und zur Behandlung von Dyslipoproteinämien, wird die Einstellung eines LDL-Wertes von unter 70 mg/dl angestrebt. Bei Diabetikern über 40 Jahren wird eine LDL-Reduktion um mehr als fünfzig Prozent empfohlen [35].

Weitere Aspekte des Lebensstils in der Entwicklung von kardiovaskulären Erkrankungen sind die Mobilität und das Rauchverhalten. Der Verzicht auf Rauchen wird empfohlen und ist als wirksamste Prävention beschrieben [35]. Das deutsche Krebsforschungszentrum beschrieb, dass Raucher ein um 65 % höheres Risiko für kardiovaskuläre Ereignisse haben als Nichtraucher [41]. Zudem wird eine ausführliche Aufklärung über die Benutzung von elektronischen Zigaretten, sowie der noch unbekanntem Langzeitfolgen empfohlen, da diese ein entzündungsförderndes und zytotoxisches Nebenwirkungsprofil aufweisen [42]. Der Bewegungsmangel wird von den Leitlinien als weiteren Risikofaktor genannt. Im Jahr 2022 erhob das Spezielle Eurobarometer zu Sport und körperlicher Betätigung der EU, dass 45 % der EU-Bevölkerung nicht sportlich aktiv sind [43]. Die WHO empfiehlt jedoch für Erwachsene wöchentlich mindestens 150 Minuten lang eine körperliche Ausdaueraktivität von moderater Intensität auszuüben [44]. In einer Studie zeigte sich, dass durch eine tägliche Schrittzahl von mindestens 7.000 Schritten eine Mortalitätsreduktion mit Abnahme von kardiovaskulären Ereignissen erreicht wurde [45].

Bei der Behandlung der kardiovaskulären Risikofaktoren sind jedoch die individuelle Einstellung und die Bereitschaft des Patienten zur Aufnahme einer Therapie zu berücksichtigen. Darüber hinaus sollte vor Beginn der Therapie stets die Beschaffenheit des Patienten sowie bestehende Vorerkrankungen sorgfältig berücksichtigt werden. Jedoch ist die frühzeitige Erkennung und Behandlung von kardiovaskulären Risikofaktoren ein wesentlicher Bestandteil der gezielten

Präventionsstrategie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Kardiovaskuläre Risikofaktoren können potenziell verändert werden, sodass sich dadurch ein Anhaltspunkt für die Therapie von Herz-Kreislauf-Erkrankungen bietet. Zudem kann ein Wechsel der Behandlungsstrategien zu einer Veränderung der gesundheitlichen Lage in Deutschland und zu einer Beseitigung von bestehenden Defiziten führen [46].

### **1.7 Erfassung und Berechnung von Risikoprofilen im Rahmen von Screening-Untersuchungen**

Die Erfassung und Berechnung von Risikoprofilen im Rahmen von Screening-Untersuchungen ist ein essenzieller Bestandteil der präventiven Medizin. Durch systematische Erhebungen individueller Gesundheitsdaten können Risikofaktoren frühzeitig identifiziert und bewertet werden. Dadurch wird eine gezielte Prävention und Intervention ermöglicht, um das Auftreten von Krankheiten zu verhindern oder deren Verlauf durch eine frühzeitige Therapie zu optimieren.

Im Rahmen der Risikoevaluation vor einer Operation hat die Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin, die Deutsche Gesellschaft für Chirurgie und die Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin eine gemeinsame Empfehlung herausgebracht. Dabei spielt die präoperative Anamnese, die orientierende körperliche Untersuchung, sowie die Evaluierung der körperlichen Belastbarkeit des Patienten eine wesentliche Rolle [47]. Falls nach diesem präoperativen Vorgehen keine Anhaltspunkte für relevante Vorerkrankungen vorliegen, ist laut dieser Empfehlung keine weiterführende Diagnostik notwendig. Die präoperative Diagnostik würde sich andernfalls an die vorhandene Vorerkrankung anpassen und beispielsweise Laboruntersuchungen oder kardiovaskuläre Untersuchungen, wie das Elektrokardiogramm (EKG) und die Echokardiographie, einschließen. Zudem kommen bildgebende Verfahren, wie das Röntgen-Thorax oder der Ultraschall zum Einsatz. Bei vorliegenden Lungenerkrankungen werden Untersuchungen zur Lungenfunktion, wie beispielsweise die Spirometrie verwendet. Zur Abschätzung des kardialen

Risikos und zur Entscheidungsfindung, ob eine ausgedehnte kardiale Diagnostik erfolgen sollte, werden in der Empfehlung folgende Punkte beschrieben: das Vorliegen einer akut symptomatischen Herzerkrankung, das kardiale Risiko des operativen Eingriffs, das Vorliegen kardialer Risikofaktoren und die Belastbarkeit des Patienten [47].

Ein Beispiel für ein evaluiertes und weit verbreitetes Screeningverfahren für das perioperative Risiko ist die ASA-Klassifikation der American Society of Anaesthesiologists. Anhand dieser Klassifikation gelingt eine präoperative Einstufung des allgemeinen Gesundheitszustandes eines Patienten. Diese Klassifikation wird in den meisten Krankenhäusern als Standardverfahren angewendet und schriftlich dokumentiert.

Im Bereich der Alterstraumatologie gilt es ebenfalls ein besonderes Augenmerk auf die präoperative Risikoeinschätzung zu legen. Ein umfangreiches geriatrisches Assessment ermöglicht hierbei eine gezielte Berücksichtigung der Multimorbidität, sowie der Medikation älterer Patienten [48]. Diese Assessments können im ambulanten und stationären Setting durchgeführt werden und sollten mittels entsprechender Einzeltests die physischen, kognitiven, emotionalen, ökonomischen und sozialen Zustände der älteren Patienten einschätzen [49]. Da es sich im Idealfall um einen interdisziplinär betreuten Prozess handelt, ist das geriatrische Assessment jedoch sehr zeit- und personalintensiv [50]. Ein umfassendes präoperatives Screening gestaltet sich aufgrund personeller und zeitlicher Einschränkungen, vor allem der Dringlichkeit der anstehenden Operation geschuldet, oft schwierig. Zudem fehlt mancherorts ein einheitliches Konzept für den Ablauf des präoperativen Screenings. Dem kann die Qualitätssicherungsmaßnahme durch eine Zertifizierung als Alterstraumatologiezentrum von der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie (DGU) entgegenwirken [51].

Zusätzlich müssen Patienteninformationen häufig aus verschiedenen Quellen zusammengetragen oder anamnestisch erhoben werden, was fehleranfällig und zeitaufwändig ist [52]. In der Unfallchirurgie kommen Patienten meist aufgrund akuter Ereignisse, sodass präoperativen Screening-Untersuchungen in

Notfallsituationen Grenzen gesetzt sind. Die Reaktion auf mögliche Risikofaktoren oder Erkrankungen sind dadurch aufgrund des begrenzten Zeitrahmens eingeschränkt oder in vielen Fällen nicht möglich. Dennoch ist es entscheidend, potenzielle Risikokonstellationen zu erkennen, um die spätere Betreuung der Patienten entsprechend anpassen zu können. Mögliche Konsequenzen könnten ein erhöhter Pflegeaufwand, eine engmaschigere Überwachung oder die Einleitung zusätzlicher fachspezifischer Untersuchungen bedeuten [53, 54].

Die statistische Analyse der Daten aus den Screening-Verfahren liefert wertvolle Erkenntnisse über die Verteilung und Häufigkeiten von Risikofaktoren. Sie unterstützt dabei die Entwicklung effektiver Gesundheitsstrategien und den technischen Fortschritt, um in Zukunft die Patienteninformationen automatisiert zusammen zu tragen und auszuwerten.

### **1.8 Automatisierte und teilautomatisierte Screening-Untersuchungen**

Automatisierte und teilautomatisierte Screening-Untersuchungen spielen eine zunehmend wichtige Rolle in der modernen Medizin, insbesondere durch die Integration von Künstlicher Intelligenz (KI). Diese Technologien ermöglichen eine schnellere und möglicherweise auch objektivere Auswertung großer Datenmengen.

Die KI kann sowohl in der Diagnostik als auch in der Entscheidungsfindung von Therapien eine unterstützende Rolle spielen. Dabei ist zu betonen, dass die Definierung kausaler Zusammenhänge und die individuellen Therapieentscheidungen aktuell und auch in naher Zukunft nicht vollständig durch die KI ersetzt werden können bzw. sollten [55]. Durch die Anwendung einer künstlichen Intelligenz kann die menschliche Intelligenz jedoch nachgebildet werden. Mit der Zeit wird die KI durch Training in ihrer Aufgabe verbessert, sodass selbst erlernte Aufgaben wie beispielsweise in der Bilderkennung oder Sprachverarbeitung durchgeführt werden kann. Hierfür benötigt die KI jedoch große Datenmengen, um Zusammenhänge in komplexen Sachverhalten besser erkennen zu können. Moderne KI-Systeme bilden künstliche neuronale Netze

aus, die dem menschlichen Gehirn nachempfunden sind und dadurch viele Informationen verbinden und verarbeiten können [56].

Automatisierte Screening-Verfahren nutzen Algorithmen und maschinelles Lernen, um Muster in den Daten zu erkennen, die für den Menschen schwer zu identifizieren sind. Ein Beispiel ist die Dermatologie, die KI-Systeme zur Analyse von Hautveränderungen im Hautkrebsscreening testen [57]. Dabei ermöglicht das maschinelle Lernen beispielsweise die Erkennung von Melanomen auf Bildern mit einer Genauigkeit, die unter optimalen Bedingungen der von erfahrenen Dermatologen entspricht [58]. Zwei weitere Beispiele für die ersten Anwendungen von künstlicher Intelligenz in der Medizin ist ein Screening-Verfahren auf diabetische Retinopathie und die Unterstützung in der Diagnose und Vorhersage von Demenzerkrankungen [59, 60].

Teilautomatisierte Screening-Verfahren kombinieren die menschliche Expertise mit einer maschinellen Unterstützung. Diese Technik wird aktuell häufig in der medizinischen Bildgebung angewendet [55]. In der Brustkrebsfrüherkennung beispielsweise unterstützen Systeme Radiologen bei der Auswertung von Mammographien, indem verdächtige Merkmale erkannt und hervorgehoben werden. Dadurch kann die Detektionsrate von Brustkrebs erhöht werden. Frauen mit einem erhöhten Risiko, die intensivere Screenings benötigen, können somit identifiziert werden [61]. In der Unfallchirurgie und Orthopädie werden KI-Algorithmen zunehmend in der CT-Bildverarbeitung eingesetzt, um präzise Diagnosen zu ermöglichen und die Behandlungsplanung zu optimieren [62]. Ein weiteres Anwendungsgebiet ist die Nachbehandlung von Frakturen, bei der KI-Modelle verwendet werden, um Frakturmechaniken zu analysieren und den Einfluss postoperativer Belastungen zu simulieren [63].

Die zukünftige Bedeutung dieser Technologien könnte darin bestehen, Zeit, Kosten und Personalressourcen einzusparen. Die Weiterentwicklung bietet ein Potenzial, menschliche Fehler zu reduzieren, routinemäßige Aufgaben zu automatisieren und somit die Qualität der Diagnostik und Therapie zu erhöhen. Durch die frühzeitige Erkennung von Krankheiten oder Risikofaktoren von einem automatisierten Verfahren können dadurch Behandlungen schneller eingeleitet

und die Prognosen für die Patienten verbessert werden. Um intelligente Entscheidungen einer KI ermöglichen zu können, müssen jedoch auch entsprechende valide Datensätze vorliegen, auf deren Grundlage die Entscheidungsfindung zu Stande kommt. Ein großes Problem vieler nationaler Gesundheitssysteme ist, dass die standardisierte Erhebung von Daten keine entsprechende Aufmerksamkeit erfährt. Viele der zur Forschung verfügbaren Datensätze werden projektbezogen erhoben und dürfen daher auch nur auf eine ursprünglich angelegte Fragestellung angewendet werden. Eine große Herausforderung in der modernen und digitalen Medizin ist es, die verfügbaren Datensätze in eine einheitliche und maschinenlesbare Sprache zu überführen und somit einer umfassenden und intelligenten Auswertung zugänglich zu machen.

### **1.9 Ziel der vorliegenden Studie und Hypothesenbeschreibung**

Kardiovaskuläre Erkrankungen haben einen bedeutenden Stellenwert in unserer Gesellschaft. In der Literatur sind bereits die Auswirkungen und Folgen der Krankheitsbilder dokumentiert. Doch bedarf es einer Überlegung inwieweit das Vorhandensein von kardiovaskulären Erkrankungen oder die Einnahme von kardiovaskulären Medikamenten in der Entwicklung von postoperativen Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie eine Rolle spielen.

Ziel der vorliegenden Studie war es daher den Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Erkrankungen, sowie von kardiovaskulären Risikofaktoren und dem Auftreten postoperativer Komplikationen zu ermitteln.

Um dies zu erreichen erfolgte:

- Die detaillierte Analyse der Art und Häufigkeit von kardiovaskulären Erkrankungen und kardiovaskulären Medikamenten
- Die detaillierte Analyse der Art und Häufigkeit von kardiovaskulären Risikofaktoren
- Die Untersuchung verschiedener kardiovaskulärer Risikofaktoren, die zum Auftreten von postoperativen Komplikationen führen

- Die Ermittlung einer oder mehrerer Kombinationen von signifikanten kardiovaskulären Risikofaktoren, welche zu postoperativen Komplikationen führen.

Dabei wurden vorhandene medizinische Daten in ein maschinenlesbares Format überführt und eine entsprechende Erweiterung der Datensätze, durch Informationen aus den Patientenakten und durch direkte Patientenbefragungen, durchgeführt.

Zur besseren Übersicht wurde die Forschungsfrage in drei Hypothesen unterteilt. Diese Hypothesen dienten als Leitfaden für die Untersuchung und ermöglichten eine strukturierte und übersichtliche Präsentation der Ergebnisse. Die erste Hypothese beschreibt die Korrelation von Alter und dem Auftreten postoperativer Komplikationen. Darüber hinaus wird untersucht, ob mit zunehmendem Alter eine Häufung kardiovaskulärer Erkrankungen sowie eine vermehrte Einnahme entsprechender Medikamente zu beobachten ist. Die zweite Hypothese befasst sich mit dem Zusammenhang zwischen dem Auftreten postoperativer Komplikationen und dem gleichzeitigen Vorliegen kardiovaskulärer Erkrankungen sowie der Einnahme entsprechender Medikamente. Untersucht wird dabei, ob kardiovaskuläre Vorerkrankungen und medikamentöse Therapien als Prädiktoren für postoperative Komplikationen anzusehen sind. Im Rahmen der dritten Hypothese wird der mögliche Zusammenhang untersucht, ob das Vorhandensein von kardiovaskulären Risikofaktoren mit einem erhöhten Auftreten von postoperativen Komplikationen assoziiert ist.

Die vorliegende Studie zielt darauf ab, Erkenntnisse über potenzielle Korrelationen zu gewinnen. Von besonderem Interesse ist dabei, ob spezifische kardiovaskuläre Risikofaktoren oder bestimmte kardiovaskuläre Erkrankungen identifiziert werden können oder ob eine Kombination mehrerer Risikofaktoren für die Entwicklung von postoperativen Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie ausschlaggebend ist. Bei einer Einordnung in den Gesamtkontext der aktuellen klinischen Institutsforschung sollen die gewonnenen Erkenntnisse zukünftig in eine automatisierte und KI-gestützte Risikoanalyse einfließen.

## **2 Material und Methoden**

### **2.1 Studiendesign und Begutachtung durch die Ethikkommission**

Die Vorbereitungen zu dieser Studie wurden 2014 von der Ethikkommission der Eberhard Karls Universität Tübingen unter der Projektnummer 193/2014B02 genehmigt.

Hierauf aufbauend entstand die retrospektive Studie anhand der Datenbank des Siegfried-Weller-Instituts (SWI) der berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen an der medizinischen Fakultät der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Die für die Studie relevanten Patientendaten wurden aus der bestehenden Datenbank, welche in dem Zeitraum von 2014 bis 2018 erstellt wurde, entnommen.

### **2.2 Datenerfassung und Zeitraum der Patientendatenbearbeitung**

Die Patientenaufnahme erfolgte in Form einer mündlichen Befragung nach einer ausführlichen Aufklärung über Inhalt und Umfang der Studie und schriftlicher Einwilligung der Patienten.

Inhalte aus Anästhesieberichten, Operationsberichten, Arzt- und Entlassungsbriefen wurden für jeden der aufgenommenen Patienten für die vorliegende Arbeit ergänzt.

Anschließend wurde eine statistische Analyse aus den gewonnenen Daten mit gezielter Fragestellung durchgeführt.

Die Datenerhebung zur Erweiterung der Datenbank erfolgte im Zeitraum von März 2021 bis Dezember 2021.

## 2.3 Datenbearbeitung

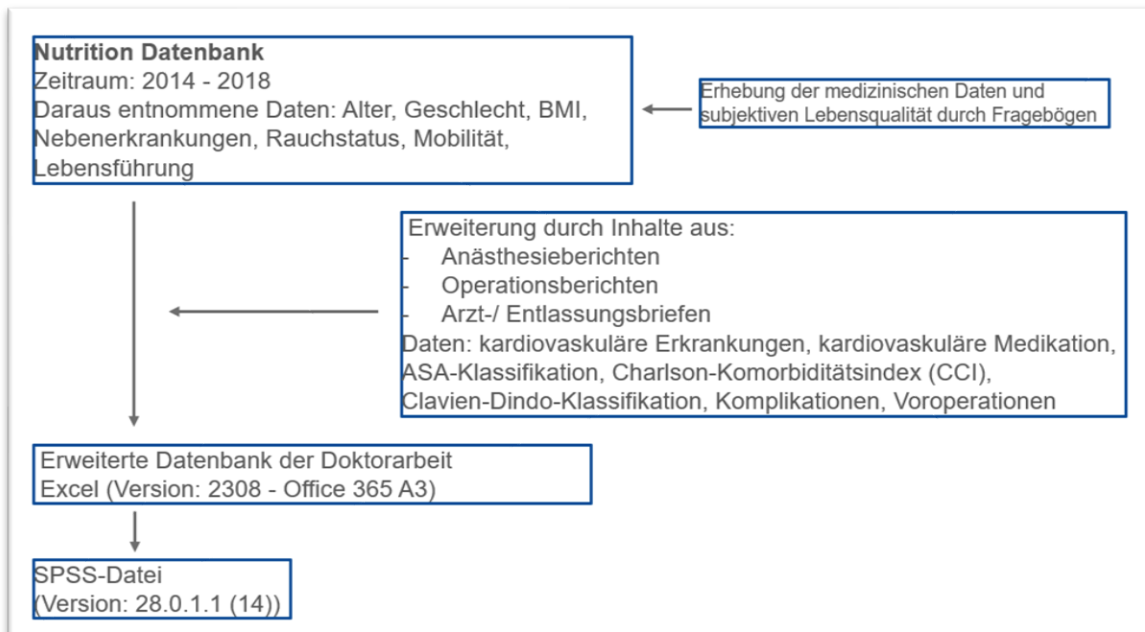


Abbildung 1: Übersicht über den Ablauf der Erhebung und die Bearbeitung der Patientendaten

Zur Datenerhebung wurden stationär aufgenommene Patienten in verschiedenen Fachabteilungen mit Hilfe unterschiedlicher Fragebögen und Parameter befragt.

Die Patientenauswahl der vorliegenden Studie erfolgte aus den zwei Fachgebieten, der Unfallchirurgie und der Orthopädie. Eingeschlossen wurden sowohl Patienten mit elektiven Eingriffen, wie beispielsweise einer geplanten Hüft-Totalendoprothese (TEP), als auch chirurgische Patienten nach unfallbedingten Ereignissen, etwa infolge eines Sturzes mit resultierender Fraktur. Als Teilbereich der Unfallchirurgie wurden ebenfalls Patienten aus der Alterstraumatologie mit in die Studie aufgenommen.

Die Patientendaten wurden anschließend in der Datenbank anhand der Patienten-ID gelistet. Durch gespeicherte Dokumente im Krankenhausinformationssystem (MEDICO) konnte die Datenbank erweitert werden. Aus Anästhesieberichten, Operationsberichten, Arzt- und Entlassungsbriefen wurden die Parameter für jeden aufgenommenen Patienten in einer erweiterten Datenbank in Excel (Version: 2308-Office 365 A3) ergänzt.

Nach der Erweiterung der Datenbank erfolgte die Umwandlung in eine SPSS-Datei (Version 28.0.1.1 (14)), anhand dieser die statistische Auswertung durchgeführt wurde.

## **2.4 Erhobene Parameter und Klassifikationssysteme**

### **2.4.1 Erhobene Parameter anhand standardisierter Abfragen**

Inhalt der standardisierten Abfragen waren unter anderem allgemeine Patientenparameter, wie das Geschlecht, das Alter, das Körpergewicht, die Körpergröße und die alltägliche Ernährung. Zudem erfolgte die Abfrage der persönlichen medizinischen Vorgeschichte (Vorerkrankungen, vorausgegangene Operationen), der individuellen Lebensführung mit Ermittlung von Risikofaktoren (wie beispielsweise das Rauchverhalten und der Alkoholkonsum), sowie die Mobilität und Beweglichkeit im Alltag.

Für die vorliegende Studie wurden aus der Nutrition-Datenbank folgende Patientenparameter übernommen: das Alter, das Geschlecht, der Body Mass Index, die Anzahl der Nebenerkrankungen, die Mobilität und die Beweglichkeit im Alltag, sowie die Lebensführung, beinhaltend das Rauchverhalten.

Als bedeutende kardiovaskuläre Risikofaktoren wurden für die Auswertung folgende verwendet:

- Alter
- Geschlecht
- Mobilität

Die Mobilitätseinstufung erfolgte anhand der Kategorien, der Patient ist gehfähig, verwendet für die Mobilisation Gehstützen, ist am Rollator mobil, benötigt einen Rollstuhl oder der Patient ist bettlägerig.

- Rauchstatus

Der Rauchstatus wurde anhand der Pack Years (PY) bestimmt. Die Berechnung der PY erfolgte durch die Multiplikation der pro Tag gerauchten Zigarettenpackungen (20 Stück Zigaretten pro Packung) mit der Anzahl der Raucherjahre.

- Nebenerkrankungen

Die Nebenerkrankungen wurden mittels des Charlson-Komorbiditätsindex (CCI) eingestuft. Zusätzlich erfolgte die Einteilung der Nebenerkrankungen anhand der Anzahl der vorhandenen Nebenerkrankungen. Als besondere Nebenerkrankungen in Hinblick auf die kardiovaskulären Risikofaktoren erfolgte die Betrachtung der arteriellen Hypertonie und des Diabetes mellitus.

- Body Mass Index (BMI)

Der BMI dient zur Abschätzung des Körpergewichts. Für die Berechnung wird das Körpergewicht in ein Verhältnis zur Körpergröße gesetzt. Die Formel für den BMI lautet Körpergewicht (in kg) geteilt durch die Körpergröße (in m) zum Quadrat.

Der BMI wird nach der WHO (Stand 2000) in sechs Gruppen unterteilt.

Die Adipositas Grad III mit einem BMI > 40 kg/m<sup>2</sup> wird auch als Adipositas permagna bezeichnet.

*Tabelle 1: Gruppeneinteilung anhand des BMI*

BMI [kg/m <sup>2</sup> ]	Gruppen
< 18,5	Untergewicht
18,5 - 25	Normalgewicht
25 - 30	Präadipositas
30 - 35	Adipositas Grad I
35 - 40	Adipositas Grad II
> 40	Adipositas Grad III

#### **2.4.2 Standardisierte und evaluierte Fragebögen**

Um ein allgemeines Gesundheitsprofil der Patienten zu erlangen, kamen verschiedene standardisierte und evaluierte Fragebögen zum Einsatz. Zu den verwendeten Fragebögen gehörte ein Fragebogen zur Evaluierung des Ernährungszustandes mit Berechnung des Nutrition Risk Score (NRS). Des Weiteren wurde der Fragebogen EQ-5D-5L zur Abfrage der Lebensqualität verwendet. Anhand der 5 Dimensionen Mobilität, Selbstversorgung, alltägliche Tätigkeiten und Schmerzen wurde die allgemeine Lebensqualität und

Funktionsfähigkeit beurteilt [64, 65]. Zur Einstufung des allgemeinen Gesundheitszustandes eines Patienten wurde der Fragebogen SF-36 benutzt. Dieser Fragebogen erfasst Aspekte der körperlichen Funktionsfähigkeit, einschließlich körperlicher Schmerzen, der allgemeinen Gesundheitswahrnehmung, Vitalität und die körperliche, emotionale und soziale Rollenfunktion, sowie das psychische Wohlbefinden [66].

### **2.4.3 Erhobene Patientendaten bei der Datenbankerweiterung**

Bei der Bearbeitung der bestehenden Datenbank wurden die Patientendaten durch kardiovaskuläre Erkrankungen, kardiovaskuläre Medikamente, die ASA-Klassifikation der Anästhesie, den Charlson-Komorbiditätsindex (CCI), die Clavien-Dindo-Klassifikation und das Vorhandensein von Komplikationen und Voroperationen ergänzt.

Zu den erhobenen kardiovaskulären Erkrankungen zählen: die arterielle Hypertonie, ischämische Herzkrankheiten (z.B. KHK, MI, AP), die Herzinsuffizienz, Herzklappenerkrankungen, Herzrhythmusstörungen, infektiöse Herzerkrankungen, die pulmonalen Herzerkrankungen (z.B. LAE, Cor pulmonale, pulmonale Hypertonie), zerebrovaskuläre Krankheiten, chronisch rheumatische Herz-Kreislauf-Erkrankungen (z.B. Vaskulitiden), Krankheiten der Arterien (z.B. pAVK), Krankheiten der Venen (z.B. Thrombose, CVI), sowie sonstige Erkrankungen des Herzens und Kreislaufsystems (ICD 10 130-152 und 195-199).

Die kardiovaskulären Medikamente wurden anhand folgender Medikamentengruppen betrachtet: ACE-Hemmer, Aldosteron-Antagonisten, Angiotensin-Rezeptorantagonisten, Beta-Blocker, Herzglykoside, Calciumantagonist, Diuretika, Nephilysin-Inhibitor, Thrombozytenaggregationshemmer wie die COX-Hemmer mit Acetylsalicylsäure (ASS) als wichtigsten Vertreter und die ADP-Rezeptorantagonisten, Vitamin-K-Antagonisten, Direkte orale Antikoagulanzen (DOAK), Heparine, Lipidsenker, orale Antidiabetika, Insuline.

## 2.4.4 Klassifikationssysteme

Zur besseren Darstellung und Einordnung der Patientendaten wurden verschiedene Klassifikationssysteme verwendet.

### 2.4.4.1 Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo

Die Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo ist eine Klassifikation, die verwendet wird, um Komplikationen zu bewerten und zu kategorisieren. Sie dient als Werkzeug zur Einteilung und Standardisierung von postoperativen Komplikationen. Die Klassifikation ermöglicht dadurch Vergleiche von verschiedenen Therapien und Behandlungsstrategien [13].

Die Komplikationseinteilung wurde erstmalig im Jahre 2004 von dem Chirurgen Daniel Dindo, zusammen mit dem Chirurgen Pierre-Alain Clavien, veröffentlicht [13].

Bei der Einteilung stehen nicht die postoperativen Komplikationen selbst im Vordergrund, sondern sie basiert auf der Schwere und den erforderlichen Maßnahmen zur Behandlung der aufgetretenen postoperativen Komplikationen. Die Einteilung nach Clavien-Dindo umfasst fünf Grade.

Die Maßnahmen der Komplikationsbehandlung reichen von Komplikationen ohne Interventionsbedarf (Grad I), über medikamentöse (Grad II) oder chirurgische Maßnahmen (Grad III), bis hin zur intensivmedizinischen Therapie (Grad IV) und Komplikationen mit tödlichem Ausgang (Grad V).

*Tabelle 2: Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo in 5 Grade mit Maßnahmen der Komplikationsbehandlung*

<b>Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo</b>	<b>Maßnahmen der Komplikationsbehandlung</b>
Grad I	Geringfügige Komplikationen ohne Notwendigkeit einer Intervention
Grad II	Medikamentöse Behandlung einer Komplikation
Grad III	Komplikationen mit chirurgischem, endoskopischen oder radiologischen Interventionsbedarf
Grad IV	Lebensbedrohliche Komplikationen mit intensivmedizinischer Behandlung
Grad V	Tödliche Komplikationen

#### 2.4.4.2 ASA-Klassifikation

Die ASA-Klassifikation der American Society of Anaesthesiologists dient zur präoperativen Einstufung des allgemeinen Gesundheitszustandes eines Patienten.

Die im Mai 1941 von Saklad *et al.* erstmals beschriebene ASA-Klassifikation teilt die Patienten präoperativ anhand des körperlichen Gesundheitszustandes in Risikogruppen zu und beinhaltet sechs Hauptkategorien [67].

Tabelle 3: ASA-Klassifikationssystem

ASA-Klassifikationssystem	Patient
ASA I	gesund, ohne zugrunde liegende Erkrankungen
ASA II	mit leichten systemischen Erkrankungen, ohne funktionelle Einschränkungen
ASA III	mit schwereren systemischen Erkrankungen, die körperliche Einschränkungen verursachen
ASA IV	mit schweren systemischen Erkrankungen, die eine konstante Bedrohung für das Leben darstellen
ASA V	im terminalen Stadium einer Erkrankung, bei dem eine Operation lebenserhaltende Maßnahmen darstellt
ASA VI	für Hirntot erklärt, eine Organspende wird durchgeführt

Die ASA-Klassifikation dient zur Einschätzung des perioperativen Risikos. Eine Letalitätsrate bis zu sieben Tagen postoperativ kann anhand dieser Kategorien angegeben werden [67].

Tabelle 4: 7-Tage-Letalität in Prozent anhand der ASA-Klassifikation

ASA-Klassifikationssystem	7-Tage-Letalität in %
ASA I	0,06
ASA II	0,47
ASA III	4,39
ASA IV	23,48
ASA V	50,77

### 2.4.4.3 Charlson-Komorbiditätsindex

Der Charlson-Komorbiditätsindex (CCI) ist ein Maß zur Bewertung von Komorbiditäten bei Patienten. Er wurde 1987 von Dr. Mary Charlson und Kollegen entwickelt und basiert auf der Anzahl und dem jeweiligen Schweregrad verschiedener Erkrankungen. Der Index wird zur Risikobeurteilung mit Blick auf auftretende Komplikationen und der Mortalität verwendet. Insbesondere bei der Beurteilung in der klinischen Forschung und bei der Prognose von Krankheitsverläufen ist der Index ein bedeutendes Instrument [68].

Der CCI weist 19 relevanten Nebenerkrankungen Punktwerte zu, abhängig von ihrem Schweregrad und prognostischen Einfluss.

*Tabelle 5: Relevante Nebenerkrankungen zur Berechnung des CCI*

<b>Krankheitsbild</b>	<b>Punkte</b>
Myokardinfarkt	1
Systolische Herzinsuffizienz	1
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	1
Zerebrovaskuläre Erkrankung	1
Demenz	1
Chronische Lungenerkrankung	1
Kollagenose	1
Gastroduodenale Ulkuskrankheit	1
Leichte Lebererkrankung	1
Diabetes mellitus	1
Hemiplegie	2
Moderate bis schwere Nierenerkrankung	2
Diabetes mellitus mit Endorganschäden	2
Tumor	2
Leukämie	2
Lymphom	2
Moderate bis schwere Lebererkrankung	3
Metastasierender solider Tumor	6
AIDS	6

Diese Punktwerte werden addiert, um den Gesamtwert für einen Patienten zu erhalten. Ein erhöhter Punktwert des CCI deutet auf eine große Anzahl oder einen höheren Schweregrad von Komorbiditäten hin. Dies kann mit einem erhöhten Risiko für negative gesundheitliche Ergebnisse verbunden sein.

Der CCI wird in der klinischen Praxis verwendet, um die Gesamtkomorbidität eines Patienten zu bewerten. Häufig wird der Index bei der individuellen Entscheidungsfindung in Bezug auf Behandlungsstrategien berücksichtigt [69].

Er kann auch als Prognosewerkzeug dienen, um das Risiko von Komplikationen oder der Mortalität bei bestimmten Krankheitszuständen vorherzusagen und dient zudem zur Beurteilung der 1-Jahres-Mortalitätsrate [68].

*Tabelle 6: 1-Jahres-Mortalitätsrate in Prozent anhand des CCI*

<b>Punkte</b>	<b>1-Jahres-Mortalitätsrate in %</b>
0	12
1 - 2	26
3 - 4	52
≥ 5	85

## 2.5 Einteilung des Patientenkollektivs

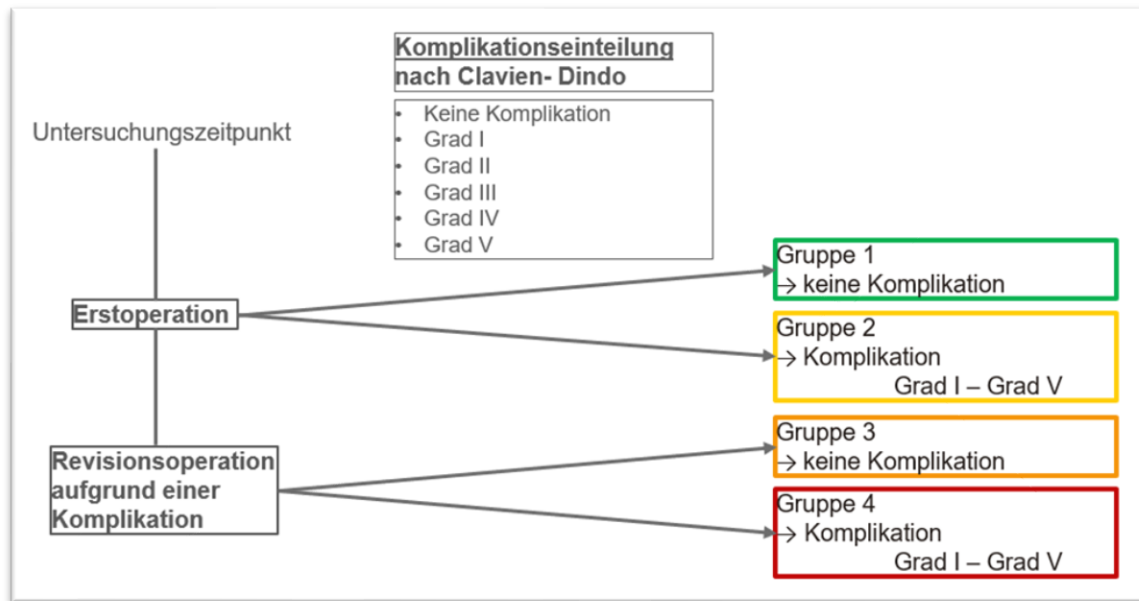


Abbildung 2: Einteilung der Patientengruppen zum Untersuchungszeitpunkt anhand der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo in Gruppe 1 bis 4

Die Patientendaten wurden zum Untersuchungszeitpunkt in zwei Gruppen eingeteilt, zum einen die Patienten, die für eine Erstoperation ins Krankenhaus kamen und zum anderen, die Patienten, die aufgrund einer vorangegangenen Komplikation einen Revisionseingriff benötigten.

Anhand der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo erfolgte anschließend die Einteilung in die Gruppen 1 bis 4. Dabei zählte das Outcome der Patienten nach dem durchgeführten Eingriff zum Untersuchungszeitpunkt. Hatten Patienten nach der Erstoperation keine Komplikationen, so zählten sie zur Gruppe 1. Sind Komplikationen der Grade I bis V nach der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo aufgetreten, so entsprachen diese Patienten der Gruppe 2. Ebenso erfolgte die Einteilung der Patienten, welche aufgrund einer vorangegangenen Komplikation operiert werden mussten. Kam es nach der Revisionsoperation erneut zu Komplikationen Grad I bis V der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo, so entsprach dieser Patientenanteil der Gruppe 4, war der postoperative Verlauf unauffällig, wurden die Patienten der Gruppe 3 zugeteilt.

## 2.6 Statistische Auswertung

Nach Abschluss der Datenerhebung wurden die Patientendaten anonymisiert und aus der zugrunde liegenden Excel-Datei in das Statistikprogramm SPSS (Statistical Package für Social Sciences) überführt, welches zur Durchführung der statistischen Analyse verwendet wurde (Version 28.0.1.1 (14)).

Die erhobenen Daten wurden zunächst deskriptiv analysiert. Das Patientenkollektiv wurde anhand der ermittelten Häufigkeiten dargestellt. Die Verteilung der kardiovaskulären Erkrankungen, Medikamente und kardiovaskulären Risikofaktoren wurde durch absolute und prozentuale Häufigkeiten beschrieben.

Zur Überprüfung der ersten Hypothesen wurden, nach der Beschreibung der Häufigkeiten kardiovaskulärer Erkrankungen und der Medikamenteneinnahme in Bezug auf das Alter, zusätzlich statistische Signifikanztests (T-Tests) der Altersmittelwerte der Patienten durchgeführt. Zur Untersuchung eines potenziellen Zusammenhangs zwischen dem Alter der Patienten und dem Auftreten postoperativer Komplikationen wurde ein Chi-Quadrat-Test durchgeführt. Ergänzend erfolgte eine deskriptive Darstellung der Altersverteilung mittels Boxplots, um Merkmale, wie den Median sowie die Quartile, zu visualisieren.

Für die zweite Hypothese wurden Kreuztabellen mit den Parametern des Untersuchungszeitpunktes (Erstoperation und Revisionsoperation), sowie den Gruppen eins bis vier und der Anzahl an kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamente erstellt. Mittels des Chi-Quadrat-Tests wurde die statistische Signifikanz der Zusammenhänge zwischen kategorialen Variablen untersucht. Darüber hinaus wurden Signifikanzprüfungen für die einzelnen kardiovaskulären Erkrankungen und verordneten Medikamente mittels Chi-Quadrat-Test sowie dem Exakten Test nach Fisher durchgeführt.

Bei der Analyse der dritten Hypothese wurde mittels Kreuztabellen eine Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) zum Vergleich von Gruppenmittelwerten mit Hinblick auf eine statistische Signifikanz durchgeführt. Kardiovaskuläre Risikofaktoren wurden mit Hilfe des Chi-Quadrat-Test untersucht. Anschließend

wurde eine binomiale logistische Regression als Form der Regressionsanalyse durchgeführt. Die abhängige Variable war dichotom kodiert und erfasste das Auftreten postoperativer Komplikationen (Ja/Nein) sowohl nach einer Erstoperation als auch nach einer Revisionsoperation. Ziel der Analyse war die Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit für Komplikationen in Abhängigkeit von präoperativen Risikofaktoren als unabhängige Variablen. Zunächst wurde für jeden präoperativen Risikofaktor eine univariate binomiale logistische Regressionsanalyse durchgeführt. Im Anschluss daran erfolgten multivariate Regressionsanalysen, um den gleichzeitigen Einfluss mehrerer präoperativer Risikofaktoren innerhalb der jeweiligen Patientengruppen zu untersuchen.

Die statistischen Signifikanzen, die Odds Ratio und das 95 % Konfidenzintervall wurden anhand der Regressionen berechnet. Die statistische Signifikanz wurde für alle durchgeführten Tests bei einem p-Wert von 0,05 festgelegt. Auf Empfehlung der statistischen Beratung wurden präoperative Risikofaktoren in die multivariate Regressionsanalyse einbezogen, sofern sie in der univariaten Betrachtung einen p-Wert von  $< 0,1$  aufwiesen.

**Die statistische Analyse wurde in Zusammenarbeit mit der Statistikberatung des Instituts für klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der medizinischen Universität Tübingen durchgeführt. Dr. You-Shan Feng, die als Beraterin fungierte, veranlasste eine Anpassung der Kategoriegrößen bei der Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamente, um präzisere statistische Aussagen zu ermöglichen. Zudem unterstützte sie bei der Durchführung der angewendeten statistischen Tests.**

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Patientenkollektiv

##### 3.1.1 Patientenanzahl

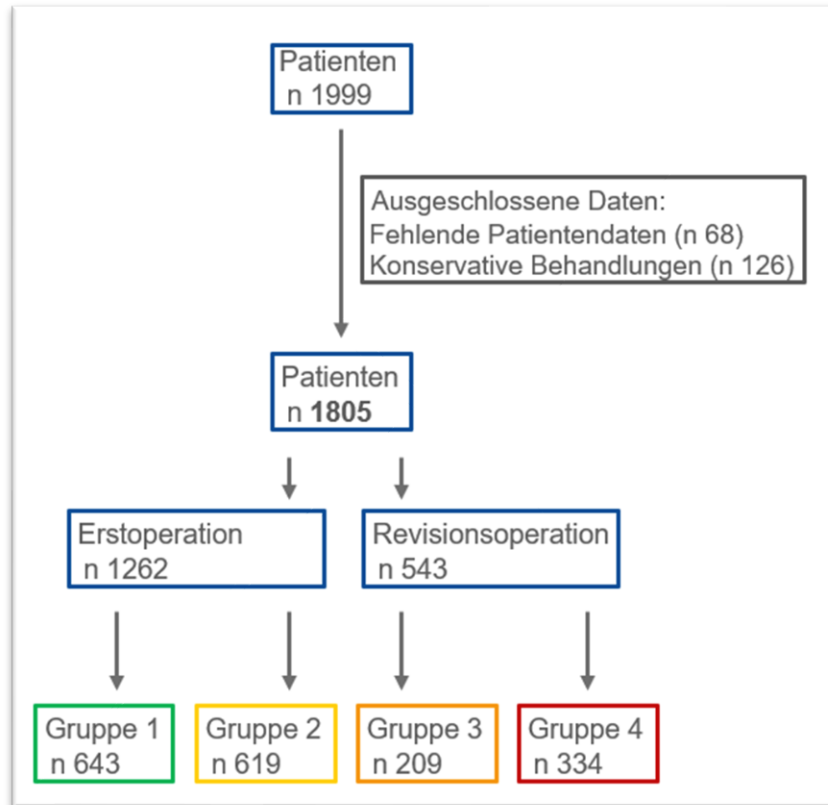


Abbildung 3: Flussdiagramm mit Anzahl der Patienten in den einzelnen Gruppen

Die Nutrition-Datenbank des Siegfried-Weller-Instituts, aus dem Zeitraum zwischen 2014 und 2018, beinhaltet 1999 Patientendaten. Für die vorliegende Studie wurden 194 Patienten von der statistischen Analyse ausgeschlossen, da 68 Patientendaten unvollständig waren und 126 konservative Behandlungen in dieser Arbeit nicht betrachtet wurden. Daraus resultierten für die statistische Auswertung insgesamt 1805 Patientendaten.

Zum Untersuchungszeitpunkt wurden 1262 Patienten zum ersten Mal operiert und 543 Patienten aufgrund einer vorausgegangenen Komplikation revidiert.

Durch die im Methodikteil unter dem Abschnitt 2.3.3 beschriebene Gruppeneinteilung anhand der Clavien-Dindo Komplikationseinteilung wurden 643 Patienten ohne Komplikation nach einer Erstoperation der Gruppe 1 und 619 Patienten mit Komplikationen nach einer Erstoperation der Gruppe 2 zugeteilt.

Des Weiteren erfolgte die Einteilung der Patienten nach einem Revisionseingriff in die Gruppen 3 und 4. Dabei wurden 209 Patienten ohne Komplikationen nach einem Revisionseingriff in die Gruppe 3, sowie 334 Patienten mit erneuten Komplikationen nach einem durchgeführten Revisionseingriff in die Gruppe 4 eingeteilt.

### 3.1.2 Allgemeine Parameter

Von den insgesamt 1805 Patienten in dem betrachteten Patientenkollektiv waren 1013 Patienten männlich (56,12 %) und 792 Patienten weiblich (43,88 %).

Das Durchschnittsalter der weiblichen Patienten entsprach 62,56 Jahren und lag damit etwa zehn Jahre über dem Durchschnittsalter der männlichen Patienten, das bei 52,94 Jahren lag. Das durchschnittliche Alter der gesamten Kohorte betrug 57,16 Jahre (Median 58 Jahre, SD 17 Jahre).

Das folgende Histogramm (Abbildung 4) zeigt die Altersverteilung der Kohorte mit dem aufgeführten Alter in Jahren auf der x-Achse und der Patientenanzahl auf der y-Achse, die Standardnormalverteilung ist in schwarz dargestellt.

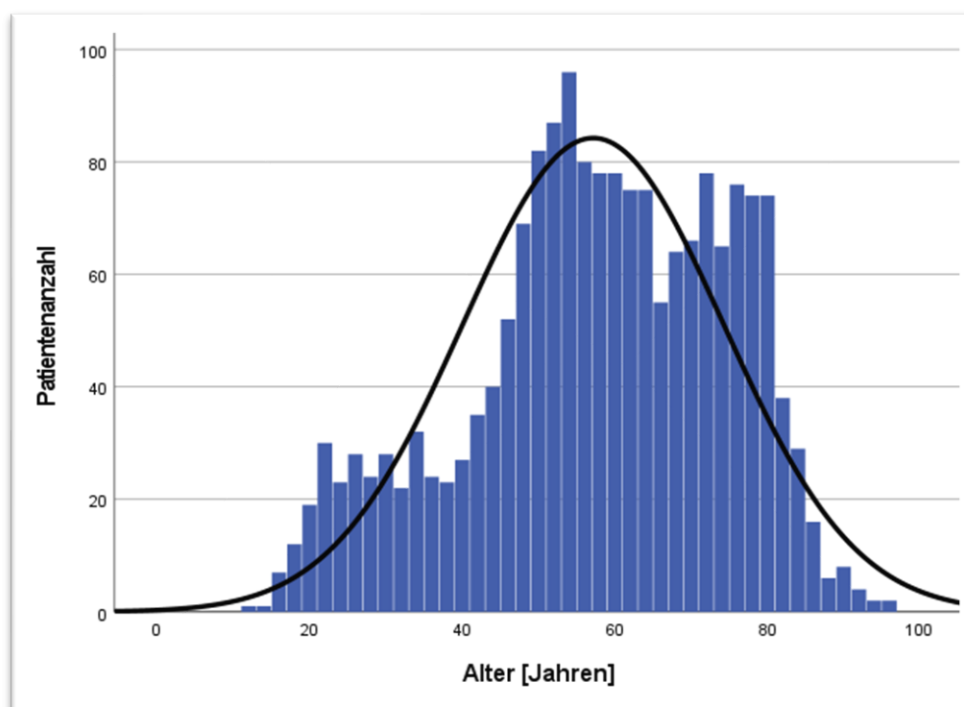


Abbildung 4: Histogramm Altersverteilung zum Zeitpunkt der Patientenaufnahme

Abbildung 5 visualisiert die geschlechtsspezifische Verteilung der Patientenzahlen in Abhängigkeit vom Alter. Auf der y-Achse sind die Altersgruppen in Altersintervallen dargestellt, während die x-Achse die Anzahl der Patienten abbildet.

Ab dem 61. Lebensjahr zeigte sich ein zunehmender Anteil weiblicher Patienten in allen folgenden analysierten Altersintervallen. Im Gegensatz dazu war der Anteil männlicher Patienten in den Altersgruppen zwischen 20 und 60 Jahren erhöht.

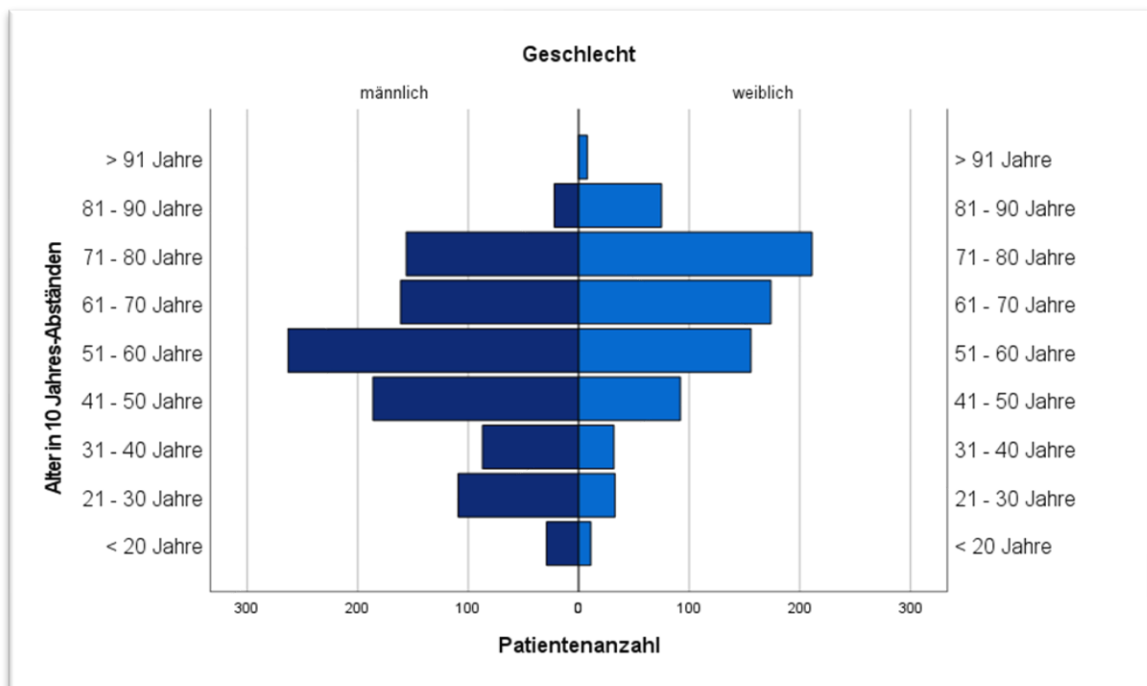


Abbildung 5: Geschlechterverteilung mit der Altersverteilung in 10 Jahres-Abständen

Die nachfolgende Tabelle 7 zeigt die absoluten sowie prozentualen Häufigkeiten der geschlechtsspezifischen Verteilung in Abhängigkeit vom Alter, unterteilt in 10 Jahres-Abständen.

Tabelle 7: Geschlechterverteilung bezogen auf das Alter in 10 Jahres-Abständen

Alter in 10 Jahres-Abständen	Geschlecht	
	männlich n 1013 n (%)	weiblich n 792 n (%)
≤ 20 Jahre	29 (72,5)	11 (27,5)
21 - 30 Jahre	109 (76,8)	33 (23,2)
31 - 40 Jahre	87 (73,1)	32 (26,9)

41 - 50 Jahre	186 (66,9)	92 (33,1)
51 - 60 Jahre	263 (62,8)	156 (37,2)
61 - 70 Jahre	161 (48,1)	174 (51,9)
71 - 80 Jahre	156 (42,5)	211 (57,5)
81 - 90 Jahre	22 (22,7)	75 (77,3)
≥ 91 Jahre	0 (0)	8 (100)

### 3.1.3 Häufigkeiten der kardiovaskulären Erkrankungen

Die mit Abstand häufigste kardiovaskuläre Erkrankung des Patientenkollektivs ist die arterielle Hypertonie, welche bei 781 Patienten und somit zu 43,3 % auftrat.

Die folgende Tabelle 8 zeigt alle erhobenen kardiovaskulären Erkrankungen und deren absoluten und prozentualen Häufigkeiten.

*Tabelle 8: Häufigkeiten der erhobenen kardiovaskulären Erkrankungen*

<b>Kardiovaskuläre Erkrankungen</b>	<b>n 1805 n (%)</b>
Arterielle Hypertonie (aHT)	781 (43,3)
Ischämische Herzkrankheiten, Koronare Herzkrankheit (KHK), Myokardinfarkt (MI), Angina pectoris (AP)	175 (9,7)
Herzrhythmusstörungen	169 (9,4)
Krankheiten der Venen, Lymphgefäße, Lymphknoten (z.B. Thrombose, Varizen, chronisch venöse Insuffizienz (CVI))	119 (6,6)
Herzinsuffizienz (HI)	118 (6,5)
Herzklappenerkrankungen (z.B. Stenose, Insuffizienz)	73 (4,0)
Zerebrovaskuläre Krankheiten (z.B. Hirnblutung, Hirninfarkt, TIA)	72 (4,0)
Krankheiten der Arterien, Arteriolen, Kapillaren (z.B. arterielle Verschlusskrankheit (pAVK))	71 (3,9)
Pulmonale Herzkrankheit, Krankheiten des Lungenkreislaufs (z.B. Lungenembolie, Cor pulmonale, pulmonale Hypertonie)	51 (2,8)
Chronische rheumatische Herz-Kreislauf-Erkrankungen / Vaskulitiden	24 (1,3)
Sonstige Herzerkrankungen (ICD 10 I30-I52), Funktionelle Herzbeschwerden	18 (1,8)
Sonstige Krankheiten des Kreislaufsystems (ICD 10 I95-I99) (z.B. Hypotonie)	9 (0,5)
Infektiöse Herzerkrankungen (z.B. Endokarditis, Perikarditis)	4 (0,2)

### 3.1.4 Häufigkeiten der kardiovaskulären Medikamente

Vermeehrt eingesetzte kardiovaskuläre Medikamente, wie beispielsweise Beta-Blocker und ACE-Hemmer, wurden im untersuchten Patientenkollektiv von 22,0 % bzw. 18,8 % der Patienten eingenommen.

Bei der hohen Anzahl der Patienten mit Cyclooxygenasehemmer (94,6 %) und Heparine (58,8 %) gilt zu beachten, dass dies Medikamente sind, welche in einer chirurgischen und orthopädischen Fachabteilung zur Analgesie und Thromboseprophylaxe eingesetzt werden.

Die folgende Tabelle 9 zeigt alle erhobenen kardiovaskulären Medikamente und deren absoluten und prozentualen Häufigkeiten.

*Tabelle 9: Häufigkeiten der erhobenen kardiovaskulären Medikamente*

<b>Kardiovaskuläre Medikamente</b>	<b>n 1805 n (%)</b>
Cyclooxygenasehemmer (COX-1 und COX-2 Hemmer)	1707 (94,6)
Heparine	1061 (58,8)
Beta-Blocker	398 (22,0)
ACE-Hemmer	340 (18,8)
Direkte orale Antikoagulantien (DOAK)	304 (16,8)
Diuretika	265 (14,7)
Lipidsenker	251 (13,9)
Angiotensinrezeptor-Blocker	206 (11,4)
Calciumantagonist	192 (10,6)
Orale Antidiabetika	116 (6,4)
Insuline	59 (3,3)
Vitamin-K-Antagonisten	41 (2,3)
Aldosteron-Antagonisten	24 (1,3)
ADP-Rezeptorantagonisten	23 (1,3)
Herzglykoside / Digitalis	18 (1,0)
Neprilysin-Inhibitoren	0 (0)

### 3.1.5 Verteilung der kardiovaskulären Risikofaktoren

Als kardiovaskuläre Risikofaktoren wurden das Geschlecht, das Alter in Jahren, das Körpergewicht (in Form des BMI mit der Einteilung in Untergewicht, Normalgewicht, Präadipositas und die Adipositas Grade I-III), die Anzahl der Nebenerkrankungen (Keine, ein bis zwei Nebenerkrankungen, drei bis fünf Nebenerkrankungen und über sechs Nebenerkrankungen), der Rauchstatus (Nichtraucher, 0 - 10 PY, 11 - 20 PY, 21 - 30 PY, über 30 PY), Diabetes mellitus, der Bluthochdruck und die Mobilität (Gehfähig, Gehstützen, Rollator, Rollstuhl, Bettlägerigkeit) untersucht.

Tabelle 10 gibt eine Übersicht über die absoluten und prozentualen Häufigkeiten der erhobenen kardiovaskulären Risikofaktoren, die in die statistische Analyse einbezogen wurden.

*Tabelle 10: Übersicht der erhobenen kardiovaskulären Risikofaktoren*

<b>Kardiovaskuläre Risikofaktoren</b>	<b>n 1805 n (%)</b>
<b>Geschlecht</b>	
männlich	1013 (56,12)
weiblich	792 (43,88)
<b>Alter (Mittelwert ± SD in Jahren)</b>	57,16 ± 17
<b>BMI</b>	
Untergewicht	24 (1,33)
Normalgewicht	618 (34,24)
Präadipositas	657 (36,40)
Adipositas Grad I	338 (18,73)
Adipositas Grad II	120 (6,65)
Adipositas Grad III	48 (2,65)
<b>Nebenerkrankungen (NE)</b>	
Keine NE	421 (23,32)
1 - 2 NE	637 (35,30)
3 - 5 NE	509 (28,20)
≥ 6 NE	238 (13,18)
<b>Rauchstatus</b>	
Nichtraucher	921 (51,03)
0 - 10 PY	259 (14,34)
11 - 20 PY	335 (18,55)
21 - 30 PY	114 (6,32)
> 30 PY	176 (9,76)

<b>Diabetes mellitus</b>	186 (10,31)
<b>Arterielle Hypertonie</b>	781 (43,30)
<b>Mobilität</b>	
Gehfähig	1355 (75,06)
Gehstützen	321 (17,79)
Rollator	82 (4,54)
Rollstuhl	29 (1,61)
Bettlägerigkeit	18 (1,00)

Ein häufig auftretender kardiovaskulärer Risikofaktor ist der Zigarettenkonsum. Es gaben 48,97 % des Patientenkollektivs an Raucher zu sein. Davon hatten 259 Patienten (14,34 %) bis 10 PY, 335 Patienten (18,55 %) 11 bis 20 PY, 114 Patienten (6,32 %) 21 bis 30 PY und 176 Patienten (9,76 %) über 30 PY.

Des Weiteren hatten 10,31 % der Patienten einen Diabetes mellitus und 43,30 % der Patientenkollektivs einen Bluthochdruck als Vordiagnose. Weitere Nebenerkrankungen wurden anhand der Anzahl aufgelistet. Es zeigten sich insgesamt 76,68 % der Patienten mit mindestens einer weiteren Nebenerkrankung und 13,18 % mit über sechs Nebenerkrankungen. Es waren 1355 Patienten (75,06 %) des Patientenkollektivs gehfähig, 17,79 % der Patienten benötigten zum Zeitpunkt der Patientenaufnahme Gehstützen zur Mobilisation.

Zur detaillierteren Analyse des Körpergewichts in Abhängigkeit vom Geschlecht wurde der Body Mass Index (BMI) herangezogen und in der nachfolgenden Abbildung 6 dargestellt. Auf der x-Achse der Abbildung ist die Patientenanzahl dargestellt, während die y-Achse die Einteilung in die BMI-Kategorien (Untergewicht, Normalgewicht, Präadipositas, Adipositas Grad I bis III) zeigt.

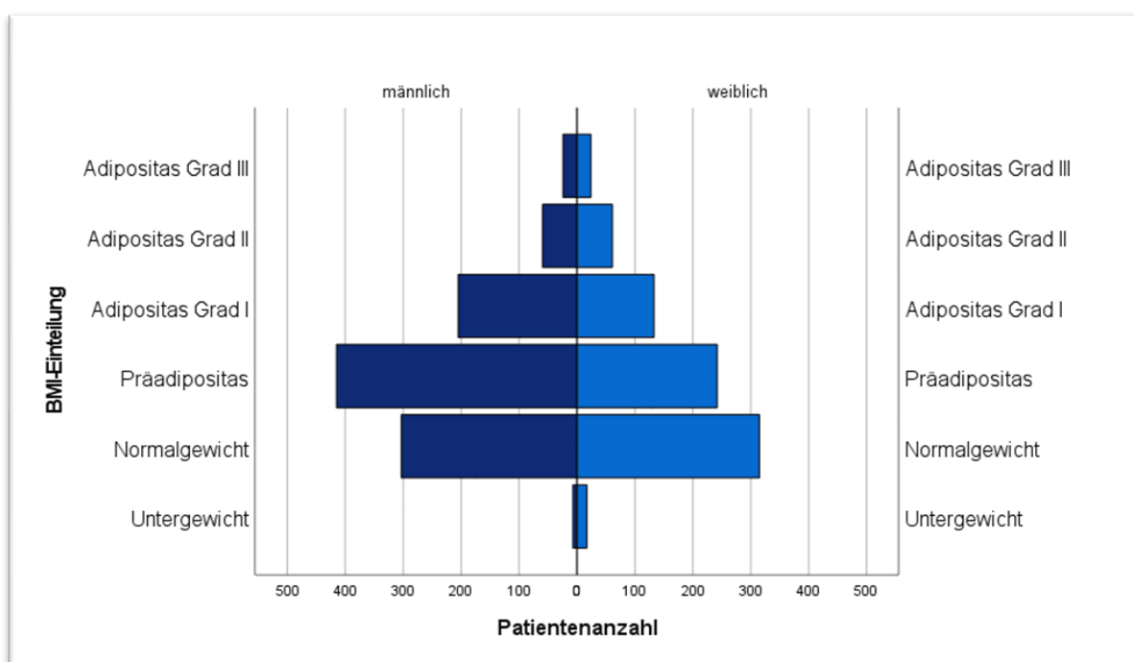


Abbildung 6: BMI als kardiovaskulärer Risikofaktor bezogen auf das Geschlecht

Normalgewichtige waren 39,77 % der weiblichen Patienten und 29,91 % der männlichen Patienten. Im Hinblick auf die Präadipositas zeigte sich ein erhöhter Anteil männlicher Patienten mit 40,96 % im Vergleich zu den weiblichen Patienten mit 30,55 %. In der männlichen Patientengruppe zeigten sich 20,23 % mit Adipositas Grad I, 5,82 % mit Adipositas Grad II und 2,3 % mit Adipositas Grad III. In der weiblichen Patientengruppe zeigten sich 16,79 % mit Adipositas Grad I, 7,70 % mit Adipositas Grad II und 3,03 % mit Adipositas Grad III. Untergewichtige Patienten waren insgesamt 17 Patientinnen (2,14 %) und 7 Patienten (0,69 %).

Der BMI-Mittelwert lag bei 27,55 kg/m<sup>2</sup> (Median 26,71 kg/m<sup>2</sup>; SD 5,35 kg/m<sup>2</sup>).

## 3.2 Hypothesenbeschreibung

### 3.2.1 Ergebnisse 1. Hypothese

Im Rahmen der Untersuchung der ersten Hypothese wurde das Alter als Risikofaktor für das Auftreten postoperativer Komplikationen analysiert. Zusätzlich wurden kardiovaskuläre Erkrankungen sowie die Einnahme von Medikamenten bezogen auf das Alter berücksichtigt. Das Alter der Probanden wurde dabei in 10-Jahres-Intervallen kategorisiert.

In der nachfolgenden Abbildung 7 und Tabelle 11 wird die Inzidenz postoperativer Komplikationen in Abhängigkeit vom Alter in 10 Jahres-Abständen dargestellt. Mehr als die Hälfte (52,8 %) des untersuchten Patientenkollektivs entwickelten postoperative Komplikationen. In einem Chi-Quadrat-Test zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem Alter und dem Auftreten einer postoperativen Komplikation ( $p$ -Wert = 0,019). Ab dem 30. Lebensjahr zeigte sich der Anteil der Patienten mit postoperativen Komplikationen in fast jeder der gebildeten Alterskategorien erhöht.

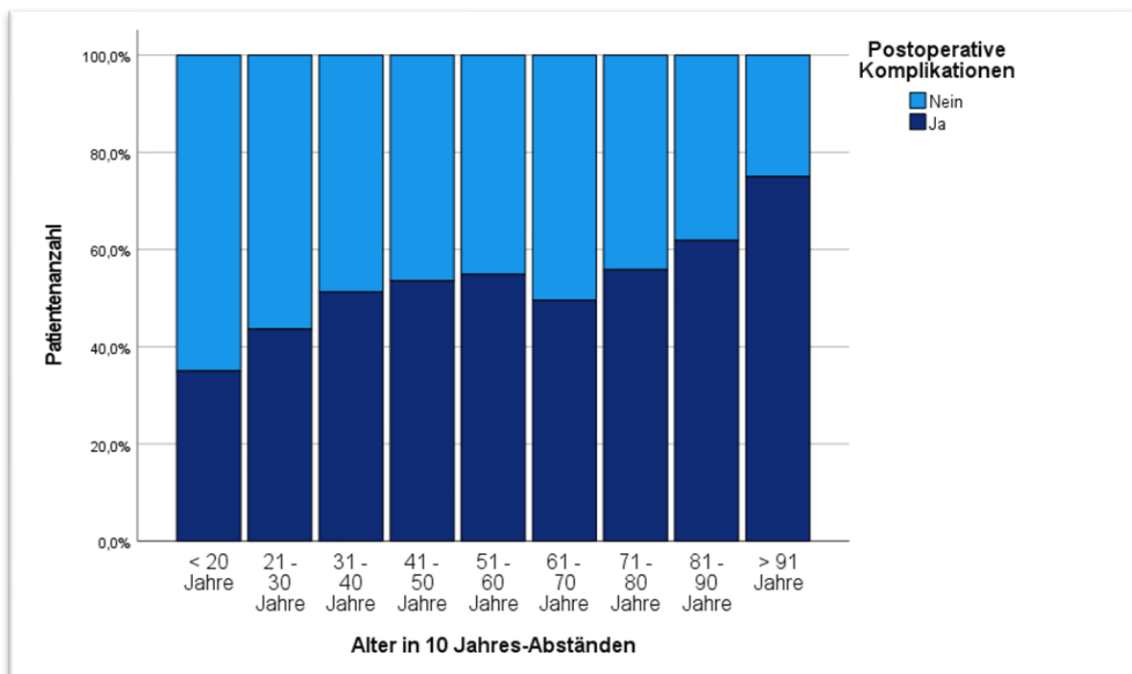


Abbildung 7: Postoperative Komplikationen bezogen auf das Alter in 10 Jahres-Abständen

Tabelle 11: Postoperative Komplikationen bezogen auf das Alter in 10 Jahres-Abständen

Alter in 10 Jahres-Abständen	Postoperative Komplikationen	
	JA n 953 n (%)	NEIN n 852 n (%)
≤ 20 Jahre	14 (35,0)	26 (65,0)
21 - 30 Jahre	62 (43,7)	80 (56,3)
31 - 40 Jahre	61 (51,3)	58 (48,7)
41 - 50 Jahre	149 (53,6)	129 (46,4)
51 - 60 Jahre	230 (54,9)	189 (45,1)
61 - 70 Jahre	166 (49,6)	169 (50,4)
71 - 80 Jahre	205 (55,9)	162 (44,1)
81 - 90 Jahre	60 (61,9)	37 (38,1)
≥ 91 Jahre	6 (75,0)	2 (25,0)

### 3.2.1.1 Kardiovaskuläre Erkrankungen bezogen auf das Alter

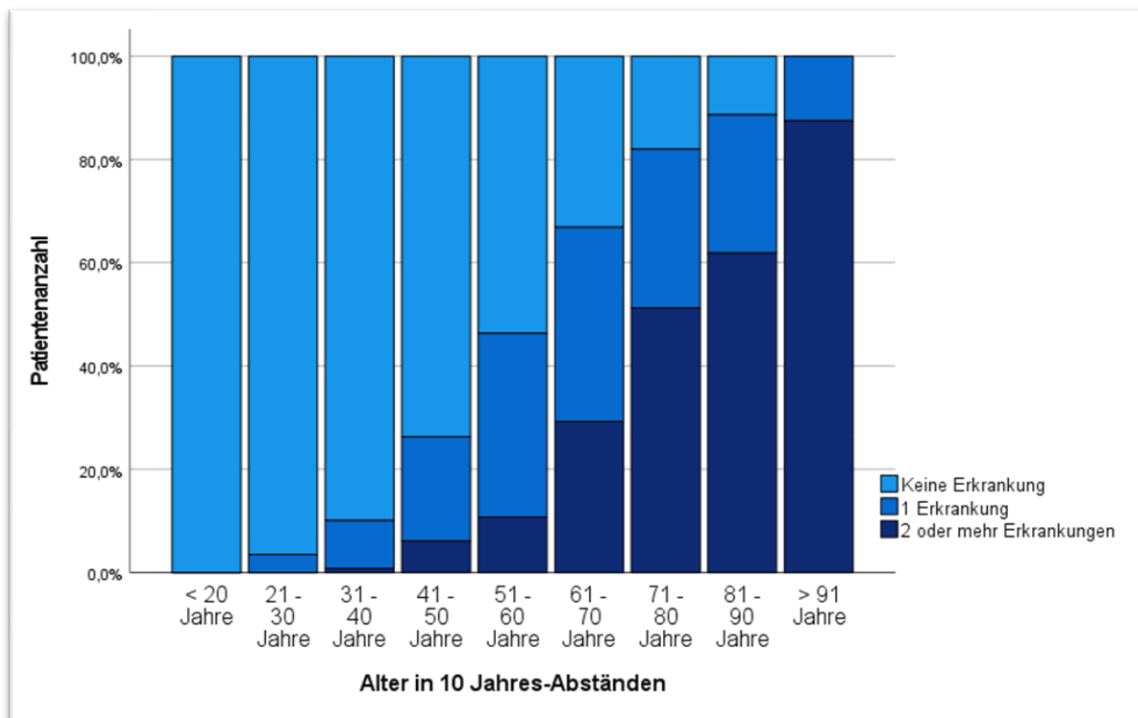


Abbildung 8: Alter in 10 Jahres-Abständen mit Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen

Die Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen erfolgte in den Kategorien „Keine“, „Eine Erkrankung“, „Zwei oder mehr Erkrankungen“. Das Alter in 10 Jahres-Anständen wurde auf der x-Achse und die Patientenanzahl auf der y-Achse aufgeführt.

Hervorzuheben ist, dass die Anzahl der Patienten in der Kategorie „Zwei oder mehr Erkrankungen“ im Altersbereich von 51 bis 60 Jahren im Vergleich zu den Jahren 61 bis 70 um etwa das Dreifache zunahm. In den folgenden 30 Jahren-Abständen zeigte sich ein stetiger Anstieg der kardiovaskulären Erkrankungen.

Bei 61,9 % der Patienten im Alter von 81 bis 90 Jahren und bei 87,5 % der Patienten im Alter von über 91 Jahren wurde in der Anamnese zwei oder mehr kardiovaskuläre Erkrankungen festgestellt. Die Kategorie keine Erkrankung ist in der Altersgruppe über 91 Jahren nicht mehr vertreten.

Die absoluten und prozentualen Häufigkeiten der kardiovaskulären Erkrankungen bezogen auf das Alter in 10 Jahres-Abständen sind in Tabelle 12 aufgeführt.

*Tabelle 12: Absolute und prozentuale Häufigkeiten der kardiovaskulären Erkrankungen*

Alter in 10 Jahres- Abständen	Kardiovaskuläre Erkrankungen (Erk.)		
	Keine Erk.	1 Erk.	2 oder mehr Erk.
	n (%)	n (%)	n (%)
≤ 20 Jahre	40 (100)	0 (0)	0 (0)
21 - 30 Jahre	137 (96,5)	5 (3,5)	0 (0)
31 - 40 Jahre	107 (89,9)	11 (9,2)	1 (0,8)
41 - 50 Jahre	205 (73,7)	56 (20,1)	17 (6,1)
51 - 60 Jahre	225 (53,7)	149 (35,6)	45 (10,7)
61 - 70 Jahre	111 (33,1)	126 (37,6)	98 (29,3)
71 - 80 Jahre	66 (18,0)	113 (30,8)	188 (51,2)
81 - 90 Jahre	11 (11,3)	26 (26,8)	60 (61,9)
≥ 91 Jahre	0 (0)	1 (12,5)	7 (87,5)

In Tabelle 13 sind die Altersmittelwerte der Patienten mit diagnostizierten kardiovaskulären Erkrankungen dargestellt. Zur Überprüfung auf statistische Signifikanzen wurde ein T-Test zur Analyse von Mittelwerten angewendet.

Tabelle 13: Altersmittelwerte der kardiovaskulären Erkrankungen

Kardiovaskuläre Erkrankungen	Alter (Mittelwert ± SD)		p-Wert (T-Test)
	Ja	Nein	
Arterielle Hypertonie (aHT)	67,23 ± 11,85	49,49 ± 16,48	< 0,001
Ischämische Herzkrankheiten, Koronare Herzkrankheit (KHK), Myokardinfarkt (MI), Angina pectoris (AP)	71,16 ± 10,52	55,66 ± 16,98	< 0,001
Herzrhythmusstörungen	74,04 ± 9,91	55,42 ± 16,72	< 0,001
Krankheiten der Venen, Lymphgefäße, Lymphknoten (z.B. Thrombose, Varizen, chronisch venöse Insuffizienz (CVI))	66,00 ± 12,07	56,54 ± 17,22	< 0,001
Herzinsuffizienz (HI)	74,79 ± 8,99	55,93 ± 16,84	< 0,001
Herzklappenerkrankungen (z.B. Stenose, Insuffizienz)	72,66 ± 11,64	56,51 ± 16,97	< 0,001
Zerebrovaskuläre Krankheiten (z.B. Hirnblutung, Hirninfarkt, TIA)	70,54 ± 9,33	56,61 ± 17,11	< 0,001
Krankheiten der Arterien, Arteriolen, Kapillaren (z.B. arterielle Verschlusskrankheit (pAVK))	70,89 ± 9,69	56,60 ± 17,09	< 0,001
Pulmonale Herzkrankheit, Krankheiten des Lungenkreislaufs (z.B. Lungenembolie, Cor pulmonale, pulmonale Hypertonie)	68,73 ± 12,71	56,82 ± 17,08	< 0,001
Chronische rheumatische Herz-Kreislauf-Erkrankungen / Vaskulitiden	72,29 ± 8,58	56,96 ± 17,08	< 0,001
Sonstige Herzerkrankungen (ICD 10 I30-I52), Funktionelle Herzbeschwerden	72,94 ± 11,05	57,00 ± 17,07	< 0,001
Sonstige Krankheiten des Kreislaufsystems (ICD 10 I95-I99) (z.B. Hypotonie)	58,44 ± 12,07	57,15 ± 17,11	0,821
Infektiöse Herzerkrankungen (z.B. Endokarditis, Perikarditis)	66,14 ± 15,43	57,14 ± 17,09	0,287

Es zeigten sich statistisch signifikante Werte bei 11 von den 13 betrachteten Gruppen der kardiovaskulären Erkrankungen. Das durchschnittliche Alter der Patienten mit beispielsweise einer arteriellen Hypertonie lag bei 67,23 Jahren und ohne einen Bluthochdruck bei 49,49 Jahren. Bei der zweithäufigsten Gruppe der erhobenen kardiovaskulären Erkrankungen, den ischämischen Herzkrankheiten, lag das durchschnittliche Alter der Patienten bei 71,16 Jahren und ohne diese Krankheitsbilder bei 55,66 Jahren.

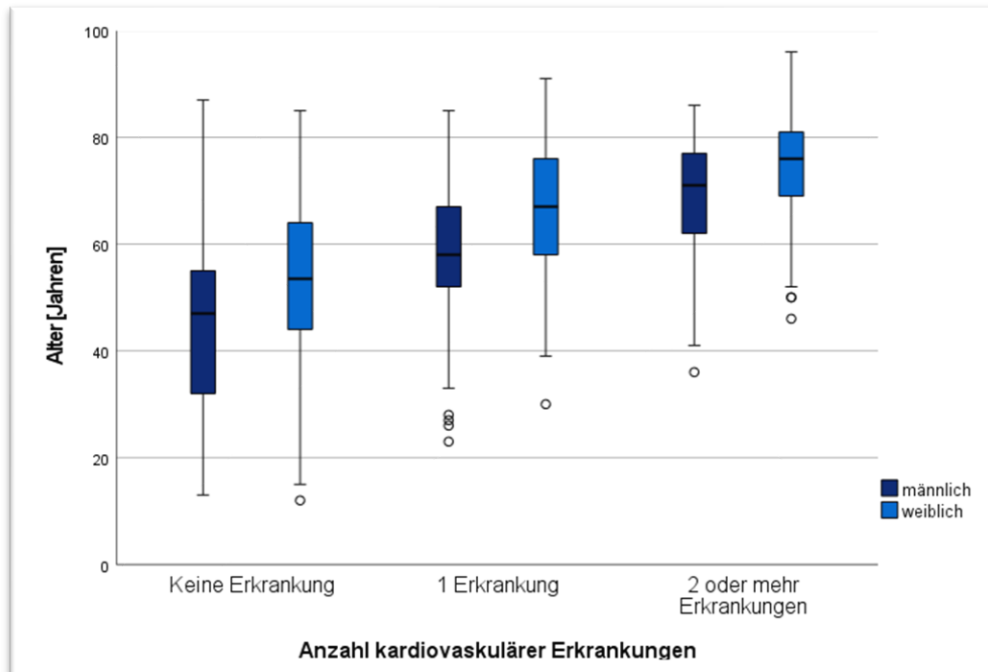


Abbildung 9: Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen bezogen auf das Alter und das Geschlecht

Der in Abbildung 9 dargestellte Boxplot zeigt die Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen, in den Kategorien „Keine“, „Eine Erkrankung“ und „Zwei oder mehr Erkrankungen“ auf der x-Achse, bezogen auf das Geschlecht und das Alter auf der y-Achse.

Es zeigte sich, dass die weiblichen Patienten im Durchschnitt älter sind als die männlichen Patienten. Darüber hinaus war bei beiden Geschlechtern ein klarer altersabhängiger Anstieg der Häufigkeit von kardiovaskulären Erkrankungen zu erkennen.

### 3.2.1.2 Kardiovaskuläre Medikamente bezogen auf das Alter

In der nachfolgenden Abbildung 10 wurde die Anzahl der therapeutisch eingesetzten kardiovaskulär wirksamen Medikamente in den vier Kategorien „Bis ein Medikament“, „Zwei Medikamente“, „Drei bis vier Medikamente“ und „Fünf oder mehr Medikamente“ dargestellt. Die Altersverteilung erfolgt in 10 Jahres-Abständen entlang der x-Achse und die jeweilige Patientenanzahl ist auf der y-Achse abgebildet.

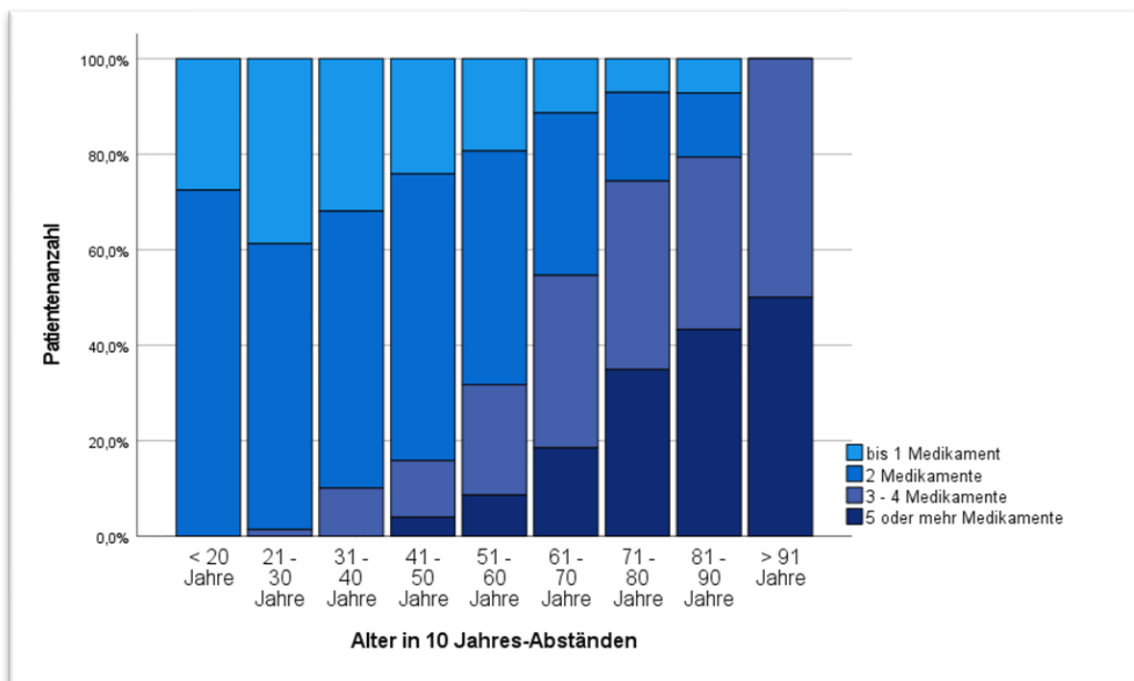


Abbildung 10: Alter in 10 Jahres-Abständen mit Anzahl der kardiovaskulären Medikamente

Es zeigte sich, dass sich die Patientenanzahl in den Kategorien „Bis ein Medikament“ und „Zwei Medikamente“ mit einem steigendem Alter verringert, bis beide Kategorien in dem letzten Altersintervall von über 91 Jahren nicht mehr vertreten sind. Die Kategorien „Drei bis vier Medikamente“ und „Fünf oder mehr Medikamente“ zeigten demgegenüber einen stetigen Anstieg. Bereits ab dem 21. Lebensjahr wurde bei einzelnen Patienten die Einnahme von drei bis vier kardiovaskulären Medikamenten dokumentiert. In der Altersgruppe von 81 bis 90 Jahren gaben 36,1 % der Befragten an, drei bis vier Medikamente einzunehmen, während 43,3 % von einer Polypharmazie berichteten.

Die absoluten und prozentualen Häufigkeiten der kardiovaskulären Medikamente bezogen auf das Alter in 10 Jahres-Abständen sind in Tabelle 14 aufgeführt.

Tabelle 14: Absolute und prozentuale Häufigkeiten der kardiovaskulären Medikamente

Alter in 10 Jahres- Abständen	Kardiovaskuläre Medikamente (Med.)			
	bis 1 Med.	2 Med.	3 - 4 Med.	5 oder mehr Med.
	n (%)	n (%)	n (%)	n (%)
≤ 20 Jahre	11 (27,5)	29 (72,5)	0 (0)	0 (0)
21 - 30 Jahre	55 (38,7)	85 (59,9)	2 (1,4)	0 (0)
31 - 40 Jahre	38 (31,9)	69 (58,0)	12 (10,1)	0 (0)
41 - 50 Jahre	67 (24,1)	167 (60,1)	33 (11,9)	11 (4,0)
51 - 60 Jahre	81 (19,3)	205 (48,9)	97 (23,2)	36 (8,6)
61 - 70 Jahre	38 (11,3)	114 (34,0)	121 (36,1)	62 (18,5)
71 - 80 Jahre	26 (7,1)	68 (18,5)	145 (39,5)	128 (34,9)
81 - 90 Jahre	7 (7,2)	13 (13,4)	35 (36,1)	42 (43,3)
≥ 91 Jahre	0 (0)	0 (0)	4 (50,0)	4 (50,0)

Die folgende Tabelle 15 zeigt die durchschnittlichen Alterswerte der Patienten, die eine Medikation aus den erhobenen kardiovaskulären Medikamentengruppen einnahmen. Zur Prüfung auf statistische Signifikanzen wurde ein T-Test zur Analyse von Mittelwerten angewendet.

Tabelle 15: Altersmittelwerte der kardiovaskulären Medikamente

Kardiovaskuläre Medikamente	Alter (Mittelwert ± SD)		p-Wert (T-Test)
	Ja	Nein	
Cyclooxygenasehemmer (COX-1 und COX-2 Hemmer)	57,01 ± 17,12	59,86 ± 16,41	0,108
Heparine	56,07 ± 17,37	58,72 ± 16,57	< 0,001
Beta-Blocker	69,59 ± 11,11	53,65 ± 16,84	< 0,001
ACE-Hemmer	67,29 ± 12,20	54,81 ± 17,21	< 0,001
Direkte orale Antikoagulantien (DOAK)	67,05 ± 11,27	55,16 ± 17,37	< 0,001
Diuretika	72,96 ± 10,45	54,44 ± 16,53	< 0,001
Lipidsenker	69,87 ± 10,68	55,11 ± 17,04	< 0,001
Angiotensinrezeptor-Blocker	68,12 ± 11,16	55,75 ± 17,21	< 0,001
Calciumantagonist	68,49 ± 11,77	55,81 ± 17,13	< 0,001
Orale Antidiabetika	66,67 ± 11,30	56,51 ± 17,23	< 0,001
Insuline	66,86 ± 12,96	56,83 ± 17,12	< 0,001
Vitamin-K-Antagonisten	72,73 ± 11,03	56,80 ± 17,04	< 0,001

Aldosteron-Antagonisten	72,83 ± 13,85	56,95 ± 17,03	< 0,001
ADP-Rezeptorantagonist	70,22 ± 10,32	56,99 ± 17,09	< 0,001
Herzglykoside / Digitalis	77,67 ± 5,82	56,95 ± 17,04	< 0,001
Neprilysin-Inhibitoren	0 ± 0	0 ± 0	/

Statistisch signifikante Werte wurden in 14 der 16 betrachteten Gruppen kardiovaskulärer Medikamente festgestellt. Das durchschnittliche Alter der Patienten, die Beta-Blocker einnahmen, betrug 69,59 Jahre, während das durchschnittliche Alter der Patienten ohne Beta-Blocker bei 53,65 Jahren lag. Patienten, mit der Einnahme eines ACE-Hemmers, waren im Durchschnitt 67,29 Jahre alt, im Gegensatz zu den Patienten ohne diese Medikamentengruppe, die ein durchschnittliches Alter von 54,81 Jahren aufwiesen. Die Gruppe der Cyclooxygenasehemmer wies in der statistischen Analyse keine Signifikanzen auf. Im untersuchten Patientenkollektiv nahm keiner der Patienten einen Neprilysin-Inhibitor ein.

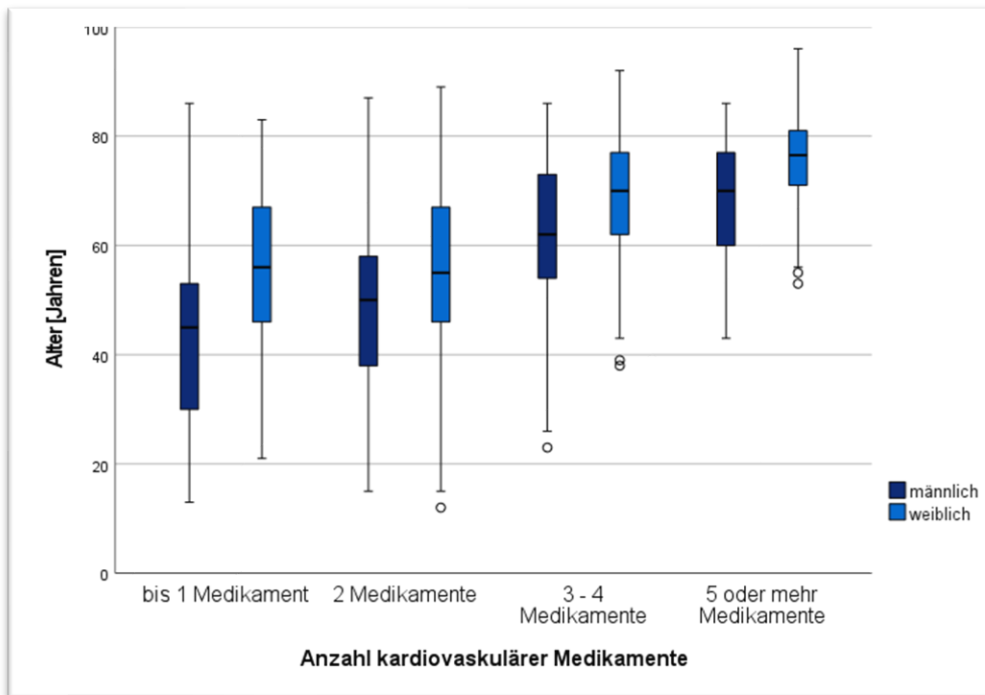


Abbildung 11: Anzahl der kardiovaskulären Medikamente bezogen auf das Alter und das Geschlecht

Die Abbildung 11 zeigt einen Boxplot, in dem die Anzahl der eingenommenen kardiovaskulären Medikamente, unterteilt in die Kategorien „Bis ein Medikament“, „Zwei Medikamente“, „Drei bis vier Medikamente“, sowie „Fünf oder mehr Medikamente“, auf der x-Achse dargestellt ist. Die y-Achse bildet das Alter der Patienten in Jahren ab. Die Darstellung erfolgt geschlechtsspezifisch.

Die Grafik zeigt gleichermaßen den geschlechtsunabhängigen Trend, wonach die Anzahl der kardiovaskulären Medikamente mit zunehmendem Alter ansteigt. Darüber hinaus zeigt sich, dass weibliche Patienten im Durchschnitt ein höheres Alter aufweisen als männliche Patienten.

### 3.2.2 Ergebnisse 2. Hypothese

Zur Überprüfung der zweiten Hypothese, wonach kardiovaskuläre Erkrankungen, sowie die Einnahme entsprechender Medikamente als Prädiktoren für postoperative Komplikationen fungieren, wurde eine differenzierte Analyse durchgeführt. Diese erfolgte einerseits unter Berücksichtigung des stationären Aufnahmegrundes zum Untersuchungszeitpunkt (Erstoperation oder Revisionsoperation) und andererseits anhand der Einteilung in die Gruppen 1 bis 4 gemäß der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo.

#### 3.2.2.1 Kardiovaskuläre Erkrankungen und Medikamente zum Untersuchungszeitpunkt

Tabelle 16: Anzahl kardiovaskulärer Erkrankungen und Medikamente zum Untersuchungszeitpunkt

	<b>Erstoperation</b> (keine Komplikation)	<b>Revisionsoperation</b> (aufgrund einer Komplikation)	<b>p-Wert</b> (Chi-Quadrat-Test)
	n 1262 n (%)	n 543 n (%)	
<b>Kardiovaskuläre Erkrankungen</b>			<b>&lt; 0,001</b>
Keine Erkrankung	669 (53,01)	233 (42,91)	
1 Erkrankung	328 (25,99)	159 (29,28)	
≥ 2 Erkrankungen	265 (21,00)	151 (27,81)	
<b>Kardiovaskuläre Medikamente</b>			<b>0,005</b>
≤ 1 Medikament	251 (19,89)	72 (13,26)	
2 Medikamente	522 (41,36)	228 (41,99)	
3 - 4 Medikamente	302 (23,93)	147 (27,07)	
≥ 5 Medikamente	187 (14,82)	96 (17,68)	

In Tabelle 16 wurde die Anzahl der Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamenten zum Untersuchungszeitpunkt betrachtet. Es zeigte sich ein statistischer Zusammenhang bei Patienten, welche aufgrund einer Komplikation eine erneute Revisionsoperation benötigten und der Anzahl an kardiovaskulären Erkrankungen und der Einnahme entsprechender Medikamente.

In der Revisionsoperationsgruppe mit 543 Patienten hatten über die Hälfte der Patienten (57,09 %) mindestens eine kardiovaskuläre Erkrankung in der Anamnese. In der Vergleichsgruppe bei den Patienten, welche ohne vorherige Komplikation eine Erstoperation bekamen, wiesen 46,99 % der Patienten mindestens eine kardiovaskuläre Erkrankung auf. In der Erstoperationsgruppe nahmen 38,75 % der Patienten mindestens drei kardiovaskuläre Medikamente ein. Im Vergleich zu den Patienten mit einer Revisionsoperation zeigte sich dahingehend ein Anstieg um 6 % bei dieser Anzahl von kardiovaskulären Medikamenten.

### **3.2.2.2 Kardiovaskuläre Erkrankungen und Medikamente in den gebildeten Gruppen 1 bis 4**

In der nachfolgenden Tabelle 17 wird die Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen und der eingenommenen Medikamente in den Gruppen 1 bis 4 analysiert, um mögliche Zusammenhänge mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen zu untersuchen.

Statistisch signifikante Werte offenbarten eine Korrelation zwischen der Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen sowie der verabreichten Medikamente und der Rate postoperativer Komplikationen.

Bei Patienten, die nach einer Erstoperation eine postoperative Komplikation entwickelten, hatten 26,17 % eine und 25,04 % zwei oder mehr kardiovaskuläre Erkrankungen. Im Vergleich zu den Patienten, welche nach der Erstoperation keine Komplikation entwickelten, wiesen 25,82 % eine und 17,10 % zwei oder mehr kardiovaskuläre Erkrankungen in der medizinischen Vorgeschichte auf.

Ähnliche Tendenzen zeigten sich bei den Patienten mit Komplikationen nach der Revisionsoperation, von denen 29,94 % eine und 31,14 % zwei oder mehr kardiovaskuläre Erkrankungen aufzeigten. In der Gruppe mit den Patienten, die keine postoperativen Komplikationen nach einer Revisionsoperation bekamen, hatten 28,23 % eine und 22,49 % zwei oder mehr kardiovaskuläre Erkrankungen.

Im Vergleich zu den Patienten ohne postoperative Komplikationen nach einer Erstoperation stieg der Anteil der Patienten mit Komplikationen bei der Einnahme von mindestens drei kardiovaskulärer Medikamente um 7,34 %. Dahingehend lag der Patientenanteil, die am Tag mehr als drei Medikamente einnehmen und Komplikationen nach einer Revisionsoperation entwickelten im Gegensatz zu den Patienten ohne Komplikationen um 9,74 % höher.

Tabelle 17: Anzahl kardiovaskulärer Erkrankungen und Medikamente in den Gruppen 1 - 4

	<b>Gruppe 1</b>	<b>Gruppe 2</b>	<b>Gruppe 3</b>	<b>Gruppe 4</b>	<b>p-Wert</b> (Chi-Quadrat-Test)
	n 643 n (%)	n 619 n (%)	n 209 n (%)	n 334 n (%)	
<b>Kardiovaskuläre Erkrankungen</b>					<b>&lt; 0,001</b>
Keine Erkrankung	367 (57,08)	302 (48,79)	103 (49,28)	130 (38,92)	
1 Erkrankung	166 (25,82)	162 (26,17)	59 (28,23)	100 (29,94)	
≥ 2 Erkrankungen	110 (17,10)	155 (25,04)	47 (22,49)	104 (31,14)	
<b>Kardiovaskuläre Medikamente</b>					<b>&lt; 0,001</b>
≤ 1 Medikament	142 (22,08)	109 (17,61)	37 (17,70)	35 (10,48)	
2 Medikamente	275 (42,77)	247 (39,90)	91 (43,54)	137 (41,02)	
3 - 4 Medikamente	143 (22,24)	159 (25,69)	48 (22,97)	99 (29,64)	
≥ 5 Medikamente	83 (12,91)	104 (16,80)	33 (15,79)	63 (18,86)	

### 3.2.2.3 Abbildungen

Die beiden folgenden Abbildungen veranschaulichen den in Abschnitt 3.2.2.2 dargestellten Zusammenhang zwischen der Anzahl der kardiovaskulären Erkrankungen sowie der Einnahme von kardiovaskulären Medikamenten und dem Auftreten von postoperativen Komplikationen.

In beiden Darstellungen sind auf der x-Achse die Gruppen 1 bis 4 aufgetragen und auf der y-Achse die Patientenzahl in Prozent.

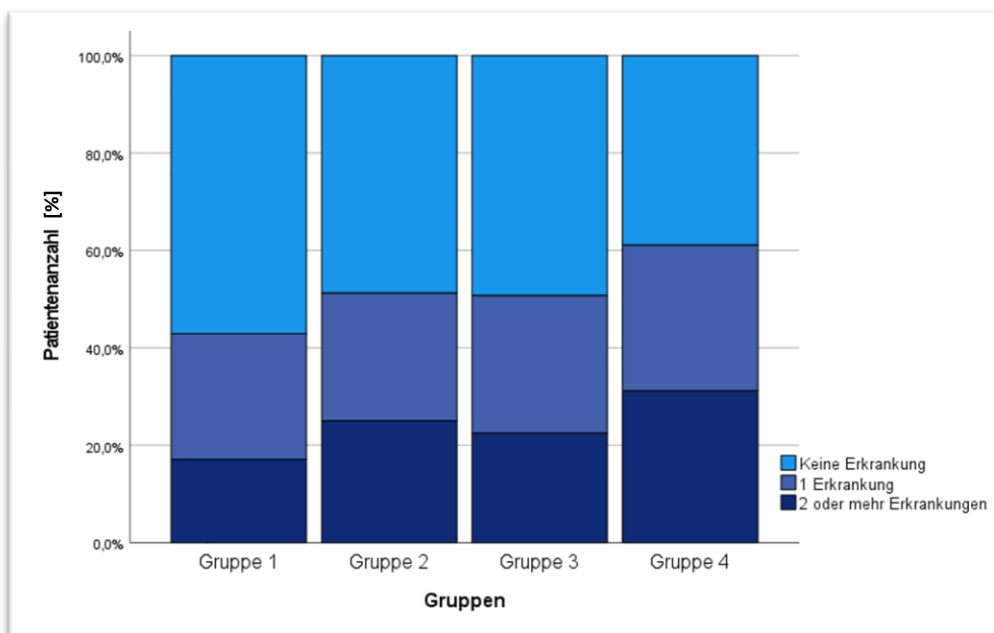


Abbildung 12: Anzahl kardiovaskulärer Erkrankungen in den Gruppen 1 - 4

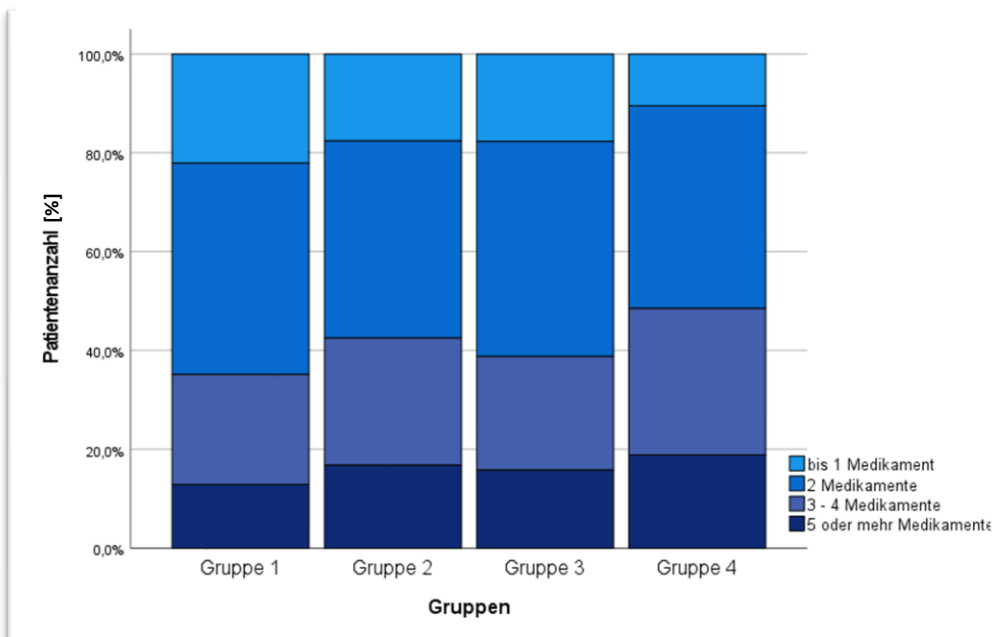


Abbildung 13: Anzahl kardiovaskulärer Medikamente in den Gruppen 1 - 4

### 3.2.2.4 Übersicht über die kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamente in den gebildeten Gruppen 1 bis 4

Tabelle 18: Kardiovaskuläre Erkrankungen und Medikamente in den Gruppen 1 - 4  
für den p-Wert gilt: 1= Chi-Quadrat-Test; 2 = Exakter Test nach Fisher

	Gruppe 1 n 643	Gruppe 2 n 619	Gruppe 3 n 209	Gruppe 4 n 334	p-Wert
<b>Kardiovaskuläre Erkrankungen</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	
Arterielle Hypertonie	243 (37,79)	264 (42,65)	94 (44,98)	180 (53,89)	< 0,001 <sup>1</sup>
Ischämische Herzkrankheiten, Koronare Herzkrankheit, Myokardinfarkt, Angina pectoris	46 (7,15)	65 (10,50)	24 (11,48)	40 (11,98)	0,047 <sup>1</sup>
Herzrhythmusstörungen	45 (7,00)	68 (10,99)	15 (7,18)	41 (12,28)	0,014 <sup>1</sup>
Krankheiten der Venen, Lymphgefäße, Lymphknoten (z.B. Thrombose, Varizen, chronisch venöse Insuffizienz)	30 (4,67)	46 (7,43)	13 (6,22)	30 (8,98)	0,051 <sup>1</sup>
Herzinsuffizienz	24 (3,73)	52 (8,40)	11 (5,26)	31 (9,28)	< 0,001 <sup>1</sup>
Herzklappenerkrankungen (Stenose, Insuffizienz)	19 (2,95)	33 (5,33)	7 (3,35)	14 (4,19)	0,190 <sup>2</sup>
Zerebrovaskuläre Krankheiten (z.B. Hirnblutung, Hirninfarkt, TIA)	22 (3,42)	26 (4,20)	10 (4,78)	14 (4,19)	0,805 <sup>1</sup>
Krankheiten der Arterien, Arteriolen, Kapillaren (z.B. arterielle Verschlusskrankheit)	15 (2,33)	25 (4,04)	9 (4,31)	22 (6,59)	0,014 <sup>1</sup>
Pulmonale Herzkrankheit, Krankheiten des Lungenkreislaufs (z.B. Lungenembolie, Cor pulmonale, pulmonale Hypertonie)	13 (2,02)	15 (2,42)	8 (3,83)	15 (4,49)	0,108 <sup>1</sup>
Chronische rheumatische Herz-Kreislauf-Erkrankungen / Vaskulitiden	8 (1,24)	5 (0,81)	3 (1,44)	8 (2,40)	0,240 <sup>2</sup>
Sonstige Herzerkrankungen (ICD 10 I30-I52), Funktionelle Herzbeschwerden	3 (0,47)	8 (1,29)	2 (0,96)	5 (1,50)	0,282 <sup>2</sup>
Sonstige Krankheiten des Kreislaufsystems (ICD 10 I95-I99)	1 (0,16)	6 (0,97)	1 (0,48)	1 (0,30)	0,195 <sup>2</sup>
Infektiöse Herzerkrankungen	0 (0)	4 (0,65)	0 (0)	0 (0)	0,084 <sup>2</sup>
<b>Kardiovaskuläre Medikamente</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	<b>n (%)</b>	
Cyclooxygenasehemmer (COX-1 + COX-2)	623 (96,89)	590 (95,32)	190 (90,91)	304 (91,02)	< 0,001 <sup>1</sup>
Heparine	315 (48,99)	348 (56,22)	146 (69,86)	252 (75,45)	< 0,001 <sup>1</sup>
Beta-Blocker	123 (19,13)	145 (23,42)	46 (22,01)	84 (25,15)	0,125 <sup>1</sup>
ACE-Hemmer	105 (16,33)	113 (18,26)	39 (18,66)	83 (24,85)	0,014 <sup>1</sup>
Direkte orale Antikoagulantien (DOAK)	139 (21,62)	116 (18,74)	19 (9,09)	30 (8,98)	< 0,001 <sup>1</sup>
Diuretika	69 (10,73)	93 (15,02)	33 (15,79)	70 (20,96)	< 0,001 <sup>1</sup>
Lipidsenker	72 (11,20)	100 (16,16)	30 (14,35)	49 (14,67)	0,080 <sup>1</sup>
Angiotensinrezeptor-Blocker	65 (10,11)	78 (12,60)	22 (10,53)	41 (12,28)	0,503 <sup>1</sup>
Calciumantagonist	59 (9,18)	70 (11,31)	17 (8,13)	46 (13,77)	0,087 <sup>1</sup>
Orale Antidiabetika	30 (4,67)	43 (6,95)	13 (6,22)	30 (8,98)	0,064 <sup>1</sup>
Insuline	16 (2,49)	17 (2,75)	11 (5,26)	15 (4,49)	0,112 <sup>1</sup>
Vitamin-K-Antagonisten	15 (2,33)	17 (2,75)	2 (0,96)	7 (2,10)	0,544 <sup>2</sup>
Aldosteron-Antagonisten	7 (1,09)	7 (1,13)	4 (1,91)	6 (1,80)	0,694 <sup>2</sup>
ADP-Rezeptorantagonist	8 (1,24)	7 (1,13)	4 (1,91)	4 (1,20)	0,829 <sup>2</sup>
Herzglykoside / Digitalis	5 (0,78)	7 (1,13)	0 (0)	6 (1,80)	0,200 <sup>2</sup>

Die Tabelle 18 zeigt eine Übersicht aller erhobenen kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamente bezogen auf die Gruppeneinteilung 1 bis 4, gemäß der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo.

In der statistischen Analyse zeigten sich signifikante Werte für die arterielle Hypertonie (p-Wert = < 0,001), für ischämischen Herzkrankheiten (p-Wert = 0,047), für Herzrhythmusstörungen (p-Wert = 0,014), für die Herzinsuffizienz (p-Wert = < 0,001) und für Krankheiten der Arterien (p-Wert = 0,014).

Bei weiteren erhobenen kardiovaskulären Erkrankungen konnte im Einzelnen keine Signifikanz festgestellt werden.

Für die kardiovaskulären Medikamente zeigten sich in der statistischen Analyse Signifikanzen für die Cyclooxygenasehemmer (p-Wert = < 0,001), für die Gruppe der Heparine (p-Wert = < 0,001), für die ACE-Hemmer (p-Wert = 0,014), für die neuen oralen Antikoagulantien (p-Wert = < 0,001) und für Diuretika (p-Wert = < 0,001).

Weitere erhobene kardiovaskuläre Medikamente zeigten in der einzelnen statistischen Auswertung keinen signifikanten Zusammenhang in Bezug auf die Gruppen 1 bis 4.

### **3.2.3 Ergebnisse 3. Hypothese**

#### **3.2.3.1 Übersicht der kardiovaskulären Risikofaktoren in den gebildeten Gruppen 1 bis 4**

Zur Überprüfung der Hypothese, dass präoperative Risikofaktoren in den Gruppen mit Komplikationen erhöht sind, wurde eine detaillierte Analyse aller erhobenen präoperativen Risikofaktoren durchgeführt. Die Analyse auf statistische Signifikanzen erfolgte in den zuvor definierten Gruppen 1 bis 4 nach der Clavien-Dindo Komplikationseinteilung und ist in Tabelle 19 zusammengefasst.

Tabelle 19: Präoperative Risikofaktoren in den Gruppen 1 bis 4  
für den p-Wert gilt: 1 = Varianzanalyse (ANOVA); 2 = Chi-Quadrat-Test

Präoperative Risikofaktoren	Gruppe 1 n 643	Gruppe 2 n 619	Gruppe 3 n 209	Gruppe 4 n 334	Gesamt n 1805	p-Wert
<b>Alter [Jahren] (Mittelwert ± SD)</b>	56,29 ± 17,6	58,28 ± 17,5	54,26 ± 17,2	58,59 ± 14,9	57,16 ± 17,1	<b>0,005<sup>1</sup></b>
<b>Geschlecht</b>						<b>&lt; 0,001<sup>2</sup></b>
männlich n (%)	338 (52,57)	317 (51,21)	131 (62,68)	227 (67,96)	1013 (56,12)	
weiblich n (%)	305 (47,43)	302 (48,79)	78 (37,32)	107 (32,04)	792 (43,88)	
<b>BMI [kg/m<sup>2</sup>]</b>						
Mittelwert ± SD	27,02 ± 4,9	27,21 ± 5,2	27,78 ± 5,3	29,05 ± 6,1	27,55 ± 5,3	<b>&lt; 0,001<sup>1</sup></b>
Untergewicht n (%)	9 (1,40)	10 (1,62)	1 (0,48)	4 (1,20)	24 (1,33)	
Normalgewicht n (%)	237 (36,86)	226 (36,51)	69 (33,01)	86 (25,75)	618 (34,24)	
Präadipositas n (%)	242 (37,64)	227 (36,67)	72 (34,45)	116 (34,73)	657 (36,40)	
Adipositas Grad I n (%)	109 (16,95)	106 (17,12)	45 (21,53)	78 (23,35)	338 (18,73)	
Adipositas Grad II n (%)	36 (5,60)	34 (5,49)	17 (8,14)	33 (9,88)	120 (6,65)	
Adipositas Grad III n (%)	10 (1,55)	16 (2,58)	5 (2,39)	17 (5,09)	48 (2,65)	
<b>ASA-Klassifikation</b>						<b>&lt; 0,001<sup>2</sup></b>
ASA 1 n (%)	150 (23,33)	119 (19,22)	38 (18,18)	39 (11,68)	346 (19,16)	
ASA 2 n (%)	413 (64,23)	367 (59,29)	132 (63,16)	217 (64,97)	1129 (62,55)	
ASA 3 n (%)	78 (12,13)	129 (20,84)	39 (18,66)	76 (22,75)	322 (17,84)	
ASA 4 n (%)	2 (0,31)	4 (0,65)	0 (0)	2 (0,60)	8 (0,45)	
<b>CCI</b>						<b>0,004<sup>2</sup></b>
0 Punkte n (%)	468 (72,78)	417 (67,37)	147 (70,33)	199 (59,58)	1231 (68,19)	
1 - 2 Punkte n (%)	128 (19,91)	139 (22,45)	45 (21,53)	89 (26,65)	401 (22,22)	
3 - 4 Punkte n (%)	33 (5,13)	49 (7,92)	14 (6,70)	30 (8,98)	126 (6,98)	
≥ 5 Punkte n (%)	14 (2,18)	14 (2,26)	3 (1,44)	16 (4,79)	47 (2,61)	
<b>Nebenerkrankungen (NE)</b>						<b>0,019<sup>2</sup></b>
Keine NE n (%)	159 (24,73)	151 (24,39)	52 (24,88)	59 (17,66)	421 (23,32)	
1 - 2 NE n (%)	248 (38,57)	202 (32,63)	65 (31,10)	122 (36,53)	637 (35,30)	
3 - 5 NE n (%)	165 (25,66)	182 (29,41)	67 (32,06)	95 (28,44)	509 (28,20)	
≥ 6 NE n (%)	71 (11,04)	84 (13,57)	25 (11,96)	58 (17,37)	238 (13,18)	
<b>Rauchstatus</b>						<b>&lt; 0,001<sup>2</sup></b>
Nichtraucher n (%)	362 (56,30)	319 (51,53)	94 (44,98)	146 (43,71)	921 (51,03)	
0 - 10 PY n (%)	87 (13,53)	96 (15,51)	35 (16,75)	41 (12,28)	259 (14,34)	
11 - 20 PY n (%)	115 (17,88)	114 (18,42)	40 (19,13)	66 (19,76)	335 (18,55)	
21 - 30 PY n (%)	33 (5,13)	31 (5,01)	16 (7,66)	34 (10,18)	114 (6,32)	
> 30 PY n (%)	46 (7,15)	59 (9,53)	24 (11,48)	47 (14,07)	176 (9,76)	
<b>Mobilität</b>						<b>&lt; 0,001<sup>2</sup></b>
Gehfähig n (%)	533 (82,89)	495 (79,97)	144 (68,90)	183 (54,79)	1355 (75,06)	
Gehstützen n (%)	84 (13,06)	74 (11,95)	49 (23,44)	114 (34,13)	321 (17,79)	
Rollator n (%)	20 (3,11)	33 (5,33)	9 (4,31)	20 (5,99)	82 (4,54)	
Rollstuhl n (%)	4 (0,62)	8 (1,29)	5 (2,39)	12 (3,59)	29 (1,61)	
Bettlägerigkeit n (%)	2 (0,32)	9 (1,46)	2 (0,96)	5 (1,50)	18 (1,00)	
<b>Arterielle Hypertonie n (%)</b>	243 (37,79)	264 (42,65)	94 (44,98)	180 (53,89)	781 (43,30)	<b>&lt; 0,001<sup>2</sup></b>
<b>Diabetes mellitus n (%)</b>	53 (8,24)	68 (10,99)	22 (10,53)	43 (12,87)	186 (10,31)	0,129 <sup>2</sup>

Es zeigte sich bei fast allen erhobenen präoperativen Risikofaktoren einen statistisch signifikanten Zusammenhang bezüglich der postoperativ entwickelten Komplikationen.

Das durchschnittliche Alter der gesamten Kohorte lag bei 57,18 Jahren. In den Gruppen mit Komplikationen, sowohl nach einer Erstoperation als auch nach einem Revisionseingriff, zeigten sich die Altersmittelwerte im Gegensatz zu den Gruppen ohne Komplikationen erhöht (p-Wert = 0,005). Die Patienten mit Komplikationen nach einem Ersteingriff waren im Durchschnitt zwei Jahre älter als die Patienten ohne postoperative Komplikationen. In der Gruppe mit den Patienten, welche nach einer Revisionsoperation postoperative Komplikationen entwickelten, waren die Patienten im Durchschnitt vier Jahre älter als die Patienten ohne erneute Komplikationen.

Der Anteil der männlichen Patienten lag in der Gruppe mit Komplikationen nach einer Revisionsoperation bei 67,96 %. Bei den Patienten ohne Komplikationen nach einer Revisionsoperation waren es 62,68 % männliche Patienten.

Weiterhin zeigte sich ein statistischer Zusammenhang bei dem errechneten BMI (p-Wert = < 0,001). Bei einem durchschnittlichen BMI von 27,55 kg/m<sup>2</sup> der gesamten Kohorte, zeigten sich im Vergleich zu den Patienten ohne Komplikationen erhöhte Mittelwerte in den Gruppen mit postoperativen Komplikationen (Gruppe 2: 27,21 kg/m<sup>2</sup>; Gruppe 4: 29,05 kg/m<sup>2</sup>). Zudem stieg der Anteil der Patienten mit den Adipositas Graden I-III in beiden Komplikationsgruppen.

Bei der ASA-Klassifikation zeigte sich ein Anstieg bei der Anzahl der Patienten mit einer Einstufung in eine ASA-3 Kategorie. Es wurden 12,13 % der Patienten in der Gruppe 1 und 20,84 % der Patienten in der Gruppe 2 als ASA 3 eingestuft. Nach einem Revisionseingriff zeigte sich ebenfalls ein Anstieg der Patienten mit einer ASA 3 Klassifikation von 18,66 % der Patienten in der Gruppe 3 auf 22,75 % der Patienten in der Gruppe 4.

Des Weiteren zeigte sich ein erhöhter Score bei dem errechnete Charlson-Komorbiditätsindex (CCI) in den Gruppen mit Komplikationen (p- Wert = 0,004). Beispielsweise hatten 5,13 % der Patienten in der ersten Gruppe und 7,92 % der

Patienten in der zweiten Gruppe einen Score von 3 - 4 Punkten. In der dritten Gruppe waren es 18,66 % und in der vierten Gruppe 22,75 % der Patienten mit 3 - 4 Punkten. Bei dem Score von > 5 Punkten stieg der Anteil der Patienten in der Gruppe 3 mit 1,44 % der Patienten auf 4,79 % der Patienten in der Gruppe 4 an.

Die Anzahl der Nebenerkrankungen zeigten ebenfalls einen signifikanten Zusammenhang (p-Wert = 0,019). Der Anteil der Patienten mit sechs oder mehr Nebenerkrankungen stieg in beiden Gruppen mit Komplikationen an.

Der Rauchstatus wies ebenso eine statistische Signifikanz auf (p-Wert = < 0,001). Es gaben 56,30 % der Patienten ohne Komplikationen nach einer Erstoperation an, Nichtraucher zu sein. In der Gruppe ohne Komplikationen nach einem Revisionseingriff waren es 44,98 %. Im Vergleich zu den Komplikationsgruppen zeigte sich ein geringerer Anteil der Nichtraucher und ein Anstieg der Raucher. Der Anteil der Patienten mit über 30 PY stieg von Gruppe 1 auf Gruppe 2 von 7,15 % auf 9,53 % der Patienten und von Gruppe 3 auf Gruppe 4 von 11,48 % auf 14,07 % der Patienten.

Es zeigten sich die meisten Patienten der Kohorte gehfähig. Die Anzahl der Patienten, welche Gehstützen oder einen Rollator benötigten, war in den beiden Gruppen nach einem Revisionseingriff erhöht.

Bei den erhobenen kardiovaskulären Erkrankungen als präoperative Risikofaktoren zeigte sich die arterielle Hypertonie mit statistisch signifikanten Werten (p-Wert = < 0,001). Über die Hälfte der Patienten (53,89 %) mit erneuten Komplikationen nach einem Revisionseingriff wiesen eine Bluthochdruck auf. Die Erkrankung Diabetes mellitus zeigte in der Analyse keine Signifikanz.

### 3.2.3.2 Präoperative Risikofaktoren in der Regressionsanalyse

Im Anschluss an die Analyse aller erhobenen präoperativen Risikofaktoren, erfolgte die statistische Auswertung der präoperativen Risikofaktoren anhand einer binomialen logistischen Regression. Die Einteilung wurde durch die dichotome Variable: Komplikation Ja/Nein, in den bereits gebildeten Gruppen anhand der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo, vorgenommen. Es wurde der p-Wert mit einem Grenzwert von  $p = 0,05$ , sowie die Odds Ratio mit dem 95 % Konfidenzintervall berechnet.

Zunächst wurde der Einfluss von präoperativen Risikofaktoren auf die Komplikationsrate bei Patienten nach einer Erstoperation betrachtet (Vergleich Gruppe 1 und 2 in Tabelle 20). Dazu wurden die präoperativen Risikofaktoren einzeln mittels der Regressionsanalyse ausgewertet und in der Tabelle 20 zusammengetragen.

Als Risikofaktoren für postoperative Komplikationen nach einer Erstoperation zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang beim Alter ( $p$ -Wert = 0,044; OR 1,006; 95 % KI 1,000 - 1,013) und für die ASA-Klassifikationen 3 und 4, also Patienten mit schweren systemischen Erkrankungen, welche körperliche Einschränkungen verursachen oder eine konstante Bedrohung für das Leben darstellen ( $p$ -Wert =  $< 0,001$ ; OR 2,096; 95 % KI 1,452 - 3,025).

Des Weiteren zeigte sich die Anzahl von kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamente als relevanter Faktor. Eine statistische Signifikanz als präoperativer Risikofaktor wies eine Anzahl von zwei oder mehr kardiovaskulären Erkrankungen auf ( $p$ -Wert =  $< 0,001$ ; OR 1,712; 95 % KI 1,284 - 2,284), sowie die Einnahme von drei oder mehr kardiovaskulären Medikamenten ( $p$ -Wert = 0,008; OR 1,516; 95 % KI 1,116 - 2,060).

Im weiteren Vergleich der Patienten nach einer Erstoperation zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge bei den Risikofaktoren Geschlecht, Körpergewicht, Charlson-Komorbiditätsindex, Anzahl der Nebenerkrankungen, Bluthochdruck oder Diabetes mellitus, sowie der Rauchstatus und die Mobilität.

Zur Vereinfachung wurden die Kategorien, welche eine große Anzahl an Untergruppen besaßen, in weniger Untergruppen zusammengefasst. Die Kategorie „Rauchstatus“ wurde in „Nichtraucher“ und „Raucher“ und die Kategorie „Mobilität“ in „uneingeschränkte Mobilität“ und „eingeschränkte Mobilität“ zusammengefasst. Zudem erfolgte die Komprimierung der Untergruppen des Charlson-Komorbiditätsindex und der ASA-Klassifikation, von zuvor vier Untergruppen auf drei Kategorien der ASA-Klassifikationen (ASA 1, ASA 2 und ASA 3 + 4) und zwei Untergruppen des Charlson-Komorbiditätsindex ( $\leq 2$  Punkte und  $\geq 3$  Punkte).

Tabelle 20: Regressionsanalyse der einzelnen präoperativen Risikofaktoren bei Patienten nach einer Erstoperation

Präoperative Risikofaktoren	Vergleich Gruppe 1 und 2 (Komplikation nach Erstoperation)	
	Odds Ratio (95 % KI)	p-Wert
Alter [Jahren]	1,006 (1,000 - 1,013)	<b>0,044</b>
Geschlecht	0,947 (0,759 - 1,181)	0,630
Körpergewicht [kg]	1,001 (0,995 - 1,008)	0,754
<b>ASA-Klassifikation</b>		
ASA 1	Referenzkategorie	
ASA 2	1,120 (0,848 - 1,480)	0,425
ASA 3 + 4	2,096 (1,452 - 3,025)	<b>&lt; 0,001</b>
<b>CCI</b>		
$\leq 2$ Punkte	Referenzkategorie	
$\geq 3$ Punkte	1,437 (0,968 - 2,133)	0,072
<b>Nebenerkrankungen (NE)</b>		
Keine NE	Referenzkategorie	
1 - 2 NE	0,858 (0,642 - 1,146)	0,299
3 - 5 NE	1,161 (0,855 - 1,578)	0,339
$\geq 6$ NE	1,246 (0,846 - 1,834)	0,265
<b>Arterielle Hypertonie</b>	1,224 (0,977 - 1,534)	0,079
<b>Diabetes mellitus</b>	1,374 (0,942 - 2,004)	0,099
<b>Mobilität</b> (uneingeschränkt / eingeschränkt)	1,214 (0,913 - 1,613)	0,182
<b>Rauchstatus</b> (Nichtraucher / Raucher)	1,212 (0,971 - 1,512)	0,090
<b>Kardiovaskuläre Erkrankungen</b>		
Keine Erkrankung	Referenzkategorie	
1 Erkrankung	1,186 (0,910 - 1,545)	0,207
$\geq 2$ Erkrankungen	1,712 (1,284 - 2,284)	<b>&lt; 0,001</b>
<b>Kardiovaskuläre Medikamente</b>		
$\leq 1$ Medikament	Referenzkategorie	
2 Medikamente	1,170 (0,864 - 1,584)	0,310
$\geq 3$ Medikamente	1,516 (1,116 - 2,060)	<b>0,008</b>

In einer weiteren Analyse erfolgte die Betrachtung der Auswirkung präoperativer Risikofaktoren auf die Komplikationsrate bei Patienten nach einer Revisionsoperation (Vergleich Gruppe 3 und 4). Dazu wurden die präoperativen Risikofaktoren ebenfalls einzeln in der Regressionsanalyse betrachtet und in Tabelle 21 aufgeführt.

Tabelle 21: Regressionsanalyse der einzelnen präoperativen Risikofaktoren bei Patienten nach einer Revisionsoperation

Präoperative Risikofaktoren	Vergleich Gruppe 3 und 4 (Komplikation nach Revisionsoperation)	
	Odds Ratio (95 % KI)	p-Wert
Alter [Jahren]	1,017 (1,006 - 1,028)	<b>0,002</b>
Geschlecht	0,792 (0,551 - 1,138)	0,207
Körpergewicht [kg]	1,009 (1,000 - 1,018)	<b>0,041</b>
<b>ASA-Klassifikation</b>		
<b>ASA 1</b>	Referenzkategorie	
<b>ASA 2</b>	1,602 (0,975 - 2,631)	0,063
<b>ASA 3 + 4</b>	1,949 (1,081 - 3,513)	<b>0,027</b>
<b>CCI</b>		
<b>≤ 2 Punkte</b>	Referenzkategorie	
<b>≥ 3 Punkte</b>	1,804 (1,004 - 3,246)	<b>0,048</b>
<b>Nebenerkrankungen (NE)</b>		
<b>Keine NE</b>	Referenzkategorie	
<b>1 - 2 NE</b>	1,654 (1,025 - 2,671)	<b>0,039</b>
<b>3 - 5 NE</b>	1,250 (0,768 - 2,033)	0,369
<b>≥ 6 NE</b>	2,045 (1,123 - 3,722)	<b>0,019</b>
<b>Arterielle Hypertonie</b>	1,430 (1,010 - 2,024)	<b>0,044</b>
<b>Diabetes mellitus</b>	0,728 (0,728 - 2,167)	0,413
<b>Mobilität (uneingeschränkt/eingeschränkt)</b>	1,828 (1,271 - 2,630)	<b>0,001</b>
<b>Rauchstatus (Nichtraucher /Raucher)</b>	1,053 (0,743 - 1,490)	0,773
<b>Kardiovaskuläre Erkrankungen</b>		
<b>Keine Erkrankung</b>	Referenzkategorie	
<b>1 Erkrankung</b>	1,343 (0,889 - 2,029)	0,162
<b>≥ 2 Erkrankungen</b>	1,753 (1,140 - 2,697)	<b>0,011</b>
<b>Kardiovaskuläre Medikamente</b>		
<b>≤ 1 Medikament</b>	Referenzkategorie	
<b>2 Medikamente</b>	1,592 (0,934 - 2,711)	0,087
<b>≥ 3 Medikamente</b>	2,114 (1,240 - 3,605)	<b>0,006</b>

Als Risikofaktoren für postoperative Komplikationen nach einer Revisionsoperation zeigte sich ebenfalls ein statistisch signifikanter Zusammenhang beim Alter (p-Wert = 0,002; OR 1,017; 95 % KI 1,006 - 1,028) und bei den ASA-Klassifikationen 3 und 4 (p-Wert = 0,027; OR 1,949; 95 % KI 1,081 - 3,513).

Zudem zeigte sich die Anzahl von kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamente bei Patienten nach einer Revisionsoperation als relevanter Faktor für die Ausbildung postoperativer Komplikationen. Eine statistische Signifikanz als präoperativer Risikofaktor wies bei dieser Analyse ebenso eine Anzahl von zwei oder mehr kardiovaskulären Erkrankungen auf (p-Wert = 0,011; OR 1,753; 95 % KI 1,140 - 2,697), sowie die Einnahme von drei oder mehr kardiovaskulären Medikamenten (p-Wert = 0,006; OR 1,240; 95 % KI 1,240 - 3,605).

Des Weiteren stelle sich bei den Patienten nach einer Revisionsoperation das Körpergewicht in Kilogramm [kg] als statistisch signifikanter Risikofaktor heraus (p-Wert = 0,041; OR 1,009; 95 % KI 1,000 - 1,018), sowie die Anzahl von ein bis zwei Nebenerkrankungen (p-Wert = 0,039; OR 1,654; 95 % KI 1,025 - 2,617) und sechs oder mehr Nebenerkrankungen (p-Wert = 0,019; OR 2,045; 95 % KI 1,123 - 3,722).

Beim Charlson-Komorbiditätsindex erwies sich ein Punktwert von  $\geq 3$  Punkte als statistisch signifikanter Risikofaktor (p-Wert = 0,048; OR 1,804; 95 % KI 1,004 - 3,246).

Die arterielle Hypertonie (p-Wert = 0,044; OR 1,430; 95 % KI 1,010 - 2,024) und die Mobilität (p-Wert = 0,001; OR 1,828; 95 % KI 1,271 - 2,630) zeigten sich bei der Analyse der Patienten nach einer Revisionsoperation ebenfalls als signifikante Risikofaktoren.

Im weiteren Vergleich der Patienten mit einer Revisionsoperation zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge bei den Risikofaktoren Geschlecht, Diabetes mellitus, sowie dem Rauchstatus.

### 3.2.3.3 Multifaktorielle Regressionsanalyse

Im Anschluss an die Regressionsanalyse der einzelnen Risikofaktoren erfolgte eine multifaktorielle Regressionsanalyse adjustiert für verschiedene Risikofaktoren.

Erneut erfolgte die statische Auswertung der präoperativen Risikofaktoren anhand einer binomialen logistischen Regression. Die Einteilung wurde durch die Variable Komplikation Ja/Nein in den bereits gebildeten Gruppen anhand der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo vorgenommen. Eingeschlossen wurden die präoperativen Risikofaktoren, welche in der binomialen logistischen Regression einen p-Wert von  $< 0,1$  aufwiesen.

Tabelle 22: Multifaktorielle Regressionsanalyse der präoperativen Risikofaktoren bei Patienten nach einer Erstoperation

Präoperative Risikofaktoren	Vergleich Gruppe 1 und 2 (Komplikation nach Erstoperation)	
	Odds Ratio (95 % KI)	p-Wert
Alter [Jahren]	1,000 (0,992 - 1,008)	0,970
<b>ASA-Klassifikation</b>		
<b>ASA 1</b>	Referenzkategorie	
<b>ASA 2</b>	1,000 (0,726 - 1,378)	0,999
<b>ASA 3 + 4</b>	1,650 (1,018 - 2,675)	<b>0,042</b>
<b>CCI</b>		
<b>≤ 2 Punkte</b>	Referenzkategorie	
<b>≥ 3 Punkte</b>	0,894 (0,563 - 1,420)	0,635
<b>Arterielle Hypertonie</b>	0,623 (0,379 - 1,024)	0,062
<b>Diabetes mellitus</b>	1,091 (0,721 - 1,651)	0,618
<b>Rauchstatus</b> (Nichtraucher / Raucher)	1,232 (0,980 - 1,548)	0,074
<b>Kardiovaskuläre Erkrankungen</b>		
<b>Keine Erkrankung</b>	Referenzkategorie	
<b>1 Erkrankung</b>	1,624 (0,984 - 2,680)	0,058
<b>≥ 2 Erkrankungen</b>	1,970 (1,095 - 3,543)	<b>0,024</b>
<b>Kardiovaskuläre Medikamente</b>		
<b>≤ 1 Medikament</b>	Referenzkategorie	
<b>2 Medikamente</b>	1,125 (0,828 - 1,528)	0,453
<b>≥ 3 Medikamente</b>	1,171 (0,758 - 1,809)	0,478

In der multifaktoriellen Analyse ging der Effekt der Signifikanzen aus der isolierten Regressionsanalyse verloren (Tabelle 22). Es haben sich zwei Risikofaktoren für die Patientengruppe nach einer Erstoperation herauskristallisiert. Ein statistisch signifikanter Zusammenhang für das Auftreten von postoperativen Komplikationen zeichnete sich bei der ASA-Klassifikationen 3 und 4 (p-Wert = 0,042; OR 1,650; 95 % KI 1,018 - 2,675) und bei der Anzahl von zwei oder mehr kardiovaskulären Erkrankungen (p-Wert = 0,024; OR 1,970; 95 % KI 1,095 – 3,543) ab.

Weitere kardiovaskulären Risikofaktoren, welche in der Einzelbetrachtung Signifikanzen aufwiesen, zeigten in der multifaktoriellen Regressionsanalyse keine signifikanten Zusammenhänge.

Tabelle 23: Multifaktorielle Regressionsanalyse der präoperativen Risikofaktoren bei Patienten nach einer Revisionsoperation

Präoperative Risikofaktoren	Vergleich Gruppe 3 und 4 (Komplikation nach Revisionsoperation)	
	Odds Ratio (95 % KI)	p-Wert
Alter [Jahren]	1,019 (1,003 - 1,036)	<b>0,018</b>
Körpergewicht [kg]	1,014 (1,004 - 1,024)	<b>0,006</b>
<b>ASA-Klassifikation</b>		
ASA 1	Referenzkategorie	
ASA 2	1,156 (0,638 - 2,093)	0,632
ASA 3 + 4	0,851 (0,377 - 3,167)	0,699
<b>CCI</b>		
≤ 2 Punkte	Referenzkategorie	
≥ 3 Punkte	1,681 (0,789 - 3,167)	0,196
<b>Nebenerkrankungen (NE)</b>		
Keine NE	Referenzkategorie	
1 - 2 NE	1,017 (0,577 - 1,792)	0,954
3 - 5 NE	0,507 (0,252 - 1,019)	0,057
≥ 6 NE	0,786 (0,354 - 1,744)	0,229
<b>Arterielle Hypertonie</b>	0,786 (0,354 - 1,744)	0,554
<b>Mobilität (uneingeschränkt/eingeschränkt)</b>	1,697 (1,141 - 2,523)	<b>0,009</b>
<b>Kardiovaskuläre Erkrankungen</b>		
Keine Erkrankung	Referenzkategorie	
1 Erkrankung	1,456 (0,642 - 3,300)	0,369
≥ 2 Erkrankungen	1,830 (0,688 - 4,866)	0,226
<b>Kardiovaskuläre Medikamente</b>		
≤ 1 Medikament	Referenzkategorie	
2 Medikamente	1,393 (0,799 - 2,427)	0,242
≥ 3 Medikamente	1,420 (0,708 - 2,848)	0,324

Die Tabelle 23 zeigt die Ergebnisse der multivariaten Regressionsanalyse für die Patientengruppe mit einem Revisionseingriff. Die Anzahl der Signifikanzen, die bei der Einzelbetrachtung festgestellt wurden, verringerten sich ebenfalls in der multifaktoriellen Regressionsanalyse.

Als statistisch signifikante kardiovaskuläre Risikofaktoren stachen das Alter, das Körpergewicht und die Mobilität hervor. Die Wahrscheinlichkeit, nach einem Revisionseingriff eine Komplikation zu entwickeln, stieg pro Lebensjahr um 1,9 % an (p-Wert = 0,018; OR 1,019; 95 % KI 1,003 - 1,036). Für das vorliegende Patientenkollektiv wurde das Körpergewicht in Kilogramm als weiterer kardiovaskulärer Risikofaktor identifiziert. Pro Kilogramm Körpergewicht erhöhte sich das Risiko für postoperative Komplikationen um 1,4 % (p-Wert = 0,006; OR 1,014; 95 % KI 1,004 - 1,024).

Im Rahmen der multifaktoriellen Analyse konnte für die übrigen untersuchten Parameter kein statistisch signifikanter Zusammenhang mit dem Auftreten postoperativer Komplikationen nachgewiesen werden.

### **3.3 Zusammenfassung der Ergebnisse**

Das Alter hat einen signifikanten Zusammenhang mit dem Auftreten von postoperativen Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie. Die Anzahl an kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamenten nimmt mit dem Alter zu und das Vorhandensein von kardiovaskulären Erkrankungen und Medikamente ist ein Prädiktor für mögliche postoperative Komplikationen.

Bei Patienten nach einer Erstoperation korrelieren einzeln betrachtet das Alter, die ASA-Klassifikation (ASA 3 + 4), sowie die Anzahl von kardiovaskulären Erkrankungen ( $\geq 2$  Erkrankungen) und Medikamenten ( $\geq 3$  Medikamente) signifikant mit der postoperativen Komplikationsrate.

Nach Adjustierung der Risikofaktoren in der multifaktoriellen Regressionsanalyse verringerten sich die vorherigen Signifikanzen und der Effekt blieb bei der ASA-Klassifikation und der Anzahl von kardiovaskulären Erkrankungen bestehen.

Bei Patienten nach einer Revisionsoperation zeigten sich isoliert das Alter, das Körpergewicht, die ASA-Klassifikation (ASA 3 + 4), der CCI ( $\geq 3$  Punkte), die Anzahl an Nebenerkrankungen (1-2 und  $\geq 6$  NE), die arterielle Hypertonie, die Mobilität sowie die Anzahl von kardiovaskulären Erkrankungen ( $\geq 2$  Erkrankungen) und Medikamenten ( $\geq 3$  Medikamente) signifikant mit den Auftreten von postoperativen Komplikationen.

Nach Betrachtung der Risikofaktoren in der multifaktoriellen Regressionsanalyse zeigte sich der Trend der einzelnen Risikofaktoren weniger stark ausgeprägt und es blieb der Zusammenhang in Bezug auf das Alter, das Körpergewicht und der Mobilität bestehen.

## **4 Diskussion**

### **4.1 Kritische Betrachtung der untersuchten Kohorte**

#### **4.1.1 Kardiovaskuläre Risikofaktoren**

Laut des statistischen Bundesamtes beträgt der aktuelle Bevölkerungsstand in Deutschland 83,4 Millionen Menschen (Stand: September 2024). Davon sind 42,2 Millionen Frauen (50,6 %) und 41,2 Millionen Männer (49,4 %). In dem vorliegenden Patientenkollektiv waren 56,12 % der Patienten männlich und 43,88 % der Patienten weiblich. Bei den statistischen Diagnosedaten der in Deutschland behandelten Krankenhauspatienten von 2020 waren von über 17 Mio. Behandlungsfällen 51,8 % weiblichen und 48,2 % männlichen Geschlechts [70]. In der Literatur wird jedoch kritisch angemerkt, dass ein direkter Vergleich der Geschlechter nur eingeschränkt möglich sei, da Frauen aufgrund von Schwangerschaften und Geburten häufiger im Krankenhaus behandelt werden [71]. Aus dem Traumaregister von 2021 der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie geht hervor, dass in fast allen Altersdekaden mehr Männer als Frauen betroffen sind. Die Erhebung ergab, dass rund 70 % der Traumapatienten männlich sind [72]. Bei den vorliegenden Daten aus den Fachgebieten der Unfallchirurgie und der Orthopädie überwiegt ebenfalls der männliche Anteil von Patienten.

In der Literatur wird ein kontinuierlicher Anstieg des Alters von Traumapatienten und eine Veränderung des Patientenlientels in der Unfallchirurgie und Orthopädie beschrieben [72, 73]. Die Diagnosedaten der Krankenhauspatienten aus dem Jahr 2020 umfasste alle vollstationären Krankenhausfälle und beschrieb ebenfalls eine Zunahme des Durchschnittalters der Patienten auf 55,8 Jahre [70]. Der Altersdurchschnitt des untersuchten Patientenkollektivs lag bei 57,16 Jahren. Auch das Durchschnittsalter für Männer und Frauen, sowie die Geschlechterverteilung in den einzelnen Altersgruppen des Patientenkollektivs entsprach nicht vollständig der aktuellen Literatur, da beispielsweise ein höherer Anteil von männlichen Patienten in allen Altersgruppen beschrieben wird [70]. Diese Daten beziehen sich aber explizit auf alle vollstationären Krankenhausfällen. Die untersuchte Kohorte stellt jedoch eine Selektion von Patienten aus den Fachgebieten der Unfallchirurgie, Orthopädie und

Alterstraumatologie dar. Ein erhöhtes Durchschnittsalter kann daher auf die schwerpunktmäßigen und damit repräsentativ vertretenen Fachgebiete der Alterstraumatologie und der Endoprothetik zurückzuführen sein. Um die 40 % aller endoprothetischen Hüft- oder Knieersteingriffe fallen in die Altersgruppe 70 bis 79 Jahre, weshalb der Altersdurchschnitt der Kohorte erhöht wird [74]. Die Geschlechterverteilung des Patientenkollektivs zeigte in jeder Altersgruppe bis 60 Jahren einen erhöhten männlichen Anteil. Ab dem 61. Lebensjahr zeigte sich jedoch ein erhöhter Anteil weiblicher Patienten, was auf die höhere Lebenserwartung von Frauen, sowie auf geschlechtsspezifische Unterschiede zurückzuführen ist, da Frauen aufgrund prädisponierender Faktoren von Arthrose oder Osteoporose häufiger betroffen [28, 74-76].

Der durchschnittliche BMI der untersuchten Kohorte lag bei 27,55 kg/m<sup>2</sup>. Dies entspricht definitionsgemäß bereits einer Präadipositas (Grenzwert: 25 bis 30 kg/m<sup>2</sup>). Im Vergleich mit den Daten des Journal of Health Monitoring des RKI von 2022 zeigte sich der Anteil der normalgewichtigen Patienten des erhobenen Patientenkollektivs mit 34,24 % erniedrigt zu den Teilnehmern der RKI-Umfrage mit 44,2 %. Darüber hinaus wiesen 36,40 % der in die vorliegende Studie eingeschlossenen Patienten eine Präadipositas auf, während 28,03 % als adipös klassifiziert wurden. In der Teilnehmerumfrage vom RKI waren 34,5 % der Befragten übergewichtig und nur 19 % adipös [77]. Die Umfrage der RKI-Studie repräsentiert die Gesellschaft in Deutschland und kann nicht adäquat das Patientengut in den Fachgebieten der Unfallchirurgie und Orthopädie widerspiegeln. In einer wissenschaftlichen Untersuchung zur Adipositas im Bereich der Orthopädie wurde eine zunehmende Prävalenz festgestellt [78]. Es zeigte sich, dass 33 % der Patienten, die für eine Implantation einer Hüft-Totalendoprothese vorgesehen waren sowie 50 % der Patienten mit geplanter Knie-Totalendoprothese einen BMI im adipösen Bereich aufwiesen [78]. Angesichts der hohen Prävalenz von Übergewicht im untersuchten Patientenkollektiv besteht der Verdacht, dass ein erhöhtes Körpergewicht mit verlängerten Krankenhausaufenthalten sowie mit einem erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen assoziiert sein könnte.

Die Nichtraucherquote in der erwachsenen Bevölkerung in Deutschland lag in einer Querschnittsstudie von 2021 bei 52,9 %. Der Anteil von aktiven Rauchern und ehemaligen Rauchern lag bei 47,1 % [79]. In der vorliegenden Studie wurden vergleichbare Zahlen zur Gesamtbevölkerung festgestellt, wobei 51,03 % der Patienten angaben, Nichtraucher zu sein. Ehemalige und aktive Raucher wurden anhand der Pack Years aufgeführt, dabei lag der Anteil bei 48,97 %.

Es gaben 10,31 % der aufgenommenen Patienten an, einen Diabetes mellitus in der Vordiagnose zu haben. In der Gesundheitsberichterstattung des Robert Koch-Instituts lag der Diabetes mellitus bei 8,9 % der Erwachsenen in der Bevölkerung vor, von der Erfassung ausgenommen wurde ein Schwangerschaftsdiabetes [77].

In einem Ergebnisbericht zur Mobilität in Deutschland wurde festgestellt, dass 13 % der befragten Personen gesundheitliche Einschränkungen aufwiesen, wobei mehr als die Hälfte dieser Personen Mobilitätseinschränkungen angaben. Der Anteil der Personen mit gesundheitlichen Einschränkungen wächst mit dem Alter [80]. Bei den Befragten im Alter über 80 Jahren wies jede zweite Person eine Beeinträchtigung auf [80]. Die für die Studie aufgenommenen Patienten aus den Fachgebieten der Unfallchirurgie und der Orthopädie zeigten sich zu 24,94 % nicht gehfähig. Hierbei muss jedoch berücksichtigt werden, dass die Patienten aufgrund von Unfällen prä- und postoperativ überdurchschnittlich oft und lediglich passager in ihrer Gehfähigkeit eingeschränkt sind.

Zusammenfassend stimmen die erhobenen Daten aus der vorliegenden Studie weitgehend mit den Daten aus der aktuellen Literatur überein. Die aufgetretenen Abweichungen lassen sich durch das fachspezifische Patientenkollektel erklären. Bei der Analyse aller Risikofaktoren im Vergleich zur Gesamtbevölkerung zeigte sich, dass kardiovaskuläre Risikofaktoren, wie das männliche Geschlecht, das fortgeschrittene Alter und die Adipositas, in dem untersuchten Patientenkollektiv vermehrt vertreten waren. Weitere kardiovaskuläre Risikofaktoren, wie das Rauchverhalten, bestehende Vorerkrankungen oder die Mobilität, wichen nicht von aktuellen Forschungsergebnissen ab.

#### **4.1.2 Kardiovaskuläre Erkrankungen**

Mit einer Prävalenz von 43,3 % stellt die arterielle Hypertonie mit Abstand die dominierende kardiovaskuläre Erkrankung im untersuchten Patientenkollektiv dar und ist zugleich der häufigste Risikofaktor für kardiovaskuläre Erkrankungen. Das Durchschnittsalter der Patienten mit einer arteriellen Hypertonie lag bei 67,23 Jahren. In der Fachliteratur wird beschrieben, dass in Deutschland im dritten und vierten Lebensjahrzent jede zehnte Frau und jeder achte Mann einen Bluthochdruck aufweist [81]. Bei einem Alter von über 65 Jahren ist es bereits jede zweite Person [81]. In den Leitlinien zur Therapie der arteriellen Hypertonie wird die Gesamtprävalenz bei Erwachsenen mit 30 bis 45 % angegeben. Im steigenden Alter wird eine Zunahme beschrieben, sodass die Prävalenz bei einem Alter von über 60 Jahren auf über 60 % der Untersuchten steigt [82]. Die Häufigkeit der arteriellen Hypertonie entspricht den Angaben der Vergleichsliteratur.

Die ischämischen Herzerkrankungen, einschließlich der koronaren Herzkrankheit (KHK) und des Myokardinfarkts (MI), wurden bei 9,7 % der aufgenommenen Patienten in der Anamnese festgestellt. Das Durchschnittsalter der Patientengruppe betrug 71,16 Jahre. In dem Journal of Health Monitoring aus dem Jahr 2021 des Robert Koch-Instituts lag die 12-Monats-Prävalenz von ischämischen Herzkrankheiten insgesamt bei 5,8 % in der Bevölkerung (Männer 6,6 %; Frauen 5,1 %). Dabei stieg der Anteil der Patienten mit diesem Krankheitsbild auf 9,2 % in der Altersgruppe von 65 bis 79 Jahren. In der Altersgruppe über 80 Jahren wiesen über 21 % der männlichen Patienten und über 18 % der weiblichen Patienten eine koronare Herzerkrankung auf [83]. Die ischämischen Herzerkrankungen sind die zweithäufigste kardiovaskuläre Erkrankung in dem untersuchten Patientenkollektiv und liegen ebenfalls im zu erwartenden Rahmen.

Die große Gruppe der Herzrhythmusstörungen sind die am dritthäufigsten vorkommenden kardiovaskulären Erkrankungen. In dem vorliegenden Patientenkollektiv gaben 9,4 % der Patienten eine vorbekannte Herzrhythmusstörung an. Aus dem Herzbericht von 2022 geht hervor, dass in Deutschland 1,6 Millionen Menschen an einem Vorhofflimmern leiden und jährlich

400.000 Menschen aufgrund von Herzrhythmusstörungen in eine Klinik eingeliefert werden [23]. Bezüglich des Vorhofflimmerns kann eine Prävalenz von 3,1 % der Patienten erwartet werden [84]. Eine genaue Aufschlüsselung gestaltet sich jedoch aufgrund der heterogenen Datenlage in der aktuellen Literatur und der häufig beschriebenen asymptomatischen und unbemerkten Herzrhythmusstörungen als schwierig. Möglicherweise wird hier die zunehmende Datafizierung des Menschen, also die digitale Messung und Aufzeichnung von Vitalwerten und Körperfunktionen über neue technische Mittel, wie beispielsweise Healthtrackern, zukünftig eine größer werdende Rolle spielen [85].

Erkrankungen der venösen Gefäße inklusive Thrombose, chronisch venöse Insuffizienzen und der Varikosis gaben 6,6 % der Studienpatienten an. Diese Gruppe von Erkrankungen weist mit einem Durchschnittsalter von 66 Jahren das niedrigste Alter unter den untersuchten kardiovaskulären Erkrankungen auf. In einer Umfrage des Robert Koch-Instituts sagten 5,1 % der Erwachsenen aus, eine tiefe Beinvenenthrombose als Vordiagnose gehabt zu haben. Die Erkrankungshäufigkeit steigt auf 10,7 % bei den über 65-Jährigen [86]. In einer Erhebung der Deutschen Gesellschaft für Phlebologie gaben 14,3 % der Teilnehmer eine Varikosis und 3,3 % eine fortgeschrittene chronisch venöse Insuffizienz an [87].

Der Anteil der untersuchten Patienten in der vorliegenden Studie, die an einer Herzinsuffizienz litten, betrug 6,5 %. Das durchschnittliche Alter dieser Patientengruppe lag bei 74,79 Jahren. Medizinische Untersuchungen ergaben, dass die Gesamtinzidenz aufgrund der Alterung der Gesellschaft zu nimmt. Dabei sinke allerdings die altersbereinigte Inzidenz in den Industrieländern, aufgrund verbesserter Therapiemöglichkeiten [23]. Valide Aussagen sind jedoch aufgrund des chronischen Charakters dieser Erkrankung nur schwer zu erheben. Die Herzinsuffizienz ist häufig eine schleichende Folge anderer Herz-Kreislauf-Erkrankungen [36]. Die Dunkelziffer der unerkannten Herzinsuffizienzen ist hoch [88]. In einer Querschnittsstudie mit Teilnehmern über 65 Jahren, welche mit Kurzatmigkeit bei Anstrengung vorstellig wurden und bislang noch keine Herzinsuffizienz bekannt war, wiesen 15,7 % dieser Patienten eine objektiv

nachweisbare Herzinsuffizienz auf [89]. In den Leitlinien zur Herzinsuffizienz wird die Prävalenz bei Personen über 70 Jahren mit über 10 % beschrieben [90]. Im Jahr 2018 lag die Prävalenz der Herzinsuffizienz in der Gesamtbevölkerung in Deutschland bei 3,4 % [91].

Zusammenfassend liegen die Prävalenzen der untersuchten kardiovaskulären Erkrankungen im zu erwartenden Rahmen. Die sehr große Studienpopulation spiegelt die Vielfalt der allgemeinen Bevölkerung und deren demographischen Entwicklung wider. Dies deutet darauf hin, dass die Studienpopulation eine repräsentative Stichprobe der Bevölkerung darstellt und somit auch eine repräsentative Risikobewertung erlaubt. In der Unfallchirurgie und Orthopädie ist daher eine erhöhte Aufmerksamkeit und fest integrierte Versorgungsstrategien hinsichtlich kardiovaskulärer Erkrankungen erforderlich.

#### **4.1.3 Medikationen in Bezug auf kardiovaskuläre Erkrankungen**

In den erhobenen Daten zur den eingesetzten kardiovaskulär wirksamen Medikamenten waren die Beta-Blocker mit 22 % die häufigste verschriebene Medikamentengruppe. Gefolgt von den ACE-Hemmern mit 18,8 %, den Diuretika mit 14,7%, sowie den Angiotensinrezeptor-Blocker (Sartane) mit 11,4 % und den Calciumantagonisten mit 10,6 %. Wird der Arzneiverordnungs-Report von 2023 als Vergleich herangezogen, so wird nach Anzahl der sogenannten definierten Tagesdosen (DDD) eine leicht veränderte Rangfolge der Medikamentengruppen deutlich. Das gesamte Verordnungsspektrum von Antihypertensiva wurde mit 18 Mrd. DDD angegeben. Die ACE-Hemmer lagen bei den Gesamtverordnungen mit 5.971 Mio. DDD an der Spitze der kardiovaskulären Medikamente. Gefolgt von den Sartanen mit 4.894 Mio. DDD und den Calciumantagonisten mit 2.706 Mio. DDD. Die Betarezeptorblocker lagen mit 2.118 Mio. DDD auf dem vierten Platz der Gesamtverordnungen, gefolgt von den Diuretika mit 1.895 Mio. DDD [92].

Ein Erklärungsansatz wäre, dass die aktuelle S3-Leitlinie von 2023 Betablocker nicht mehr als Wirkstoffklasse der ersten Wahl beschreibt, sofern andere Wirkstoffklassen zur Therapie der arteriellen Hypertonie verfügbar sind [38]. Die

Patientenaufnahme für die Studie erfolgte in den Jahren 2014 bis 2018. Nach der aktuellen Leitlinie wird bereits ab einer geringen Ausprägung der arteriellen Hypertonie (Grad I und II) eine Kombinationstherapie mit ACE-Hemmern oder Angiotensinrezeptor-Blocker (Sartane) in Kombination mit einem Calciumkanalblocker oder Thiaziddiuretikum empfohlen. Diuretika hingegen werden häufig zur Symptomkontrolle eingesetzt, beispielsweise bei einer Herzinsuffizienz. Die in den aktualisierten Leitlinien enthaltenen, weiterentwickelten Therapieempfehlungen für kardiovaskuläre Erkrankungen könnten die beobachteten Abweichungen in der Rangfolge der aktuell am häufigsten verordneten kardiovaskulären Pharmakotherapien im Vergleich zur vorliegenden Studie erklären.

#### **4.2 Kritische Betrachtung der Klassifikationssysteme zur präoperativen Risikobeurteilung**

Klassifikationssysteme zur präoperativen Risikobeurteilung sind wesentliche Werkzeuge in der Patientenvorbereitung und Einschätzung. Neben der allgemeinen Anamnese und der körperlichen Untersuchung des Patienten, sowie in einzelnen Fällen eine weiterführende Diagnostik, ist die Bewertung anhand eines Klassifikationssystems in der heutigen medizinischen Praxis unverzichtbar geworden [47].

Die ASA-Klassifikation wird standardmäßig bei jeder präoperativen Untersuchung ermittelt. Aufgrund ihrer Einfachheit und schnellen Verständlichkeit hat sich die ASA-Klassifikation weltweit etabliert. Untersuchungen zeigten, dass sie wesentlich komplexeren Risikoindizes mindestens ebenbürtig ist und als ein sicheres Instrument zur Risikovorhersage von postoperativen Komplikationen dient [93, 94].

In der vorliegenden Studie zeigte sich die ASA-Klassifikation in den Klassen 3 und 4 als einzelner signifikanter Risikofaktor für postoperative Komplikationen in allen Patientengruppen. In der wissenschaftlichen Literatur sind mehrere derartige Zusammenhänge dokumentiert, wodurch die Ergebnisse der Analyse als durchaus vertretbar gelten können. Ein Vergleich der ASA-Klassifikation mit

alternativen Systemen, wie beispielsweise dem multifaktoriellen kardialen Goldman-Risikoindex zeigte, dass die ASA-Klassifikation signifikant mit der perioperativen Sterblichkeit korrelierte und eine engere Korrelation aufwies [95]. Des Weiteren konnte, in einer retrospektiven Studie zur Versorgung von distalen periprothetischen Femurfrakturen, der präoperativ erhobene ASA-Score als ein wichtiger Risikofaktor identifiziert werden [96].

Aufgrund der hohen Aussagekraft wird die ASA-Klassifikation auch als Parameter zur Berechnung weiterer Scores herangezogen. So dient die Klassifikation als Risikofaktor zur Berechnung des MICA-Scores, zur Identifikation kardiovaskulärer Risikopatienten mit einer erhöhten Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von schweren kardialen Komplikationen [47]. Ein weiteres Anwendungsbeispiel ist die ASA-Klassifikation  $\geq 3$ , die als Risikofaktor für postoperative pulmonale Komplikationen gilt und zusammen mit weiteren Faktoren eine Risikoevaluation für eine Reintubation ermöglicht [97].

In der vorliegenden Untersuchung stellte sich der Charlson-Komorbiditätsindex (CCI) bei einem Wert von  $\geq 3$  Punkten als ein signifikanter Risikofaktor für postoperative Komplikationen heraus, jedoch ausschließlich bei Patienten, die sich einer Revisionsoperation unterzogen.

In einer Untersuchung aus der Allgemeinchirurgie hat sich ein CCI von  $\geq 3$  Punkten ebenfalls als ein signifikanter Risikofaktor für die Entwicklung von Komplikationen erwiesen [98]. Auch in der Unfallchirurgie wird der CCI häufig mit postoperativen Komplikationen in Verbindung gebracht und als Risikofaktor und Prognosemarker genannt [96, 99, 100]. Der Charlson-Komorbiditätsindex erweist sich als ein effektives Instrument zur präzisen Erfassung der klinischen Situation eines Patienten. Der Index ermöglicht nicht nur eine zuverlässige Vorhersage der Langzeitmortalität, sondern dient auch als Werkzeug zur Bewertung von Prognosen und zur Unterstützung diagnostischer Entscheidungen [69, 100].

Klassifikationssysteme dienen somit zur präoperativen Risikoeinschätzung. Durch Identifikation von Risikopatienten können präventive Maßnahmen zur Minimierung von postoperativen Komplikationen ergriffen und die individuelle

Therapie an das vorhandene Risikoprofil angepasst werden. Innovative Klassifikationssysteme können einen bedeutenden Beitrag zur Effizienzsteigerung, Ressourcenschonung und Arbeitsentlastung in strukturierten Arbeitsabläufen leisten [101]. Sie ermöglichen objektivierbare und reproduzierbare Aussagen über Therapien und Komplikationen. Eine Kombination mehrerer Scores zur Erhöhung der Genauigkeit der Risikoprofilvorhersage sowie die Integration dieser Klassifikationssysteme in die Entwicklung automatisierter Scoringsysteme sollte daher zukünftig in Betracht gezogen werden.

### **4.3 Kritische Betrachtung der aufgestellten Hypothesen**

#### **4.3.1 Hypothese 1: Alter als Risikofaktor für postoperative Komplikationen**

Im Fachgebiet der Unfallchirurgie und Orthopädie steigt der Anteil der Patienten mit postoperativen Komplikationen mit zunehmendem Lebensalter signifikant an. Der Altersdurchschnitt in der untersuchten Kohorte ist höher als der der allgemeinen Bevölkerung. Die Bedeutung des höheren Lebensalters in der Literatur zur Unfallchirurgie wird kontrovers diskutiert. Eine isolierte Untersuchung über distale Radiusfrakturen zeigt beispielsweise, dass ältere Menschen zwar ein erhöhtes Risiko für diese Art von Frakturen aufweisen, jedoch das Lebensalter nicht mit einer erhöhten Komplikationsrate korreliert [102]. Studien an anderen Gelenken zeigen, dass ältere Patienten durchaus ein erhöhtes Risiko aufweisen, beispielsweise nach Implantation einer Knie-Totalendoprothese [103]. Allerdings scheint das Alter nicht allein mit einem erhöhten postoperativen Komplikationsrisiko assoziiert zu sein, sodass weitere Faktoren berücksichtigt werden müssen [104].

Die durchgeführte statistische Analyse ergab eine signifikante altersabhängige Zunahme sowohl der Prävalenz kardiovaskulärer Erkrankungen als auch der Verordnung kardiovaskulär wirksamer Medikamente. Dieser signifikante Zusammenhang lässt sich ebenfalls aus der medizinischen Fachliteratur ableiten. Die Überalterung der Bevölkerung führt zu einer Zunahme von

Multimorbidität und Polypharmazie. Das Altern führt zu erheblichen Veränderungen im Herz-Kreislauf-System und stellt damit den stärksten einzelnen kardiovaskulären Risikofaktor dar [105]. Die aktuellen Leitlinien zur arteriellen Hypertonie unterstützen diese Erkenntnisse. Im steigenden Alter wird eine Zunahme von kardiovaskulären Risikofaktoren beschrieben und die steigende Prävalenz der Erkrankungen auf die Degeneration der Gefäße zurückgeführt [82, 106].

In der Fachliteratur wird sehr kritisch über das Problem der zunehmenden Polypharmazie in der alternden Bevölkerung berichtet [107, 108]. Bei älteren Menschen werden zwar neu auftretende Diagnosen in der Einzelbetrachtung leitliniengerecht medikamentös therapiert, es entstehen jedoch in der ganzheitlichen Betrachtung unübersichtliche Medikationen mit Unverträglichkeiten oder Wechselwirkungen [109]. Zudem wird die fehlende Evidenzlage bemängelt, da ältere Menschen häufig in Studien unterrepräsentiert werden [110]. Es existieren daher zu wenig Belege über die Wechsel- und Nebenwirkungen der häufig verordneten kardiovaskulär wirkenden Medikamente auf den älteren Patienten. Die Multimorbidität findet auch in den vorhandenen Leitlinien zu wenig Beachtung, da diese sich vielmehr auf einzelne spezifische Krankheitsbilder beziehen [105]. Dadurch sind physiologische Veränderungen im Alter in Bezug auf die Pharmakokinetik, sowie der Pharmakodynamik nicht ausreichend bekannt. Insbesondere bei älteren Patienten ist die Polypharmazie ein Risikofaktor für Arzneimittelnebenwirkungen oder andere Einschränkungen [111].

Im Bereich der Unfallchirurgie und Orthopädie ist die Prävalenz kardiovaskulärer Erkrankungen im Kontext der Multimorbidität und der daraus resultierenden Polypharmazie ebenfalls von besonderer Bedeutung. Wie bereits aufgeführt, ist das zu behandelnde Patientenkontingent im Durchschnitt deutlich älter als die Normalbevölkerung. Diese Auswirkungen von Multimorbidität und Polypharmazie tragen beispielsweise zu einer erhöhten Inzidenz von Stürzen bei, was wiederum die Morbidität verschlechtert und den vermehrten Einsatz von Gesundheitsressourcen nach sich zieht [112]. Diese Erkenntnis wird durch eigene Publikationen des SWI untermauert, welche eine signifikante Korrelation

zwischen einem höheren Lebensalter, dem Auftreten kardiovaskulärer Begleiterkrankungen und einer erhöhten Mortalität in der septischen Unfallchirurgie beschrieben haben [113].

In einer Hochrechnung des statistischen Bundesamtes wird ein Anstieg der Bevölkerung ab 65 Jahren in Deutschland für das Jahr 2050 auf einen Anteil von 29 % geschätzt (2022: 22,2 %) [114]. Bei zukünftig knapp einem Drittel der Bevölkerung mit einem erhöhten Alter werden kardiovaskuläre Erkrankungen auch weiterhin eine bedeutende Rolle in der Gesellschaft spielen. In einer zunehmend alternden Gesellschaft wird die Prävalenz komplexer Gesundheitsprobleme daher zunehmen. Die Behandlung dieser Probleme, vor allem im Rahmen der Alterstraumatologie, erfordert erhebliche Zeit, Ressourcen und spezialisiertes medizinisches Wissen über die Bedürfnisse und Therapien älterer Menschen [6]. Zum Aufbau von fundierten Kenntnissen ist daher die Einbeziehung älterer Patienten in die medizinische Forschung auch in den Fachgebieten der Unfallchirurgie und Orthopädie sehr wünschenswert. Im Rahmen der Zertifizierung zur Alterstraumatologie wurden die Weichen für geriatrische Behandlungen bereits gestellt [51]. Die Studienergebnisse zeigen jedoch, dass auch nicht-geriatrische Patienten von einer Berücksichtigung kardiovaskulärer Erkrankungen profitieren könnten. Angesichts der früh einsetzenden kardiovaskulären Risikofaktoren erscheint die Umsetzung einer gezielten Präventionsstrategie sinnvoll, um die Krankheitsentwicklung, Folgeschäden sowie die daraus resultierende Belastung des Gesundheitssystems zu minimieren.

#### **4.3.2 Hypothese 2: Kardiovaskuläre Erkrankungen als Prädiktor für postoperative Komplikationen**

In der vorliegenden Studie zeigte sich ein statistischer Zusammenhang zwischen dem Vorhandensein von kardiovaskulären Erkrankungen, sowie der Einnahme von kardiovaskulär wirksamen Medikamenten und dem Untersuchungszeitpunkt. Patienten mit Voroperationen in der Anamnese, die eine erneute Revisionsoperation aufgrund von bereits aufgetretenen Komplikationen

benötigten, wiesen vermehrt kardiovaskuläre Erkrankungen auf. Zudem zeigte sich der Anteil von Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen in den jeweiligen Gruppen mit postoperativen Komplikationen nach einer Erstoperation, sowie nach einer Revisionsoperation erhöht.

In der aktuellen wissenschaftlichen Literatur sind nur wenige Vergleichsarbeiten zu finden, die einen grundsätzlichen Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Erkrankungen und dem Auftreten postoperativer Komplikationen darstellen. Stattdessen fokussieren sich Studien häufig auf spezifische Erkrankungen und deren Zusammenhang mit bestimmten Komplikationen bei ausgewählten Operationsmethoden. So erwies sich beispielsweise der Bluthochdruck in einer Studie von Lyost *et al.* über die postoperativen Komplikationen nach arthroskopischen Eingriffen an der Rotatorenmanschette als signifikanter Risikofaktor [115]. In einer weiteren Analyse von Komplikationen nach chirurgischen Behandlungen von hinteren Malleolarfrakturen führten periphere Gefäßerkrankungen, sowie die arterielle Hypertonie zu einer verzögerten Wundheilung [116]. Eine andere Untersuchung von Patienten mit Hüftfrakturen in der Unfallchirurgie identifizierte die koronare Herzkrankheit, zusammen mit weiteren Faktoren, wie beispielsweise eine ASA-Klassifikation von drei oder höher als Risikofaktoren für das Auftreten einer postoperativen Herzinsuffizienz [117].

Im Fachgebiet der Unfallchirurgie könnte jedoch das Wissen über mögliche Zusammenhänge von großer Bedeutung sein. Patienten werden nach einem plötzlichen Ereignis behandlungsbedürftig und müssen operiert werden. Angesichts der hohen Prävalenz kardiovaskulärer Erkrankungen in der Bevölkerung ist es zum Zeitpunkt der stationären Aufnahme anzunehmen, dass ein relevanter Anteil der Patienten an einer solchen Erkrankung leidet. Dies belegte beispielsweise eine Untersuchung von Patienten in einer orthopädischen Rehabilitation, welche das Vorhandensein von kardiovaskulären Risikofaktoren nach einem operativen Eingriff überprüfte. In dem untersuchten Patientenkollektiv gaben 38 % der Patienten an Raucher zu sein, 8 % der Patienten wiesen einen Diabetes mellitus auf und bei 44 % der betrachteten Patienten lagen erhöhte Blutdruckwerte vor [118].

Obwohl kardiovaskuläre Erkrankungen, die sich bis zu diesem Zeitpunkt manifestiert haben, nicht mehr rückgängig gemacht werden können und auch in einer Akutsituation nur bedingt berücksichtigt werden können, ermöglicht das Wissen um eine Korrelation dennoch eine sensiblere und schnellere Reaktion auf mögliche postoperativ auftretende Komplikationen. Zudem kann eine Therapie der kardiovaskulären Erkrankung für zukünftige Ereignisse begonnen werden.

Die routinemäßige Erhebung von kardiovaskulären Erkrankungen und deren Risikofaktoren ist in den Fachgebieten der Unfallchirurgie und Orthopädie empfehlenswert. Die Evaluierung von gefährdeten Patienten kann dazu beitragen, Patienten präventiv über das erhöhte Risikoprofil aufzuklären und ein Problembewusstsein zu schaffen. Dies schützt jedoch primär den Arzt, während das Risiko weiterhin beim Patienten verbleibt. Während bei akuten Verletzungen ein zeitlicher Zugzwang herrscht, können die Erkenntnisse bei elektiven Eingriffen dazu genutzt werden, eine bestmögliche Ausgangssituation für den Operationserfolg zu schaffen.

#### **4.3.3 Hypothese 3: Zusammenhang zwischen kardiovaskulären Risikofaktoren und der postoperativen Komplikationsrate**

In der Regressionsanalyse der einzelnen Risikofaktoren für das Auftreten von postoperativen Komplikationen wiesen nicht alle untersuchten Risikofaktoren Signifikanzen auf. Anhand der vorliegenden Ergebnisse erfolgt ein Vergleich mit der aktuellen wissenschaftlichen Literatur und eine Diskussion über potenzielle Widersprüche.

In der vorliegenden Studie konnte in der Regressionsanalyse der einzelnen Risikofaktoren das Körpergewicht, die arterielle Hypertonie und die Mobilität als signifikante beeinflussbare kardiovaskuläre Risikofaktoren identifiziert werden. Darüber hinaus zeigte sich die ASA-Klassifikation, der Charlson-Komorbiditätsindex, die Anzahl der vorliegenden Nebenerkrankungen, sowie im Allgemeinen das Vorhandensein von kardiovaskulären Erkrankungen und die Einnahme von kardiovaskulären Medikamenten als bedeutend für das Auftreten von postoperativen Komplikationen. Die Mehrheit der untersuchten

kardiovaskulären Risikofaktoren wiesen Signifikanzen in der Analyse von Patienten mit einer Revisionsoperation auf.

Das Körpergewicht erwies sich als signifikanter Risikofaktor bei Patienten mit einer Revisionsoperation, sowohl in der Einzelbetrachtung als auch in der multifaktoriellen Regressionsanalyse. Dieses Ergebnis wird durch Beispiele aus der wissenschaftlichen Literatur bestätigt [119-121]. In einer Studie von Burrus *et al.* über die postoperative Komplikationsrate nach Tibiaschaftfrakturen zeigte sich die Adipositas ebenfalls mit einer signifikant erhöhten Rate an postoperativen Komplikationen [122]. Zudem wurde in der Orthopädie bei Vorhandensein einer Adipositas permagna ein erhöhtes Revisions- und Luxationsrisiko beobachtet und der BMI wurde als Prädiktor für das postoperative Auftreten von Geheinschränkungen genannt [123, 124]. In der Allgemein Chirurgie wurde bei adipösen Patienten ein erhöhtes Risiko für Wundinfektionen, einen höheren Blutverlust, sowie eine längere Operationsdauer festgestellt. Zeitgleich wird in der Studie beschrieben, dass bei der Adipositas die Langzeitmortalität im Vergleich zum Untergewicht erniedrigt war [125]. Dieses sogenannte Adipositas-Paradox wurde in der Literatur auch in Bezug auf kardiovaskuläre Erkrankungen erläutert. Obwohl die Adipositas als kardiovaskulärer Risikofaktor genannt wird, zeigen übergewichtige Patienten und Patienten mit einer leichten Adipositas ein besseres Überleben als normalgewichtige Patienten [126].

Die arterielle Hypertonie erwies sich in der vorliegenden Analyse als isolierter Risikofaktor für das Auftreten von postoperativen Komplikationen bei Patienten mit Revisionsoperationen. Bereits in den Erläuterungen zur zweiten Hypothese wurden exemplarisch Studien angeführt, die belegen, dass der Bluthochdruck ein signifikanter Risikofaktor ist. Weitere Studien bestätigen dieses Ergebnis. So zeigte sich der Bluthochdruck, mit dem Auftreten von postoperativen Komplikationen, beispielsweise in Form eines Nierenversagens oder Gelenkinfektionen, assoziiert [127, 128].

Das Kriterium der Mobilität war ein weiterer signifikanter Risikofaktor in der Einzelbetrachtung und in der multifaktoriellen Regressionsanalyse für Patienten mit einer Revisionsoperation. In einer Studie zur Ursachenforschung der

postoperativen venösen Thromboembolien nach Wirbelsäulenoperationen wurde als wichtigster Risikofaktor die präoperative Gehbehinderung genannt [129]. Die Entwicklung einer tiefen Beinvenenthrombose ist auf eine Immobilisierung zurückzuführen [130]. Um diesem Risiko entgegenzuwirken, wird in den operativen Fachgebieten bei postoperativer Immobilisation eine Thromboseprophylaxe durchgeführt [131]. Dieser Standard wird durch die erhobenen Häufigkeiten der eingenommenen Medikamente in dieser Studie belegt, da die Medikation zur Thromboseprophylaxe innerhalb der Gruppe der kardiovaskulären Medikamente am häufigsten verabreicht wurden. Eine weitere Studie beschrieb ebenfalls präoperative Gehbeschränkungen als Prädiktor für postoperative Komplikationen im Sinne von zunehmenden Gehbeschwerden nach einer Knie-Totalendoprothese [124].

Bei den kardiovaskulären Erkrankungen konnte eine Anzahl von zwei oder mehr Erkrankungen eine Signifikanz bei Patienten mit einer Erstoperation und einer Revisionsoperation aufweisen. In der multifaktoriellen Regressionsanalyse war die Anzahl von kardiovaskulären Erkrankungen lediglich für die Patienten nach einer Erstoperation entscheidend. Die Anzahl der kardiovaskulären Medikamente mit einer Einnahme von drei oder mehr Medikamenten wies Signifikanzen in der Einzelbetrachtung bei Patienten mit einer Erstoperation und einer Revisionsoperation auf. In einer Studie von Maurer *et al.* aus dem Jahr 2023 zeigten sich bei Patienten mit einer chirurgischen Wundinfektion ebenfalls kardiovaskuläre Komorbiditäten als signifikante Risikofaktoren [113].

Viele kardiovaskuläre Risikofaktoren treten häufig gemeinsam auf, beispielsweise im Rahmen des metabolischen Syndroms. Das metabolische Syndrom beschreibt den Zusammenschluss von vier häufig auftretenden Stoffwechselerkrankungen. Mit in das Syndrom eingeschlossen wird die zentrale Adipositas, der erhöhte Blutdruck, der Diabetes mellitus und das Vorhandensein einer Dyslipidämie [132]. Auch in Bezug auf das metabolische Syndrom existieren Studien über das damit verbundene erhöhte Risiko für postoperative Komplikationen [133-135]. Daher wäre es denkbar, dass hinsichtlich des Auftretens postoperativer Komplikationen ebenfalls eine gemeinsame Relevanz bei den analysierten Risikofaktoren besteht. In einer Kaskade führt das

Vorhandensein kardiovaskulärer Risikofaktoren häufig zur Entwicklung kardiovaskulärer Erkrankungen. Das steigende Durchschnittsalter der Bevölkerung trägt ebenfalls zur Erhöhung der Multimorbidität bei, was zwangsläufig zu einer Zunahme von Nebenerkrankungen führt. Obwohl die einzelnen Aspekte offensichtlich miteinander verknüpft sind, zeigten sich in der multifaktoriellen Regressionsanalyse keine signifikanten Zusammenhänge. Der Grund dafür könnte möglicherweise auf die Größe der gebildeten Gruppen aus dem gesamten Patientenkollektiv zurückzuführen sein, weshalb dies eine weitergehende Untersuchung erfordert.

Insgesamt erwiesen sich jedoch viele untersuchte Kriterien besonders in der Einzelbetrachtung als signifikante Risikofaktoren für postoperative Komplikationen. Daher ist es essenziell, diesen Krankheitsbildern und vor allem den modifizierbaren kardiovaskulären Risikofaktoren besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Die Relevanz der beeinflussbaren Risikofaktoren sollte sich in den Therapieansätzen und der Prävention widerspiegeln. Ein umfangreiches perioperatives Management sollte implementiert werden, um Revisionsoperationen, die damit verbundenen erhöhten Gesundheitskosten sowie die persönlichen körperlichen Einschränkungen zu minimieren.

In der vorliegenden Studie wurde das Geschlecht, der Rauchstatus und der Diabetes mellitus als nicht signifikante Risikofaktoren identifiziert.

Zwar ist das männliche Geschlecht als nicht beeinflussbarer kardiovaskulärer Risikofaktor beschrieben und lag in dem untersuchten Patientenkollektiv auch vor, jedoch zeigte sich keine Signifikanz bezüglich der Komplikationsrate. In der Literatur besteht keine einheitliche Meinung über den Einfluss des Geschlechts auf die postoperative Komplikationsrate. In einer retrospektiven Studie von Al-Taki *et al.* über geschlechtsspezifische Unterschiede bei postoperativen Ergebnissen zeigten Frauen sich mit einer geringeren perioperativen Morbidität und Mortalität als Männer [136]. Eine weitere Untersuchung ergab, dass das männliche Geschlecht mit einem erhöhten Risiko für schwere Infektionen nach einem Trauma verbunden ist [137]. Jedoch darf hierbei der Aspekt der vermehrten Anzahl von Männern in der Traumatologie nicht vergessen werden

[72]. In der Wissenschaft wird zudem auch von keinem Zusammenhang gesprochen oder sogar von einem protektiven Einfluss. In einer bereits zitierten Studie von Varshneya *et al.* wird dem männlichen Geschlecht eine geringere Wahrscheinlichkeit von Revisionsoperationen zugeschrieben [119].

Der Rauchstatus zeigte in der vorliegenden Untersuchung sowohl in der univariaten als auch in der multifaktoriellen Regressionsanalyse keine Signifikanzen. Dieses Ergebnis widerspricht den aktuellen Belegen aus der Literatur. Die negativen Auswirkungen des Rauchens auf den Körper und die resultierenden Folgen für das Gesundheitssystem sind bereits seit langem bekannt. Rauchen führt durch die Nicotin-Toxizität zur vermehrten Ausbildung von Karzinomen, sowie zu systemischen Veränderungen an den Gefäßen mit veränderter Endothelfunktion und fördert somit die Entwicklung von kardiovaskulären Erkrankungen [138]. Insbesondere im Bereich der Unfallchirurgie ist bekannt, dass Rauchen die Knochenheilung beeinträchtigt und das Frakturrisiko erhöht [139]. Rauchen führt zu einer verzögerten Vaskularisierung, was eine resultierende Verminderung der Mikrozirkulation zur Folge hat [140, 141]. Bei Rauchern kommt es daher nach Operationen häufiger zu septischen Verläufen, die eine Revisionsoperation nach sich ziehen. Belegbar durch Studien, bei denen das Rauchen mit einem höheren Revisionsrisiko verbunden war [119, 142]. Auch hinsichtlich der allgemeinen postoperativen Komplikationsrate spielt das Rauchverhalten nach Belegen der Literatur eine große Rolle. So beschreiben Grønkjær *et al.*, dass das präoperative Rauchen mit einem deutlich erhöhten Risiko für postoperative Komplikationen, wie Wundkomplikationen, allgemeine Infektionen, erhöhte Morbidität, sowie pulmonale und neurologische Komplikationen korreliert [143].

Um die Analysebedingungen in der Regressionsanalyse zu optimieren, wurde das Rauchverhalten in Raucher und Nichtraucher kategorisiert. Obwohl die Literaturrecherche ähnliche Werte wie die vorliegende Studie ergab, konnte keine Korrelation mit dem Auftreten von postoperativen Komplikationen festgestellt werden. Die Einteilung in Raucher und Nichtraucher erscheint für diese Analyse zu ungenau. Eine detaillierte Betrachtung der erhobenen Pack Years sowie die Erfassung der Ex-Raucher unter Berücksichtigung der Dauer der

Raucherpause könnten möglicherweise zu differenzierteren Ergebnissen führen. [144].

In der Literatur wird der Diabetes mellitus ebenfalls als einen weiteren Risikofaktor für postoperative Komplikationen beschrieben. Dieser Aspekt konnte in der durchgeführten Analyse jedoch nicht bestätigt werden. Es herrschen auch hierzu zahlreiche Belege für eine Auswirkung des Diabetes mellitus auf die postoperative Komplikationsrate, jedoch meistens betrachtet in Bezug auf spezielle Komplikationen. Eine bereits zitierte Studie über postoperative Komplikationen nach chirurgischer Therapie von hinteren Malleolarfrakturen beschrieb den Diabetes mellitus als signifikanten Risikofaktor für das Auftreten von Wundheilungsstörungen [116]. Ebenso wird der Diabetes mellitus als Risikofaktor für postoperative Komplikationen nach einer arthroskopischen Operation an der Rotatorenmanschette beschrieben, der zu Revisionen, Pneumonien und einer verlängerten Beatmung nach der Operation führen kann [145]. Patienten mit einem Diabetes mellitus in der Anamnese zeigten des Weiteren in einer Untersuchung von unerwünschten Ereignissen nach Femur- und Tibiaosteotomien ein erhöhtes Risikoprofil [146]. In einer bereits zitierten Studie des SWI von Maurer *et al.* konnte der Diabetes mellitus bei der Untersuchung von Revisionspatienten mit septischen Verläufen ebenso mit einem erhöhten Risikoprofil für chirurgischen Wundinfektionen identifiziert werden [113].

Obwohl die Prävalenz von Diabetes mellitus in der vorliegenden Studie mit den Zahlen aus der Bevölkerung vergleichbar oder sogar leicht erhöht war, konnten keine Signifikanzen erreicht werden.

In einer erneuten Untersuchung der Auswirkungen von Diabetes mellitus auf die postoperative Komplikationsrate sollte ein besonderer Fokus auf spezifische Komplikationen, wie beispielsweise postoperative Wundinfektionen, gelegt werden. Dies könnte eventuell dazu beitragen, signifikante Korrelationen zu identifizieren. Zudem sollte nicht nur eine anamnestische Erhebung dieser Vorerkrankung durchgeführt werden, sondern beispielsweise durch eine Blutentnahme zur detaillierten Kontrolle des Blutzuckerspiegels ergänzt werden. Auf diese Weise könnte auch die Rolle des Prädiabetes sowie die hohe

Dunkelziffer nicht diagnostizierter Fälle in der Bevölkerung berücksichtigt werden [147, 148].

Diese drei untersuchten Risikofaktoren stimmen somit nicht mit der Recherche der aktuellen Literatur überein. Eventuell können hier signifikante Ergebnisse durch ein größeres Patientenkollektiv erreicht werden. Gerade im Bereich der Revisionsoperationen sollten die Daten in weiteren Studien überprüft werden, denn der Diabetes mellitus, das Geschlecht, sowie das Rauchverhalten werden in diesem Rahmen häufig als Risikofaktoren genannt [120].

#### **4.4 Limitationen der Studie**

Die sehr große Studienpopulation spiegelt die Vielfalt der allgemeinen Bevölkerung und deren demographische Entwicklung wider. Es wurden jedoch ausschließlich Patienten mit operativen Eingriffen eingeschlossen. Diese bilden dafür das Gesamtspektrum des operativen Fachgebiets ab, von elektiven Routineeingriffen bis zur Schwerstverletztenversorgung. Ein Nachteil ist die Entstehung von kleineren Subgruppen, welche wiederum in der Detailauswertung an Aussagekraft verlieren. Auch der Anteil konservativ therapierter Patienten fließt nicht in die Studie ein. Die Clavien-Dindo-Klassifikation hat den großen Vorteil, dass Eingriffe jeglicher Art miteinander verglichen werden können, ohne dass jede Operation im Detail beschrieben werden muss. Das gelingt durch die Beurteilung des erhofften Therapieerfolges, bzw. durch Beurteilung der jeweiligen komplikationsbedingten Abweichungen vom Behandlungspfad. Jedoch können innerhalb der Kategorien lediglich quantitative Aussagen über das Auftreten postoperativer Komplikationen getroffen werden. Die Qualität von operativen Eingriffen und deren Komplikationen kann nicht beurteilt werden. Es bedarf zukünftig noch detailliertere Datenerhebungen, um eine Entwicklung von Score-Systemen zur Analyse der Zusammenhänge von Risikofaktoren und postoperativen Komplikationen voranzutreiben. Auch wenn hier noch nicht die ausreichende Fallzahl erreicht werden konnte, um eine valide Aussage treffen zu können,

wurden mit dieser Promotionsarbeit jedoch im Gesamtprojekt die Weichen gestellt, um zukünftige Datenbanken entsprechend optimieren zu können.

Die Datenerhebung wurde unter anderem über standardisierte Fragebögen umgesetzt. Ein Vorteil von Fragebögen besteht darin, dass Informationen, wie beispielsweise Angaben zur persönlichen Krankengeschichte und Symptomen, direkt vom Patienten gewonnen werden. Darüber hinaus ist diese Methode kosteneffizient, flexibel in der Anwendung und einfach durchzuführen, da keine spezielle Ausrüstung oder Schulung erforderlich ist [149]. Nachteile einer anamnestischen Datenerhebung umfassen hingegen den erhöhten Zeitaufwand für das Sammeln und Auswerten der erhobenen Daten, sowie die potenzielle Antwortverzerrung durch mögliche Erinnerungsfehler oder absichtlicher Falschaussagen der Patienten hinsichtlich Vorerkrankungen, Befunde oder Medikation [150]. Bei der Datenzusammentragung für die vorliegende Studie wurden zudem Informationen aus der für jeden Patienten angelegten Krankenhausakte des Krankenhausinformationssystems gegengeprüft und extrahiert. Der Informationsgehalt der Krankenhausakte ist jedoch auch nur ein Abbild der Dokumentationsbereitschaft des Personals. Die Rahmenbedingungen werden durch den Zeitdruck im klinischen Alltag, die zunehmende Bürokratisierung und die Sorgfalt der Mitarbeiter bestimmt [151].

Zukünftig wären eine Vereinheitlichung und Vereinfachung der Dokumentationsprozesse wünschenswert, um eine lückenlose und strukturierte Erfassung und Speicherung aller medizinischen Patientendaten zu gewährleisten. Die Einführung der elektronischen Patientenakte ist daher vielversprechend. Diese ermöglicht die zentrale Speicherung aller relevanten medizinischen Daten eines Patienten, worunter Arztbriefe, Befunde und Medikationspläne fallen. Mit dem Digitalgesetz des Bundestags vom März 2024, wurde entschieden eine elektronische Patientenakte ab Januar 2025 für jeden gesetzlichen Versicherten zu erstellen. Eine elektronische Patientenakte erlaubt eine bessere Zugänglichkeit der Patientendaten für eine effizientere Behandlung [152]. Das zeitaufwendige Durcharbeiten von Papierakten entfällt und relevante medizinische Daten sind im Idealfall immer auf dem aktuellen Stand, wodurch sich Mehrfachuntersuchungen vermeiden lassen [152]. Zudem ermöglicht eine

elektronische Patientenakte durch einen persönlichem Zugriff des Patienten, aktiv an der Überwachung des eigenen Gesundheitszustandes teilzunehmen [153]. So könnten zukünftig auch die Patienten besser über Ihren Gesundheitszustand informiert sein. Die medizinische Forschung soll mit den digitalisierten Forschungsdaten vereinfacht werden. Patienten können jedoch gegen die Freigabe ihrer Daten für Forschungszwecke widersprechen und durch den persönlichen Zugriff sensible oder unangenehme Daten löschen, sodass aus der Sicht von Forschenden nicht immer von einer vollständigen Patientenakte ausgegangen werden kann [154]. Ein Blick auf weitere Nachteile der elektronischen Patientenakte offenbart, dass die derzeitigen technischen Infrastrukturen noch nicht flächendeckend verfügbar sind [155]. Um eine Akzeptanz in der Bevölkerung zu erreichen, muss daher zusätzlich eine ausführliche Aufklärung erfolgen [156]. Diese sollte neben den individuellen persönlichen Vorteilen auch die gesamtgesellschaftliche Bedeutung beinhalten. Es bestehen in der Gesellschaft und den sozialen Medien immer wieder Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes, der Zugriffsrechte und der Transparenz, was die Möglichkeit einer Ablehnung erhöhen könnte [157].

## **4.5 Ausblick und Konsequenzen der Studienergebnisse**

### **4.5.1 Empfehlungen für die optimierte Datenerfassung**

Die manuelle Datenerfassung für wissenschaftliche Studien ist sehr aufwendig. Häufig wird diese Arbeit von wissenschaftlichen Mitarbeitern oder besonderes geschultem medizinischen Assistenzpersonal durchgeführt. Das macht die Datensammlung personal- und kostenintensiv.

Wünschenswert wäre eine zunehmend automatisierte Erfassung der relevanten Patientendaten. Besonders geeignet wären medizinisch abrechnungsrelevante Datensätze, welche im Rahmen eines Krankenhausaufenthaltes ohnehin flächendeckend erhoben werden. Bei der Implementierung einer elektronischen Patientenakte würde durch entsprechende Schnittstellen eine einheitliche digitale Erfassung eine Datengrundlage geschaffen werden, die ohne direkte

menschliche Zusatzarbeit und ohne einen vermehrten Zeitaufwand befüllt werden könnte.

Zur internationalen Vergleichbarkeit von Studiendaten müssten standardisierte und validierte Fragebögen zur Verfügung stehen. International anerkannte Klassifikationen und Maßeinheiten wären ebenfalls erforderlich, die das Abgreifen der Informationen aus ICD-10 und den OPS-Codes ermöglichen. Dies würde neben einer standardisierten Risikostratifizierung auch eine Übertragbarkeit von automatisierte Scoringssysteme erlauben. Auch die Entwicklung von Algorithmen und Künstlicher Intelligenz beruht auf großen einheitlichen Datensätzen. Generell steht die Gesellschaft der Nutzung von künstlicher Intelligenz überwiegend aufgeschlossen gegenüber. In einer Umfrage über die Bereitschaft des medizinischen Personals erklärten sich über 90 % der Befragten bereit sich über die KI zu informieren und es herrschte in vielen medizinischen Bereichen eine erhöhtes Interesse über die Nutzung einer KI [158].

Um die Weiterentwicklung voranzutreiben, sind umfassende Datensammlungen erforderlich, ähnlich wie in der vorliegenden Arbeit. Diese Untersuchungen sollen Informationen über potenzielle Zusammenhänge und Korrelationen im Zusammenhang mit spezifischen Risikofaktoren sammeln und dabei verschiedene Fachrichtungen und Therapieansätze berücksichtigen. Mit Blick auf die zukünftige Nutzung einer künstlichen Intelligenz zur Analyse großer Datensätze und zur Identifizierung potenzieller Zusammenhänge, ist die Erweiterung und detaillierte Erfassung von Patientendaten für die Forschung von entscheidender Bedeutung. In der wissenschaftlichen Literatur existieren bereits verschiedene Beispiele, die potenzielle Anwendungen der künstlichen Intelligenz im medizinischen Bereich aufzeigen. In der Unfallchirurgie und Orthopädie spielt die KI bereits ebenfalls eine Rolle, wie beispielsweise bei muskuloskelettalen Simulationen, der KI-gestützten Bilddiagnostik von Frakturen und Entzündungen sowie bei der präoperativen Planungssoftware für Operationsverfahren auf Basis von Computertomographieaufnahmen [63, 159-161]

Gleichzeitig gibt es jedoch auch kritische Stimmen, die auf mögliche Herausforderungen und Risiken hinweisen. Die Implementierung einer künstlichen Intelligenz in das Gesundheitswesen stellt erhebliche Herausforderungen und hohe Kosten für das Gesundheitswesen dar. Die Entwicklung der derzeit verfügbaren technischen Mittel zur Verarbeitung großer Datensätze ist noch nicht ausreichend [162]. Große Zentren und kommerzielle Anbieter arbeiten aber bereits an technischen Lösungen. Dabei stehen neben vertretbaren Kosten auch die Datensicherheit und der Datenschutz im Fokus. Darüber hinaus müssen geeignete gesellschaftliche Rahmenbedingungen geschaffen und ethische Herausforderungen überwunden werden, um eine bedarfsgerechte medizinische Versorgung zu gewährleisten und den praktischen Anforderungen von Ärzten und Patienten gerecht zu werden [163]. Zudem bedürfen viele Algorithmen eine zeitaufwendige menschliche Validierung [164]. Damit umfassende, fachübergreifende und aussagekräftige, sowie sichere KI-Systeme für den klinischen Alltag bereit stehen sind bislang zu wenig Krankheiten systematisch mit einer hohen Datenqualität erfasst [55]. Es treten zudem Software-Herausforderungen auf, welche rechenintensive Anwendungen an ihre Grenzen stoßen lässt [165]. Nicht zu vernachlässigen ist die Erkenntnis, dass auch Anwenderfortbildungen für die Ärzteschaft unerlässlich sein werden. Nur so können in Zukunft fundierte Entscheidungen getroffen werden, wann und in welchem Umfang auf die Hilfen einer künstlichen Intelligenz vertraut werden kann [55].

Sobald jedoch die technischen Voraussetzungen erfüllt sind, ein einheitlicher Ansatz etabliert wurde und qualitativ hochwertige Datensätze zur Verfügung stehen, kann das Potenzial der künstlichen Intelligenz genutzt werden und somit einen Beitrag zur medizinischen Entscheidungsfindung leisten [55, 162].

#### **4.5.2 Erkenntnisse für die klinische Umsetzung und zukünftige Strategien**

Es gibt verschiedene Ansätze, um postoperative Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie zu minimieren. Häufig lassen sich die Ursachen postoperativer Komplikationen bereits aus prä- und perioperativen bekannten Konditionen ableiten [166]. Diese sind oft durch vorbestehende Krankheiten bedingt, können jedoch auch durch eine ungünstige Therapieentscheidung, den Verlauf der Operation oder Zufall beeinflusst werden [15]. Durch die Verwendung der Clavien-Dindo-Klassifikation wird der Erfolg einer Operation jedoch anhand des tatsächlichen Verlaufs und der objektiv gemessenen Ergebnisse beurteilt. Dadurch kann der Einfluss anderer Faktoren klein gehalten werden. In den Fachgebieten der Unfallchirurgie und Orthopädie gibt es zahlreiche Operationsverfahren, Versorgungsstrategien und Implantat-Designs, welche alle ihre Berechtigung besitzen und oftmals auch vergleichbare postoperative Resultate erzielen können. Vor diesem Hintergrund erscheint es sinnvoll, die Beschreibung postoperativer Komplikationen in Beziehung zum vorhergesagten Operationserfolg zu setzen, um eine differenzierte Bewertung des Behandlungsergebnisses zu ermöglichen.

Ein erhöhtes Komplikationsrisiko könnte beispielsweise eine engmaschige präventiven Überwachung bedeuten. Dies könnte sich in einem anderen Stellenschlüssel der Betreuung, der Frequenz der Visiten oder der poststationären Anbindung widerspiegeln. Umgekehrt könnte durch die Verbesserung der präoperativen Patienteneinschätzung auch eine Ressourcenschonung erreicht werden. Patienten ohne erhöhtes Risiko müssten nicht unnötig engmaschig überwacht oder speziell therapiert werden, ohne dass die Qualität der Behandlung darunter leidet [167].

Der in dieser Studie beobachtete Einfluss kardiovaskulärer Erkrankungen liefert somit wichtige Erkenntnisse für zukünftige Versorgungsstrategien. Es ist von entscheidender Bedeutung, das individuelle Risikoprofil eines Patienten bereits vor einem chirurgischen Eingriff präzise bewerten zu können.

Die routinemäßige und präventive Erhebung von kardiovaskulären Risikofaktoren und die fachübergreifende Zusammenarbeit in einem

interdisziplinären Team gestaltet sich im Alltag jedoch oft schwierig. In der Regel konzentriert sich jedes Fachgebiet auf seine spezifischen Aufgaben. Bei dringlichem Behandlungsbedarf bleibt oft nur begrenzt Zeit für eine Risikostratifizierung oder Intervention. Durch das routinemäßige Zusammenführen medizinischer Daten aus einer elektronischen Patientenakten könnte der Informationsgewinn in Zukunft vereinfacht werden [152]. Darüber hinaus unterstützt das Sammeln großer Datenmengen die zukünftige Weiterentwicklung des maschinellen Lernens und der künstlichen Intelligenz im medizinischen Bereich, um Synergien über das Auftreten postoperativer Komplikationen zu untersuchen. Im Verlauf der Arbeit haben KI-Systeme zunehmend an Bedeutung gewonnen. Sie werden kontinuierlich weiterentwickelt, für einen umfassenden Einsatz optimiert und immer häufiger im medizinischen Umfeld versuchsweise implementiert [168].

Die in dieser Arbeit gewonnenen Ergebnisse können als Grundlage für den technischen Fortschritt in der Medizin dienen. Mithilfe der gesammelten Daten und der Untersuchung potenzieller Zusammenhänge kann ein automatisiertes Scoringssystem, entwickelt werden, welches das kardiovaskuläre Risikoprofil und standardisierte Klassifikationssysteme berücksichtigt und bereits präoperativ chirurgische Patienten mit einem erhöhten Risikoprofil identifiziert. Als ein standardisierter Prozess könnten diese Verfahren im Hintergrund ablaufen und als Alarmsystem für vorliegende kardiovaskuläre Risikofaktoren für postoperative Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie fungieren. Dies ermöglicht in Zukunft eine präzise und einheitliche Einstufung ohne zusätzlichen Aufwand und unabhängig vom klinischen Alltag.

## 5 Zusammenfassung

Kardiovaskuläre Erkrankungen sind von großer gesamtgesellschaftlicher Bedeutung. Trotz umfangreicher Investitionen im Gesundheitswesen weist ein medizinisch fortschrittliches Land wie Deutschland im europäischen Vergleich eine der niedrigsten Lebenserwartungen mit einer hohen Sterblichkeit durch kardiovaskuläre Erkrankungen auf. Aufgrund der hohen Prävalenz von kardiovaskulären Erkrankungen sind diese Krankheitsbilder auch interdisziplinär von großer Wichtigkeit. Die vorliegende Arbeit hat eindrücklich gezeigt, dass sich auch die Fachbereiche der Unfallchirurgie und Orthopädie angesichts der hohen Anzahl jährlich durchgeführter Operationen und der zunehmenden Prävalenz von Herz-Kreislauf-Erkrankungen dieser Herausforderung stellen müssen. Angesichts individueller Patientenschäden sowie der erheblichen Belastung des Gesundheitssystems sollten die Einflussfaktoren auf die postoperative Komplikationsrate in der Unfallchirurgie und Orthopädie untersucht werden, um gezielte Maßnahmen zur Reduktion dieser Komplikationen und eine Risikoevaluation zu ermöglichen.

Die Analyse der erhobenen Daten ergab einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Alter der Patienten und dem Auftreten von postoperativen Komplikationen in der Unfallchirurgie und Orthopädie. Mit zunehmendem Lebensalter nimmt sowohl die Prävalenz kardiovaskulärer Erkrankungen als auch die Anzahl der eingesetzten kardiovaskulär wirksamen Medikamente zu. Beide Faktoren sind daher als potenzielle Prädiktoren für das Auftreten postoperativer Komplikationen zu betrachten. Bei einer chirurgischen Operation korrelieren vor allem das Patientenalter, der präoperative gesundheitliche Allgemeinzustand (ASA-Klassifikation) und die Anzahl von kardiovaskulären Erkrankungen signifikant mit der postoperativen Komplikationsrate. Durch Adjustierung der Risikofaktoren in der multifaktoriellen Regressionsanalyse verringerten sich zwar die vorherigen Signifikanzen, aber insbesondere der Effekt der kardiovaskulären Erkrankungen blieb bestehen. Bei Patienten mit Revisionsoperationen zeigten auch zusätzlich Komorbiditäten, wie beispielsweise die arterielle Hypertonie, das Körpergewicht und die Mobilität

einen signifikanten Zusammenhang mit dem gehäuften Auftreten von postoperativen Komplikationen.

Der in dieser Studie beobachtete Einfluss kardiovaskulärer Erkrankungen, deren Medikation und Risikofaktoren auf die postoperative Komplikationsrate erfordert eine besondere Berücksichtigung im klinischen Alltag der Unfallchirurgie und Orthopädie. Das vermehrte Auftreten postoperativer Komplikationen im höheren Lebensalter, sowie die damit verbundene signifikante Zunahme kardiovaskulärer Erkrankungen und deren medikamentöse Therapien stellen eine zentrale Erkenntnis dieser Arbeit dar. Dieser Umstand erfordert ein grundlegendes Umdenken sowohl in der Prävention von kardiovaskulären Risikofaktoren als auch bei den Behandlungsstrategien mit bereits bestehenden kardiovaskulären Erkrankungen. Die Evaluierung von Risikopatienten kann dazu beitragen, ein Problembewusstsein zu schaffen. Während bei akuten Verletzungen ein präoperatives Screening auf Risikofaktoren mitunter nicht umsetzbar ist, können die Erkenntnisse bei elektiven Eingriffen dazu genutzt werden, eine bestmögliche Ausgangssituation für den Operationserfolg zu schaffen.

Kardiovaskuläre Erkrankungen sollten stärker als Prädiktor für postoperative Komplikationen wahrgenommen werden und ihr Einfluss sollte in der Forschung und in der Entwicklung von automatisierter Scoringssysteme erfasst und bewertet werden. Dabei sollten standardisierte Klassifikationssysteme verwendet werden, da sie sich in dieser und vorangegangenen Studien als wertvolles Instrument zur präoperativen Patientenevaluierung erwiesen haben.

In der Unfallchirurgie und Orthopädie sollte zukünftig in der klinischen Praxis routinemäßig eine Erhebung kardiovaskulärer Erkrankungen und deren Risikofaktoren in allen Altersgruppen erfolgen, sodass eine systematische und einheitliche Risikoevaluation möglich ist. Durch diese Arbeit konnten die Grundlagen für eine standardisierte Datenerfassung in anerkannten und validierten Klassifikationen umgesetzt werden. Dies ist der Ausgangspunkt für eine KI-gestützte Auswertung und automatisierte Risikostratifizierung. Gerade die Fachgebiete der Unfallchirurgie und Orthopädie, welche oftmals aufgrund einer Behandlungsdringlichkeit unter zeitlichem Zugzwang stehen, könnten durch solche Systeme erheblich profitieren.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Radtke, R. *Vollstationäre Operationen und Behandlungsmaßnahmen in Krankenhäusern in Deutschland im Zeitraum 2005 bis 2022 (in Millionen)*, veröffentlicht 2023, zitiert nach Statista, Zugriff: 15. August 2024.
2. Stöß, C., et al., *[Effects of the SARS-CoV-2 pandemic on surgery - a national cross-sectional study]*. *Chirurg*, 2020. **91**(9): p. 762-768.
3. Radtke, R. *Vollstationäre Operationen und Behandlungsmaßnahmen in Krankenhäusern in Deutschland im Zeitraum 2005 bis 2023 (in Millionen)*, veröffentlicht 2024, zitiert nach Statista, Zugriff: 24. März 2025.
4. Bundesamt, S., *Bevölkerung im Wandel - Annahmen und Ergebnisse der 14. koordinierten Bevölkerungsberechnung*; Statistisches Bundesamt 2019.
5. Brandenburg, U. and J.-P. Domschke, *Die Zukunft sieht alt aus*. 2007: Springer.
6. Bücking, B., et al., *Unfallchirurgisch-geriatrisches Co-Management in der Alterstraumatologie*. *Orthopädie und Unfallchirurgie up2date*, 2018. **13**(04): p. 343-356.
7. Hestermann, U., C. Thomas, and P. Oster, *["FRAGILE"-Old people and surgery]*. *Chirurg*, 2005. **76**(1): p. 28-34.
8. Palazzo, C., et al., *Risk factors and burden of osteoarthritis*. *Ann Phys Rehabil Med*, 2016. **59**(3): p. 134-138.
9. Pelletier, J.P., et al., *Risk factors associated with the occurrence of total knee arthroplasty in patients with knee osteoarthritis: a nested case-control study*. *Ther Adv Musculoskelet Dis*, 2022. **14**: p. 1759720x221091359.
10. Barker, S.J., D.M. Gamel, and K.K. Tremper, *Cardiovascular effects of anesthesia and operation*. *Crit Care Clin*, 1987. **3**(2): p. 251-68.
11. Komplikationen, D., *Grundlagenfächer Terminologie (ohne Körperteile und -regionen) med. Fachbegriff oder Element davon Krankheitslehre, Pathologie; zitiert nach med. Wörterbuch Psychrembel (online)*; Zugriff: 15. August 2024.
12. Wu, A.W., A.K. Lipshutz, and P.J. Pronovost, *Effectiveness and efficiency of root cause analysis in medicine*. *Jama*, 2008. **299**(6): p. 685-7.
13. Dindo, D., N. Demartines, and P.A. Clavien, *Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey*. *Ann Surg*, 2004. **240**(2): p. 205-13.
14. Nerlich, M., *Komplikationen in der Unfallchirurgie*. *Der Chirurg*, 2015. **86**(10): p. 917-918.
15. C. Josten, C.S., *Postoperative Komplikationen in der Unfallchirurgie, Der Chirurg*, 2009, Vol. 80, Issue 9, p.790. 2009.

16. Holbrook, T.L., D.B. Hoyt, and J.P. Anderson, *The Impact of Major In-Hospital Complications on Functional Outcome and Quality of Life after Trauma*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2001. **50**(1): p. 91-95.
17. Martinez, V., S. Baudic, and D. Fletcher, [*Chronic postsurgical pain*]. Ann Fr Anesth Reanim, 2013. **32**(6): p. 422-35.
18. Holtslag, H.R., et al., *Determinants of Long-Term Functional Consequences After Major Trauma*. Journal of Trauma and Acute Care Surgery, 2007. **62**(4): p. 919-927.
19. Mathew, P.J., et al., *The burden of excess length of stay in trauma patients*. Am J Surg, 2018. **216**(5): p. 881-885.
20. Hemmila, M.R., et al., *Real money: complications and hospital costs in trauma patients*. Surgery, 2008. **144**(2): p. 307-16.
21. Zimlichman, E., et al., *Health care-associated infections: a meta-analysis of costs and financial impact on the US health care system*. JAMA Intern Med, 2013. **173**(22): p. 2039-46.
22. Robert Griebler, J.A., Alexander Eisenmann, *Herz-Kreislauf-Erkrankungen in Österreich. Update 2020: Bundesministerium für Soziales, Gesundheit, Pflege und Konsumentenschutz, Wien, 2021*.
23. Herzbericht, 34. *Deutscher Herzbericht 2022, e-Paper der Deutschen Herzstiftung, Zugriff: 15. März 2024*.
24. Sun, J., et al., *Global, regional, and national burden of cardiovascular diseases in youths and young adults aged 15-39 years in 204 countries/territories, 1990-2019: a systematic analysis of Global Burden of Disease Study 2019*, BMC Med. 2023. **21**(1): p. 222.
25. Hengstenberg, C.e.a., *Zunehmende Risiken führen zu Anstieg bei Herz-Kreislauf-Erkrankungen*. MedUni Wien. 2023.
26. *Gesetzes zur Stärkung der Herzgesundheit (Gesundes Herz-Gesetz – GHG), Bundesministerium für Gesundheit (BMG). 2024*.
27. OECD, *European Observatory on Health Systems and Policies (2023), Deutschland: Ländergesundheitsprofil 2023, OECD Publishing, Paris. 2023*.
28. *Lebenserwartung: Deutschland in Westeuropa unter den Schlusslichtern, zitiert nach Bundesinstitut für Bevölkerungsforschung (BiB) und dem Max-Planck-Institut für demografische Forschung, 2023, Zugriff: 10. April 2024*.
29. Völler, H., [*Significance of changes in habits followed by risk reduction*], Clin Res Cardiol, 2006. 95 Suppl 6: p. Vi6-11.
30. Debus, E., et al., *Ursachen und Risikofaktoren der Arteriosklerose*. Gefäßchirurgie, 2013. **18**(6): p. 544-550.
31. Herold, G., *Innere Medizin 2020, S. 298, Köln. 2020*.

32. Herold, G., *Innere Medizin 2020*, Köln. 2020.
33. Beubler, E., *Herzerkrankungen*, in *Kompendium der Pharmakologie: Gebräuchliche Arzneimittel in der Praxis*. 2018, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 63-71.
34. Dietz, R. and B. Rauch, *Leitlinie zur Diagnose und Behandlung der chronischen koronaren Herzerkrankung der Deutschen Gesellschaft für Kardiologie–Herz- und Kreislafforschung (DGK)*. *Clinical Research in Cardiology*, 2003. **92**(6): p. 501-521.
35. Visseren, F.L.J., et al., *2021 ESC Guidelines on cardiovascular disease prevention in clinical practice: Developed by the Task Force for cardiovascular disease prevention in clinical practice with representatives of the European Society of Cardiology and 12 medical societies With the special contribution of the European Association of Preventive Cardiology (EAPC)*. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)*, 2022. **75**(5): p. 429.
36. Versorgungsleitlinie, N., *S3-Leitlinie Nationale Versorgungsleitlinie Chronische Herzinsuffizienz, Version 4.0, AWMF-Register-Nr. nvl-006, Träger: Bundesärztekammer, Kassenärztliche Bundesvereinigung, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften 2023*.
37. Kardiologie, D.G.f., *S3-Leitlinie Infarkt-bedingter kardiogener Schock - Diagnose, Monitoring und Therapie, Deutsche Gesellschaft für Kardiologie - Herz- und Kreislafforschung e.V. (DGK), AWMF-Leitlinien-Register Nr. 019/013*. 2019.
38. Versorgungsleitlinie, N., *S3-Leitlinie Nationale Versorgungsleitlinie Hypertonie, Version 1.0, AWMF-Register-Nr. nvl-009, Träger: Bundesärztekammer, Kassenärztliche Bundesvereinigung, Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften 2023*.
39. Versorgungsleitlinie, N., *Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV), Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF). Nationale Versorgungsleitlinie Typ-2-Diabetes – Leitlinienreport. Version 3.0. 2023*.
40. Roth, G.A., et al., *Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors, 1990-2019: Update From the GBD 2019 Study*. *J Am Coll Cardiol*, 2020. **76**(25): p. 2982-3021.
41. Krönig, B., et al., *Durch Rauchen und Passivrauchen verursachte Erkrankungen des Herz-Kreislaufsystems*. Heidelberg, 2008.
42. Pisinger, C. and M. Døssing, *A systematic review of health effects of electronic cigarettes*. *Prev Med*, 2014. **69**: p. 248-60.
43. Kommission, E., *Sport and Physical Activity, 5. Eurobarometer zum Thema Sport und körperliche Betätigung, Europäische Kommission, Brüssel, 2022*.
44. Organization, W.H., *Global action plan on physical activity 2018-2030: more active people for a healthier world, World Health Organization, 2019*.

45. Paluch, A.E., et al., *Steps per Day and All-Cause Mortality in Middle-aged Adults in the Coronary Artery Risk Development in Young Adults Study*. JAMA Network Open, 2021. **4**(9): p. e2124516-e2124516.
46. Timmis, A., et al., *European Society of Cardiology: cardiovascular disease statistics 2021*. European Heart Journal, 2022. **43**(8): p. 716-799.
47. Anästhesie, E., *Präoperative Evaluation erwachsener Patienten vor elektiven, nicht herz-thoraxchirurgischen Eingriffen. Gemeinsame Empfehlung der DGAI, DGCH und DGIM. Anästhesie und Intensivmedizin*, 2017. p.58:349-364. .
48. Wicklein, S. and M. Gosch, *4. Präoperative Risikoevaluierung aus der geriatrischen Perspektive*, in *Anästhesie beim geriatrischen Patienten*, Z. Wolfgang, et al., Editors. 2019, De Gruyter: Berlin, Boston. p. 50-64.
49. Sommeregger, U., *Das multidimensionale geriatrische Assessment*. Zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie, 2013. **46**(3): p. 277-286.
50. Bauer, J., Denking, M. et al, *S1-Leitlinie Geriatrisches Assessment der Stufe 2 - Living Guideline; Version 5.0, Deutsche Gesellschaft für Geriatrie (DGG), AWMF-Register-Nr. 084-002LG, Erstanmeldung 2019, 2024, Zugriff am 10. November 2024*.
51. Deutsche Gesellschaft für Unfallchirurgie, *AltersTraumaZentrum DGU®; Kriterienkatalog; Deutsche Gesellschaft AUC: Akademie der Unfallchirurgie, Version 1.3, 2021, Zugriff: 10. November 2024*.
52. Ammenwerth, E., *Wir brauchen eine Schnittstelle!* ProCare, 2019. **24**(5): p. 44-46.
53. G, K., *Veränderungen in der orthopädischen Anschlussheilbehandlung (AHB) nach Hüft- und Kniegelenksendoprothesen-Operationen im Zusammenhang mit der Einführung der Diagnosis-Related-Groups (DRG)*, *Aktuelle Rheumatologie* 2012; **37**(06): 384-389; © Georg Thieme Verlag KG Stuttgart · New York. 2012.
54. Perl, M., et al., *Berufgenossenschaftliches Heilverfahren in der Traumaversorgung*, in *Management des Schwerverletzten*, H.-C. Pape, F. Hildebrand, and S. Ruchholtz, Editors. 2018, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg. p. 37-46.
55. Sonntag, D., *Künstliche Intelligenz in der Medizin – Holzweg oder Heilversprechen? [Artificial intelligence in medicine-the wrong track or promise of cure?]*. HNO. 2019. **67**(5): p.343-349.
56. Buxmann, P. and H. Schmidt, *Grundlagen der Künstlichen Intelligenz und des Maschinellen Lernens*, in *Künstliche Intelligenz: Mit Algorithmen zum wirtschaftlichen Erfolg*. 2021, Springer Berlin Heidelberg. p. 3-25.
57. Eapen, B.R., *Artificial Intelligence in Dermatology: A Practical Introduction to a Paradigm Shift*. Indian Dermatol Online J, 2020. **11**(6): p. 881-889.

58. Hartmann, T., et al., *Basic principles of artificial intelligence in dermatology explained using melanoma*, *Journal der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft*. 2024. **22**(3): p. 339-347.
59. Paul, S., et al., *Einsatz von künstlicher Intelligenz im Screening auf diabetische Retinopathie an einer diabetologischen Schwerpunktlinik*. *Die Ophthalmologie*, 2022. **119**(7): p. 705-713.
60. Merkin, A., R. Krishnamurthi, and O.N. Medvedev, *Machine learning, artificial intelligence and the prediction of dementia*, *Current Opinion in Psychiatry*. 2022. **35**(2): p. 123-129.
61. Manych, M., *Künstliche Intelligenz verbessert die Brustkrebsfrüherkennung*. *Gynäkologie + Geburtshilfe*, 2023. **28**(6): p. 58-58.
62. Prijs, J., et al., *Artificial intelligence and computer vision in orthopaedic trauma*. *The Bone & Joint Journal*, 2022. **104-B**(8): p. 911-914.
63. Braun, B.J., et al., *Bewegungsanalyse und muskuloskeletale Simulation in der Pseudarthrosentherapie – Erfahrungen und erste klinische Ergebnisse*. *Die Unfallchirurgie*, 2022. **125**(8): p. 619-627.
64. Group, T.E., *EuroQol-a new facility for the measurement of health-related quality of life*. *Health policy*, 1990. **16**(3): p. 199-208.
65. Schweikert, B., H. Hahmann, and R. Leidl, *Validation of the EuroQol questionnaire in cardiac rehabilitation*. *Heart*, 2006. **92**(1): p. 62-67.
66. Bullinger, M., *Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität mit dem SF-36-Health Survey*. *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz*, 2000. **43**: p. 190-197.
67. Saklad, M., *Grading of patients for surgical procedures*. *Anesthesiology*, 1941. **2**(3): p. 281-284.
68. Charlson, M.E., et al., *A new method of classifying prognostic comorbidity in longitudinal studies: development and validation*. *J Chronic Dis*, 1987. **40**(5): p. 373-83.
69. Charlson, M.E., et al., *Charlson Comorbidity Index: A Critical Review of Clinimetric Properties*. *Psychother Psychosom*, 2022. **91**(1): p. 8-35.
70. Jürgen Klauber, J.W., Andreas Beivers, Carina Mostert, *Krankenhausreport 2023, Kapitel: Statistische Krankenhausdaten - Diagnosedaten der Krankenhauspatienten 2020 von Thorsten Schelhase, 22.3.1 Alters- und Geschlechtsstruktur der Patienten, S. 387; Springer Verlag, 2023*.
71. Jürgen Klauber, J.W., Andreas Beivers, Carina Mostert, *Krankenhausreport 2023, Kapitel: Statistische Krankenhausdaten - Diagnosedaten der Krankenhauspatienten 2020 von Thorsten Schelhase, 22.2. Kennzahlen der Krankenhauspatienten, S. 383; Springer Verlag, 2023*.

72. Unfallchirurgie, D.G.f., *Das Traumaregister DGU; Zahlen und Fakten zur Verletztenversorgung; Verletzten-Monitor der Deutschen Gesellschaft für Unfallchirurgie*. 2021.
73. Muhm, M., et al., *Veränderung der Patientenkiel mit hüftgelenknahen Femurfrakturen in der letzten Dekade*. *Der Unfallchirurg*, 2018. **121**(8): p. 649-656.
74. Rothbauer, F., et al., *Häufigkeit endoprothetischer Hüft- und Knieoperationen, in Weißbuch Gelenkersatz: Versorgungssituation bei endoprothetischen Hüft- und Knieoperationen in Deutschland*, H.H. Bleß and M. Kip, Editors. 2017, Springer Berlin Heidelberg. p. 17-41.
75. Scheipl, S. and É. Rásky, *Haben Frauen und Männer unterschiedliche Knochen?—Gender-Aspekte in der Orthopädie*. *XX Die Zeitschrift für Frauen in der Medizin*, 2013. **2**(01): p. 38-42.
76. Gaulke, R., *Geschlechtsspezifische operative Therapie in der Orthopädie und Unfallchirurgie*. *Arthritis und Rheuma*, 2024. **44**(01): p. 22-29.
77. Heidemann, C., et al., *Gesundheitliche Lage von Erwachsenen in Deutschland - Ergebnisse zu ausgewählten Indikatoren der Studie GEDA 2019/2020-EHIS, Robert-Koch-Institut, Berlin, Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring*. *Journal of Health Monitoring*, 2021. **6**(3): p. 3-27.
78. Schnurr, C. and C. Lüring, *Adipositas in der Orthopädie*. *Die Orthopädie*, 2025. **54**(4): p. 241-243.
79. Möckl, J., et al., *Kurzbericht Epidemiologischer Suchtsurvey 2021. Tabellenband: Tabakkonsum und Hinweise auf problematischen Tabakkonsum nach Geschlecht und Alter im Jahr 2021*. *IFT Institut für Therapieforschung*. 2023.
80. Nobis, C.u.K., *Tobias Mobilität in Deutschland - MiD Ergebnisbericht. Studie von infas, DLR, IVT und infas 360 im Auftrag des Bundesministers für Verkehr und digitale Infrastruktur (FE-Nr. 70.904/15). Bonn, Berlin, Kapitel 12 Gesundheitsbedingte Einschränkungen: Einfluss auf die Mobilität einer alternden Gesellschaft, S. 99*. 2018.
81. Reimers, C.D. and K. Völker, *Bluthochdruck (arterielle Hypertonie), in Patienteninformationen Sport in der Neurologie – Empfehlungen für Ärzte: Mit den häufigsten Begleiterkrankungen*, C.D. Reimers, A. Straube, and K. Völker, Editors. 2018, Springer Berlin Heidelberg. p. 103-108.
82. Williams, B., et al., *2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension: The Task Force for the management of arterial hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Society of Hypertension (ESH)*. *European Heart Journal*, 2018. **39**(33): p. 3021-3104.
83. Christin Heidemann, C.S.-N., Ann-Kristin Beyer, Jens Baumert, Roma Thamm, Birga Maier, Hannelore Neuhauser, Judith Fuchs, Ronny Kuhnert, Ulfert Hapke, *Gesundheitliche Lage von Erwachsenen in Deutschland – Ergebnisse zu ausgewählten Indikatoren der Studie GEDA 2019/2020-EHIS; Journal of*

- Health Monitoring; Robert Koch-Institut, Berlin; Abteilung für Epidemiologie und Gesundheitsmonitoring. 2021.*
84. Schnabel, R.B., et al., *[Prevalence and risk factors of atrial fibrillation in Germany : data from the Gutenberg Health Study]*. Herz, 2015. **40**(1): p. 8-15.
  85. Freyer, L. and K.D. Rizas, *Wearables in der Kardiologie: – Erkenntnisse aus aktuellen, digitalen Vorhofflimmern-Screenings und Management-Studien*. Gefäßchirurgie, 2024. **29**(3): p. 131-137.
  86. Rabe, E., et al., *Venenerkrankungen der Beine, Robert-Koch-Institut*. Vol. 44. 2009.
  87. Rabe, E., et al., *Bonner Venenstudie der deutschen Gesellschaft für Phlebologie*. Phlebologie, 2003. **32**(01): p. 1-14.
  88. Bauriedel, G., D. Skowasch, and B. Lüderitz, *Die chronische Herzinsuffizienz*. Deutsches Ärzteblatt, 2005. **102**(9): p. 592-601.
  89. van Riet, E.E.S., et al., *Prevalence of unrecognized heart failure in older persons with shortness of breath on exertion*. European Journal of Heart Failure, 2014. **16**(7): p. 772-777.
  90. McDonagh, T.A., et al., *2021 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: Developed by the Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) With the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC*. European Heart Journal, 2021. **42**(36): p. 3599-3726.
  91. Holstiege J, A.M., Steffen A, Bätzing J., *Prävalenz der Herzinsuffizienz – bundesweite Trends, regionale Variationen und häufige Komorbiditäten*. Zentralinstitut für die kassenärztliche Versorgung in Deutschland (Zi). Versorgungsatlas-Bericht Nr. 18/09. Berlin. 2018.
  92. W.-D. Ludwig, B.M., R. Seifert, *Arzneiverordnungs-Report 2023, ein Teil von Springer Nature 2023*. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg. 2023.
  93. A. Junger, J.E., L. Quinzio, A. Banzhaf, A. Jost, G. Hempelmann, *Risikoindeizes, Scoring-Systeme und prognostische Modelle in der Anästhesie und Intensivmedizin. Teil I: Anästhesie, Publication: AINS - Anästhesiologie · Intensivmedizin · Notfallmedizin · Schmerztherapie, Georg Thieme Verlag KG*. 2002.
  94. Porcaro, A.B., et al., *American Society of Anesthesiologists (ASA) physical status system predicts the risk of postoperative Clavien-Dindo complications greater than one at 90 days after robot-assisted radical prostatectomy: final results of a tertiary referral center*. J Robot Surg, 2023. **17**(3): p. 987-993.
  95. Prause, G., et al., *Can ASA grade or Goldman's cardiac risk index predict peri-operative mortality? A study of 16,227 patients*. Anaesthesia, 1997. **52**(3): p. 203-6.

96. Gassner, C., et al., [*Locking plate fixation of distal periprosthetic femoral fractures : Clinical outcome and mortality*]. Unfallchirurg, 2021. **124**(6): p. 473-480.
97. Brueckmann, B., et al., *Development and validation of a score for prediction of postoperative respiratory complications*. Anesthesiology, 2013. **118**(6): p. 1276-85.
98. Dhayat, S. and N. Senninger, *Risikofaktoren der Anastomoseninsuffizienz in der kolorektalen Chirurgie*. Der Onkologe, 2013. **19**(4): p. 314-315.
99. Sorowka, A., et al., [*Evaluation of the Charlson Comorbidity Index as a prognostic tool for assessing the severity of hand infections*]. Handchir Mikrochir Plast Chir, 2023. **55**(5): p. 358-363.
100. Menzies, I.B., et al., *The impact of comorbidity on perioperative outcomes of hip fractures in a geriatric fracture model*. Geriatric orthopaedic surgery & rehabilitation, 2012. **3**(3): p. 129-134.
101. Giere, W., *Klassifikation in der Medizin*. Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz, 2007. **50**(7): p. 913-923.
102. Roberts, T., *Alters-und geschlechts-spezifische Komplika-tionen nach operativer Behandlung distaler Radiusfrakturen*.
103. Weber, M., et al., *Total knee arthroplasty in the elderly*. Der Orthopäde, 2017. **46**: p. 34-39.
104. Panknin, H.-T., *Vorhersagemarker für das Komplikationsrisiko: Chirurgische Eingriffe bei älteren Patienten*. ProCare, 2019. **24**(5): p. 26-28.
105. Tamargo, J., et al., *Facing the challenge of polypharmacy when prescribing for older people with cardiovascular disease. A review by the European Society of Cardiology Working Group on Cardiovascular Pharmacotherapy*. Eur Heart J Cardiovasc Pharmacother, 2022. **8**(4): p. 406-419.
106. Benetos, A., M. Petrovic, and T. Strandberg, *Hypertension Management in Older and Frail Older Patients*. Circ Res, 2019. **124**(7): p. 1045-1060.
107. Dovjak, P., *Polypharmacy in elderly people*. Wien Med Wochenschr, 2022. **172**(5-6): p. 109-113.
108. Gosch, M., [*Pharmacological treatment of cardiovascular diseases in old age : Geriatric perspective*]. Z Gerontol Geriatr, 2022. **55**(6): p. 471-475.
109. Hoffmann, U., *Management der Polypharmazie bei älteren Menschen mit Multimorbidität*. Die Innere Medizin, 2024. **65**(1): p. 9-16.
110. Del Pinto, R. and C. Ferri, *Hypertension Management at Older Age: An Update*. High Blood Press Cardiovasc Prev, 2019. **26**(1): p. 27-36.
111. Thürmann, P.A., et al., *Arzneimittelversorgung älterer Patienten*. Versorgungs-Report, 2012: p. 111-130.

112. Rubenstein, L.Z., *Falls in older people: epidemiology, risk factors and strategies for prevention*. Age and ageing, 2006. **35**(suppl\_2): p. ii37-ii41.
113. Maurer, E., et al., *Erhöhtes Alter, kardiovaskuläre Nebenerkrankungen, COPD und Diabetes mellitus bedingen eine Übersterblichkeit in der septischen Unfallchirurgie*. Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2023. **161**(04): p. 412-421.
114. Bundesamt, S., *Prognose des Anteils der Bevölkerung ab 65 Jahren in Deutschland von 2022 bis 2070 (in Prozent), 2023, zitiert nach Statista, Zugriff: 12. September 2024*.
115. Loyst, R.A., et al., *Hypertension and postoperative complications following arthroscopic rotator cuff repair*. JSES Int, 2023. **7**(6): p. 2389-2392.
116. Neumann, A.P., et al., *Complications following surgical treatment of posterior malleolar fractures: an analysis of 300 cases*. Arch Orthop Trauma Surg, 2023. **143**(6): p. 3129-3136.
117. Ran, S., et al., *Characteristics of Postoperative Heart Failure in Older Hip Fractures Patients Combined with Coronary Heart Disease and Construction of a Prediction Model of Nomogram, a Retrospective Cohort Study*. Clin Interv Aging, 2024. **19**: p. 599-610.
118. Osthus, H., et al., *Kardiovaskuläre Risikofaktoren bei Patienten in der orthopädischen Rehabilitation*. Zeitschrift für Orthopädie und ihre Grenzgebiete, 2003. **141**(S 1): p. X135.
119. Varshneya, K., et al., *Risk Factors for Revision Surgery After Primary Adult Thoracolumbar Deformity Surgery*. Clin Spine Surg, 2022. **35**(1): p. E94-e98.
120. Paxton, E.W., et al., *Risk calculators predict failures of knee and hip arthroplasties: findings from a large health maintenance organization*. Clin Orthop Relat Res, 2015. **473**(12): p. 3965-73.
121. Watts, C.D., et al., *Morbid obesity: a significant risk factor for failure of two-stage revision total knee arthroplasty for infection*. J Bone Joint Surg Am, 2014. **96**(18): p. e154.
122. Burrus, M.T., B.C. Werner, and S.R. Yarboro, *Obesity is associated with increased postoperative complications after operative management of tibial shaft fractures*. Injury, 2016. **47**(2): p. 465-70.
123. Tohidi, M., et al., *Ten-year risk of complication and mortality after total hip arthroplasty in morbidly obese patients: a population study*. Can J Surg, 2019. **62**(6): p. 442-449.
124. Pua, Y.H., et al., *Development of a Prediction Model to Estimate the Risk of Walking Limitations in Patients with Total Knee Arthroplasty*. J Rheumatol, 2016. **43**(2): p. 419-26.
125. Tjeertes, E.K., et al., *Obesity--a risk factor for postoperative complications in general surgery?* BMC Anesthesiolog, 2015. **15**: p. 112.

126. Döhner, W., *Das Adipositas-Paradox/Paradigma bei kardiovaskulären Erkrankungen: Fakten und Kommentare*. Adipositas-Ursachen, Folgeerkrankungen, Therapie, 2021. **15**(01): p. 13-20.
127. Li, X., et al., *Post-operative complications of total knee arthroplasty in patients with hypertension*. Int Orthop, 2023. **47**(3): p. 701-709.
128. Rodriguez-Merchan, E.C. and A.D. Delgado-Martinez, *Risk Factors for Periprosthetic Joint Infection after Primary Total Knee Arthroplasty*. J Clin Med, 2022. **11**(20).
129. Tominaga, H., et al., *Risk factors for venous thromboembolism after spine surgery*. Medicine (Baltimore), 2015. **94**(5): p. e466.
130. Diehm, C. and C. Diehm, *Tiefe Venenthrombose*. Durchblutungsstörungen: Was hilft bei Erkrankungen der Blutund Lymphgefäße?, 1996: p. 264-297.
131. Liu, L.T. and B.T. Ma, *Prophylaxis against venous thromboembolism in orthopedic surgery*. Chin J Traumatol, 2006. **9**(4): p. 249-56.
132. Hanefeld, M., F. Schaper, and A. Ceriello, *Geschichte und Definition (en) des metabolischen Syndroms*. Der Internist, 2007. **48**(2): p. 117-125.
133. Norris, P., et al., *Risk of postoperative pulmonary complications in adult surgical patients with metabolic syndrome: a systematic review and meta-analysis protocol*. Syst Rev, 2019. **8**(1): p. 308.
134. Daniilidis, K., *Endoprothetik–Gewicht kostet*. Zeitschrift für Orthopädie und Unfallchirurgie, 2012. **150**(04): p. 354-354.
135. Shariq, O.A., et al., *Does metabolic syndrome increase the risk of postoperative complications in patients undergoing colorectal cancer surgery?* Diseases of the Colon & Rectum, 2019. **62**(7): p. 849-858.
136. Al-Taki, M., et al., *Effect of Gender on Postoperative Morbidity and Mortality Outcomes: A Retrospective Cohort Study*. Am Surg, 2018. **84**(3): p. 377-386.
137. Offner, P.J., E.E. Moore, and W.L. Biffl, *Male gender is a risk factor for major infections after surgery*. Arch Surg, 1999. **134**(9): p. 935-8; discussion 938-40.
138. Mahmud, A. and J. Feely, *Effect of smoking on arterial stiffness and pulse pressure amplification*. Hypertension, 2003. **41**(1): p. 183-7.
139. Tümen, L., et al., *Smoking increases risk of complication after musculoskeletal surgery: analysis of single immune parameter to predict complication risk*. EXCLI journal, 2024. **23**: p. 967.
140. Rinderknecht, H., et al., *Smoking impairs hematoma formation and dysregulates angiogenesis as the first steps of fracture healing*. Bioengineering, 2022. **9**(5): p. 186.
141. Kanis, J.A., et al., *Smoking and fracture risk: a meta-analysis*. Osteoporosis international, 2005. **16**: p. 155-162.

142. Bongers, J., et al., *Smoking is associated with higher short-term risk of revision and mortality following primary hip or knee arthroplasty: a cohort study of 272,640 patients from the Dutch Arthroplasty Registry*. Acta Orthop, 2024. **95**: p. 114-120.
143. Grønkjær, M., et al., *Preoperative smoking status and postoperative complications: a systematic review and meta-analysis*. Ann Surg, 2014. **259**(1): p. 52-71.
144. Latza, U., et al., *Erhebung, Quantifizierung und Analyse der Rauchexposition in epidemiologischen Studien*. 2004: Robert-Koch-Inst.
145. Cerri-Droz, P.E., et al., *Diabetes mellitus as a risk factor for postoperative complications following arthroscopic rotator cuff repair*. JSES Int, 2023. **7**(6): p. 2361-2366.
146. Cotter, E.J., et al., *Medical Comorbidities and Functional Dependent Living Are Independent Risk Factors for Short-Term Complications Following Osteotomy Procedures about the Knee*. Cartilage, 2020. **11**(4): p. 423-430.
147. Lankisch, M., et al., *High prevalence of undiagnosed impaired glucose regulation and diabetes mellitus in patients scheduled for an elective coronary angiography*. Clin Res Cardiol, 2006. **95**(2): p. 80-7.
148. Zieleniewska, N.A., et al., *The prevalence of diabetes and prediabetes: a population-based study*. Pol Arch Intern Med, 2023. **133**(3).
149. Reiß, M. and G. Reiß, *Anamnese und klinische Untersuchung, in Gleichgewichtsdiagnostik: Videonystagmographie und neue Untersuchungsmethoden*, M. Reiß and G. Reiß, Editors. 2015, Springer Berlin Heidelberg. p. 11-23.
150. Möhr, J.R. *Methoden zur Konstruktion und Bewertung von Fragebögen zur Erfassung einer Basisanamnese*. in Achtzigster Kongress. 1974. Munich: J.F. Bergmann-Verlag.
151. Püschmann, H., et al., *Vollständigkeit und Qualität der ärztlichen Dokumentation in Krankenakten*. Deutsches Ärzteblatt, 2006. **103**(3): p. 121-126.
152. Bertram, N., et al., *Einführung einer elektronischen Patientenakte in Deutschland vor dem Hintergrund der internationalen Erfahrungen*, in Krankenhaus-Report 2019: Das Digitale Krankenhaus. 2019, Springer Berlin Heidelberg. p. 3-16.
153. Krüger-Brand, H.E., *Elektronische Gesundheitsakte: Mehr Patient Empowerment*. Dtsch Arztebl International, 2018. **115**: p. 18.
154. *Gesetz zur Beschleunigung der Digitalisierung des Gesundheitswesens (Digital-Gesetz – DigiG)*, Bundesministerium für Gesundheit, ausgegeben zu Bonn am 26. März 2024. 2024.

155. *Handlungsempfehlungen zur Einführung der elektronischen Patientenakte (ePA) 3.0 im klinischen Umfeld, Krankenhäuser im gemeinsamen Fördervorhaben der Initiative Health Harbor Hamburg (H<sup>3</sup>), Stand 14.02.2025.* 2025.
156. Kus, K., et al., *Die elektronische Patientenakte als zentraler Bestandteil der digitalen Transformation im deutschen Gesundheitswesen – Eine Analyse von Akzeptanzfaktoren aus Patientensicht.* HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik, 2022. **59**(6): p. 1577-1593.
157. Fischer, P., *Digital Health: Untersuchung zur Akzeptanz der elektronischen Gesundheitsdatenspeicherung in Form der elektronischen Patientenakte (ePA) in Deutschland.* 2019: ifgs Schriftenreihe der FOM.
158. Xiang, Y., et al., *Implementation of artificial intelligence in medicine: Status analysis and development suggestions.* Artif Intell Med, 2020. **102**: p. 101780.
159. Kuhn, S. and J. Knitza, *Orthopädie und Unfallchirurgie im digitalen Zeitalter.* Die Orthopädie, 2024. **53**(5): p. 327-335.
160. Jia, S., et al., *Performance evaluation of an AI-based preoperative planning software application for automatic selection of pedicle screws based on computed tomography images.* Frontiers in Surgery, 2023. **10**: p. 1247527.
161. Feuerriegel, G.C., et al., *Inflammatory knee synovitis: evaluation of an accelerated FLAIR sequence compared with standard contrast-enhanced imaging.* Investigative Radiology, 2023: p. 10.1097.
162. Auer, C., Hollenstein, N., Reumann, M. , *Künstliche Intelligenz im Gesundheitswesen.* In: Haring, R. (eds) *Gesundheit digital, Perspektiven im Gesundheitswesen.* Springer Berlin Heidelberg, 2019: p. 33-46.
163. Küster, D. and T. Schultz, *Künstliche Intelligenz und Ethik im Gesundheitswesen–Spagat oder Symbiose?* Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz, 2023. **66**(2): p. 176-183.
164. Blaizot, A., et al., *Using artificial intelligence methods for systematic review in health sciences: A systematic review.* Res Synth Methods, 2022. **13**(3): p. 353-362.
165. Mansour, S., et al., *Strengths and challenges of the artificial intelligence in the assessment of dense breasts.* BJR Open, 2022. **4**(1): p. 20220018.
166. Neto, A., *Neuer Risikoscore ermöglicht Vorhersage pulmonaler Komplikationen.* Journal Club AINS, 2018. **7**: p. 217-218.
167. Meyer, H.-J., et al., *Chirurgische Komplikationen.* Management des Magen-und Ösophaguskarzinoms, 2004: p. 185-205.
168. Ruchalla, E. and B. Dürrheim, *Vorhersage postoperativer Komplikationen mithilfe von maschinellem Lernen.* Journal Club AINS, 2022. **11**: p. 213-214.

## **Erklärung zum Eigenanteil**

Die vorliegende Dissertation wurde am Siegfried-Weller-Institut der berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen durchgeführt. Die Arbeit wurde unter der laufenden Betreuung von Prof. Dr. A. Nüssler und Dr. F. Erne verfasst.

Der Rahmen für die vorliegende Studie bildet die Nutrition-Datenbank des Siegfried-Weller-Instituts der berufsgenossenschaftlichen Unfallklinik Tübingen. Die Datenbank wurde fortlaufend optimiert und erweitert, dies erfolgte unter Aufsicht der Studienkoordinatorin Isabell Grow, durch mich und weitere Doktoranden. Durch mich erfolgten neben den oben genannten Arbeitsschritten, eine umfassende Aufarbeitung der Datensätze anhand gespeicherter Behandlungsdokumente im Krankenhausinformationssystem (MEDICO) und Befragungen von Patienten. Die Dateneingabe in Excel mit anschließender Auswertung in SPSS erfolgte durch mich. Für die statistische Analyse und Interpretation der Ergebnisse wurde ich von Dr. You-Shan Feng, vom Institut für klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der medizinischen Universität Tübingen, beraten.

Hiermit versichere ich, die vorliegende Arbeit eigenständig verfasst und ausschließlich die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den \_\_\_\_\_

Unterschrift \_\_\_\_\_

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich meinem Doktorvater Prof. Dr. A. Nüssler meinen aufrichtigen Dank aussprechen. Er hat mir die Gelegenheit zur Anfertigung einer Dissertation ermöglicht, das Thema initiiert und mich durch konstruktive Gespräche sowie wertvolle Anregungen während meiner gesamten Arbeit begleitet.

Ein besonderer Dank gilt Dr. F. Erne, der mich in seiner hervorragenden Rolle als Mentor auf meinem Weg begleitet hat. Er stand mir stets mit wertvollen Ratschlägen und tatkräftiger Unterstützung zur Seite und hat mich durch ermutigende Worte immer wieder motiviert.

Außerdem möchte ich mich bei PD Dr. E. Maurer und der Statistikberaterin Dr. You-Shan Feng, vom Institut für klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie der medizinischen Universität Tübingen, bedanken, die mich bei der Durchführung der statistischen Auswertung unterstützt haben.

Abschließend möchte ich mich bei meiner Familie für die Unterstützung während meines Studiums bedanken.