

Aus der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie
(Direktoren Prof. Dr. Seekamp, Prof. Dr. Moradi)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

**Komplikationen im klinischen Verlauf von Majoramputationen der oberen und
unteren Extremität – eine retrospektive Untersuchung eines überregionalen
Traumazentrums**

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
Tim Marten Wick
aus Kiel

Kiel 2024

1. Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. Matthias Weuster

2. Berichterstatter: Prof. Dr. Ibrahim Alkatout

Tag der mündlichen Prüfung: 21.07.2025

Zum Druck genehmigt, Kiel, den 05.06.2025

gez.: Priv.-Doz. Dr. Daniel Drücke
(Vorsitzender der Prüfungskommission)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abkürzungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	IV
Abbildungsverzeichnis	V
1. Einleitung	1
1.1 Definitionen	2
1.2 Geschichte der Amputationschirurgie	2
1.3 Ursachen und Risikofaktoren für Majoramputationen	3
1.3.1 Traumatische Ereignisse	3
1.3.2 Diabetes Mellitus	3
1.3.3 Periphere arterielle Verschlusskrankheit	4
1.3.4 Tumore	5
1.4 Epidemiologie	5
1.5 Chirurgische Verfahren	7
1.5.1 Operative Majoramputation	7
1.5.2 Operationstechniken der Majoramputation	7
1.5.3 Vacuum Assisted Closure Therapie	8
1.6 Zielsetzung und Fragestellung	8
2. Methodik	9
2.1 Ethikvotum	9
2.2 Patientenkollektiv	9
2.2 Datenerhebung	11
2.2.1 Recovery-Index	13
2.2.2 Outcome-Definition	14
2.3 Statistische Methoden	14
3. Ergebnisse	16
3.1 Basisdaten	16
3.2 Vorerkrankungen und Vormedikation	17
3.3 Operationsdaten	19
3.4 Labordaten	21
3.5 Mikrobiologische Daten	22
3.6 Intensivmedizinischer Verlauf	22

3.7 Stationärer Verlauf	23
3.8 Outcome.....	24
3.9 Deskriptive Statistik	26
3.9.1 Art der Entlassung – Geschlecht.....	26
3.9.2 Art der Entlassung – Operationsdaten	27
3.9.3 Art der Entlassung – Stationärer Verlauf.....	28
3.9.4 Art der Entlassung – Outcome	29
3.10 Signifikanztestungen	30
4. Diskussion	33
4.1 Methodik.....	33
4.1.1 Patientenkollektiv	33
4.1.2 Datenerhebung.....	34
4.2 Ergebnisse	35
4.2.1 Deskriptive Ergebnisse.....	35
4.2.2 Interferenzstatistik	44
4.2.3 Signifikanztestung	46
4.3.1 Kritische Beurteilung der Methoden	49
4.3.2 Schlussfolgerung	49
5. Zusammenfassung	51
6. Literaturverzeichnis	53
7. Anhänge	62
7.1 Votum der Ethik-Kommission	62
Danksagung.....	64

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der folgenden Arbeit fortlaufend das generische Maskulinum verwendet. Diese Begrifflichkeiten beziehen sich dabei sowohl auf die weibliche, männliche und diverse Form.

Abkürzungsverzeichnis

ACE	<u>A</u> ngiotensin <u>C</u> onverting <u>E</u> nzyme
AHA	<u>A</u> merican <u>H</u> eart <u>A</u> ssociation
BZ	<u>B</u> lut <u>z</u> ucker
CK	<u>C</u> reatin <u>k</u> inase
COPD	<u>C</u> hronic <u>o</u> bstructive <u>p</u> ulmonary <u>d</u> isease
CRP	<u>C</u> - <u>r</u> eaktives <u>P</u> rotein
DOAK	<u>D</u> irekte <u>o</u> rale <u>A</u> ntikoagulanzen
EK	<u>E</u> rythrozyten <u>k</u> onzentrat
ERC	<u>E</u> uropean <u>R</u> esearch <u>C</u> ouncil
Hb	<u>H</u> ämoglob <u>i</u> n
HRST	<u>H</u> erz <u>r</u> hythmus <u>s</u> törung
ICD	<u>I</u> nternational Statistical <u>C</u> lassification of <u>D</u> iseases and Related Health Problems
INR	<u>I</u> nternational <u>N</u> ormalized <u>R</u> atio
KHK	<u>K</u> oronare <u>H</u> erzer <u>k</u> rankung
Max.	Maximum
Min.	Minimum
OPS	<u>O</u> perationen- und <u>P</u> rozeduren <u>s</u> chlüssel
pAVK	<u>P</u> eriphere <u>a</u> rterielle <u>V</u> erschluss <u>k</u> rankheit
SD	<u>S</u> tandard <u>a</u> bweichung
UKSH	<u>U</u> niversitäts <u>k</u> linikum <u>S</u> chleswig- <u>H</u> olstein
USA	<u>U</u> nited <u>S</u> tates of <u>A</u> merica
VAC - Therapie	<u>V</u> acuum <u>A</u> ssisted <u>C</u> losure - Therapie

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Übersicht der grundlegenden Unterpunkte der Datenerhebung.....	11
Tabelle 2: Punkteverteilung zur Darstellung der Behandlungsergebnisse.....	13
Tabelle 3: Gradeinteilung des Recovery-Index anhand der Punktevergabe.....	14
Tabelle 4: Anzahl der durchgeführten Operationen bezogen auf die Majoramputation. Angabe von Minimum (Min.), Maximum (Max.), Mittelwert, Standardabweichung (SD) und Anzahl der Patienten (N).....	21
Tabelle 5: Tabellarische Darstellung der erhobenen Labordaten. Erhebung der Daten bei Aufnahme in die Klinik, postoperativ und bei Entlassung. Angabe von Minimum (Min.) und Maximum (Max.), Mittelwert, Standardabweichung (SD) und Anzahl der Patienten (N). EK: Erythrozytenkonzentrat; Hb: Hämoglobin; CRP: C- reaktives Protein; CK: Creatinkinase; INR: International Normalized Ratio; BZ: Blutzucker.	21
Tabelle 6: Darstellung der Tage zwischen Erstaufnahme und der operativen Majoramputation. Angabe von Minimum (Min.), Maximum (Max.), Mittelwert, Standardabweichung (SD) und Anzahl der Patienten (N).....	23
Tabelle 7: Korrelationsanalyse nach Pearson mit der abhängigen Variable Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen. N= Anzahl P= Wahrscheinlichkeit.	30
Tabelle 8: Testung unterschiedlicher mittlerer Ränge mittels Mann-Whitney-U-Test mit der abhängigen Variable Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen. U= Prüfgröße des Mann-Whitney-U Tests, P= Wahrscheinlichkeit.	30
Tabelle 9: Testung unterschiedlicher mittlerer Ränge mittels Kruskal-Wallis-Test mit der abhängigen Variablen Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen P= Wahrscheinlichkeit, P angepasst: Signifikanzwerte werden nach Bonferroni Korrektur für mehrere Tests angepasst.	31
Tabelle 10: Testung unterschiedlicher Mittelwerte mittels t-Test mit der abhängigen Variable Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen. t= Prüfgröße t-Tests, P= Wahrscheinlichkeit.....	31
Tabelle 11: Einfaktorielle Varianzanalyse mittels analysis of variance (ANOVA) mit der abhängigen Variablen Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen F= Prüfgröße P= Wahrscheinlichkeit.	32

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Amputationszahlen nach DRG - Statistisches Bundesamt - X-Achse: Jahre 2010 bis 2019; Y-Achse: Anzahl der Amputationen; Orange: Minoramputationen; Blau: Majoramputationen.	6
Abbildung 2: Schematische Darstellung der Ein- und Ausschlusskriterien.	10
Abbildung 3: Verteilung der Patienten nach Altersgruppen.	16
Abbildung 4: Darstellung und Verteilung der Vorerkrankungen zum Zeitpunkt der Majoramputation. X-Achse: Darstellung der unterschiedlichen Vorerkrankungen; Y-Achse: Anzahl der Patienten mit der jeweiligen Vorerkrankung.	17
Abbildung 5: Darstellung und Verteilung der Medikation zum Zeitpunkt der Majoramputation. X-Achse: Darstellung der unterschiedlichen Medikamente; Y-Achse: Anzahl der Patienten mit den jeweiligen Medikamenten.	18
Abbildung 6: Darstellung der anatomischen Topografie der Majoramputation. X-Achse: Darstellung der unterschiedlichen anatomischen Amputationsorten; Y-Achse: Anzahl der Patienten mit der jeweiligen Amputation.	19
Abbildung 7: Darstellung und Verteilung der unterschiedlichen Ursachen einer Majoramputation im beobachteten Zeitraum. X-Achse: Darstellung der unterschiedlichen Gründe der Amputation; Y-Achse: Anzahl der Patienten.	20
Abbildung 8: Darstellung der unterschiedlichen Infektionen. X-Achse: Arten von Infektion; Y-Achse: Anzahl der Patienten.	22
Abbildung 9: Darstellung der postoperativen Komplikationen. X-Achse: postoperative Komplikationen Y-Achse: Anzahl der Patienten.	23
Abbildung 10: Darstellung der Art der Entlassungen in unterschiedliche Anschlussversorgungen. X-Achse: Unterteilung in Entlassung nach Hause, in eine Rehabilitationsklinik, ein anderes weiterversorgendes Krankenhaus oder der Patient ist während des stationären Aufenthaltes verstorben. Y-Achse: Anzahl der Patienten.	24
Abbildung 11: Darstellung der unterschiedlichen Grad-Einteilungen des Recovery-Index.	25
Abbildung 12: Darstellung der Art der Entlassung bezogen auf das Geschlecht.	26
Abbildung 13: Darstellung der unterschiedlichen Arten der Entlassung bezogen auf die Art der Majoramputation. A: Entlassung nach Hause B: Entlassung in eine Rehaklinik C: Entlassung in ein anderes Krankenhaus D: Verstorben.	27

Abbildung 14: Darstellung der Art der Entlassung: nach Hause, in eine Rehaklinik, in ein anderes Krankenhaus (KH), verstorben, bezogen auf unterschiedliche postoperative Komplikationen. A: akute Nierenschädigung B: Pneumonie C: Sepsis D: Wundheilungsstörung.....	28
Abbildung 15: Darstellung der Art der Entlassung bezogen auf den Recovery Index.	29

1. Einleitung

Majoramputationen sind Operationen, die in Folge von Infektionen, Ischämien, Tumoren oder traumatischen Ereignissen durchgeführt werden (Kalbaugh et al., 2020).

“Amputation is a life changing event that can significantly impact an individual’s physical and mental well-being“ (Darter et al., 2018).

Darter et al. beschreiben Majoramputation als ein lebensveränderndes Ereignis, das das körperliche und geistige Wohlbefinden eines Menschen erheblich beeinträchtigen kann. Dies wird durch weitere Studien gestützt, welche zeigen, dass Patienten oftmals mehrere Jahre unter postoperativen Wundheilungsstörungen, Infektionen sowie sich wiederholenden Operationen leiden (Higgins et al., 2010). Infolgedessen kann die Lebensqualität und Mobilität der Patienten negativ beeinflusst werden (Darter et al., 2018). Gleichwohl können Majoramputationen auch ein positives Behandlungsergebnis haben. Diese Patienten sind meist schmerzfrei und mit Hilfe einer Prothese mobil (Higgins et al., 2010).

Der Erhalt der Extremität kann mit mehrfachen Operationen, Schmerzen und zahlreichen Krankenhausaufenthalten verbunden sein. Es bestehen weiterhin viele Unklarheiten im klinischen Verlauf der Patienten. Der Rehabilitationsverlauf ist schwer vorhersehbar und der klinische Entscheidungspfad bis zur Majoramputation gestaltet sich komplex (Krettek et al., 2016).

1.1 Definitionen

Als Amputation wird eine traumatische oder chirurgische Abtrennung einer Gliedmaße bezeichnet (Markatos et al., 2019). Eine Amputation ist keine Diagnose, sondern die Folge verschiedener Ursachen. Im Allgemeinen wird zwischen Amputationen der oberen und unteren Extremitäten und weiter zwischen Minor- und Majoramputationen unterschieden (Krettek et al., 2016).

Eine Minoramputation wird als Amputation unterhalb der Knöchel – oder Handgelenksregion definiert. Eine Majoramputation beschreibt eine Amputation oberhalb der Knöchel- oder Handregion (Varma et al., 2014).

1.2 Geschichte der Amputationschirurgie

Die ersten Hinweise auf eine chirurgische Amputation sind auf das Jahr 4900 vor Christus zurückzuführen. Hierbei wurde anhand von Überresten festgestellt, dass eine Amputation durch einen scharfen Feuerstein durchgeführt wurde. In der Antike wurden Amputationen regelmäßig aus therapeutischen Gründen in Folge von traumatischen Kriegsverletzungen ausgeführt. Die dabei chirurgisch angewandte Art und Weise der Amputation hat sich bis heute nicht signifikant verändert (Markatos et al., 2019). Im Mittelalter erfolgte die Amputation von Gliedmaßen, neben der medizinischen Indikation, vor allem aus strafrechtlichen Gründen (Greitemann et al., 2016). Im 19. Jahrhundert wurde der Eingriff weiterhin als lebensrettende Maßnahme bei schweren Blutungen mit einer hohen Sterblichkeit angewendet. Kulturelle, religiöse und traditionelle Verstümmelungen waren lange Zeit Ursachen für Amputationen.

Die Indikation und auch die Zielsetzung der Amputationen veränderte sich im 20. Jahrhundert deutlich. Durch den medizinischen Fortschritt konnten lebensbedrohliche Komplikationen verringert werden. Die anästhesiologischen Verfahren, die Antibiotikatherapie und gefäßchirurgische Operationen senkten die Mortalität und förderten die Prothesenversorgung der Patienten (Markatos et al., 2019). Heutzutage wird die Amputation in zahlreichen Fachbereichen weiterhin gemäß der Leitlinien als Ultima Ratio durchgeführt, sobald alternative therapeutische Optionen erschöpft oder erfolglos geblieben sind (Klaphake et al., 2017; Lawall et al., 2015). In wenigen kulturellen Bereichen ist auch heutzutage noch die Amputation abseits der therapeutischen Durchführung vereinzelt Teil religiöser oder strafrechtlicher Maßnahmen (Mavroforou et al., 2014).

1.3 Ursachen und Risikofaktoren für Majoramputationen

Die weltweit führenden Ursachen und Risikofaktoren für Majoramputationen sind traumatische Ereignisse, der Diabetes Mellitus, die periphere arterielle Verschlusskrankheit und Tumorerkrankungen (Kalbaugh et al., 2020).

1.3.1 Traumatische Ereignisse

In der Zivilbevölkerung können traumatisch bedingte Majoramputationen die Folge einer Extremitätenverletzung sein, beispielsweise durch Verkehrs- oder Arbeitsunfälle. Es zeigen sich weltweit Unterschiede im Bereich der Ätiologie. So kommt es in den Industrieländern im Vergleich zu den Entwicklungsländern zu deutlich weniger traumatisch bedingten Amputationen. Hier ist es in den letzten Jahrzehnten durch Sicherheitssysteme in der Automobil- und Verkehrsbranche, sowie einem erhöhten Arbeitsschutz gelungen die Zahl der traumatisch bedingten Amputationen zu verringern (Greitemann et al., 2016). Weitere Gründe für traumatisch bedingte Majoramputationen sind kampfbedingte Verletzungen im Militärdienst (Darter et al., 2018). Darter et al. beschrieben mehr als 1700 militärisch bedingte Amputationen seit 2002 in den Vereinigten Staaten (USA). Der Großteil dieser Amputationen waren Majoramputationen im Bereich der unteren Extremitäten bedingt durch militärische Auseinandersetzungen in Afghanistan und dem Irak (Darter et al., 2018; Mitchell et al., 2019).

In den Industrieländern sind traumatisch bedingte Amputationen zwar weniger häufig, dennoch führen die weitverbreiteten Volkskrankheiten wie der Diabetes Mellitus und die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) zu einer erhöhten Anzahl an Amputationen (Lawall et al., 2015; Varma et al., 2014).

1.3.2 Diabetes Mellitus

Ein großer Risikofaktor für eine Amputation ist der Diabetes Mellitus. Bei dieser metabolischen Erkrankung liegt ein dauerhaft erhöhter Glukosewert im Blut vor. Ursächlich hierfür ist einerseits ein absoluter Insulinmangel im Rahmen einer Autoimmunreaktion (Typ 1), oder eine vermehrte Insulinresistenz mit zusätzlich verminderter Insulinsekretion (Typ 2). Folglich entstehen bei Diabetikern durch die erhöhten Blutzuckerwerte Mikro- und Makroangiopathien, welche zu Folgeschäden im Nerven- und Gefäßsystem führen (Bauer et al., 2010; Heidemann et al., 2017). In Deutschland sind ca. 7,7% aller Erwachsenen an einer Form des Diabetes Mellitus erkrankt. Die Prävalenz bei Männern ist dabei höher als bei Frauen (Heidemann et al., 2017).

Um die Qualität der medizinischen Versorgung in Deutschland bei Diabetikern zu verbessern, wurden seit 2003 sogenannte „Disease-Management-Programme“ für Typ 1 und Typ 2 Diabetiker eingeführt. Des Weiteren wurde eine nationale Richtlinie zur Prävention und Behandlung von diabetischen Fußkomplikationen und Fußsyndromen initiiert (Bauer et al., 2010; Claessen et al., 2018). Laut dieser nationalen Versorgungsleitlinie von 2010 wird das diabetische Fußsyndrom als Läsionen am Fuß bei Patienten mit Diabetes mellitus definiert. Diese Läsionen können zu Komplikationen führen, die bei verzögerter oder ineffektiver Behandlung die Amputation der gesamten Extremität zur Folge haben kann (Bauer et al., 2010). Patienten mit Diabetes Mellitus haben aus diesen Gründen ein etwa 10-mal höheres Amputationsrisiko als Patienten ohne diese Erkrankung (Varma et al., 2014). Epidemiologische Studien zeigten weiter, dass bis zu 75% aller Amputationen der unteren Extremitäten bei Patienten mit Diabetes Mellitus durchgeführt wurden, bedingt durch bestehende Polyneuropathien und mögliche Ulcera (Lombardo et al., 2014).

Die Prävalenz lag 2019 bei 463 Millionen erkrankten Menschen weltweit (Williams et al., 2019). Nach Williams et al. wird die Anzahl der Erkrankten auch in den folgenden Jahren weiter ansteigen und damit verbunden auch die Zahl der Komplikationen, wie Infektionen und Wundheilungsstörungen (Williams et al., 2019).

1.3.3 Periphere arterielle Verschlusskrankheit

Die pAVK ist eine Erkrankung der peripheren Arterien, bei der es durch Stenosen oder Verschlüsse zu einer Minderversorgung des zu versorgenden Gewebes kommt. Laut Leitlinien des *European Research Council (ERC)* und der *American Heart Association (AHA)* ist die pAVK eine häufig auftretende und schwerwiegende Erkrankung der unteren Extremitäten und wird in ca. 95% der Fälle durch Atherosklerose verursacht (Rooke et al., 2011). Im Allgemeinen weisen Männer im Vergleich zu Frauen eine höhere Prävalenz auf. Dies könnte möglicherweise auf die fortbestehende höhere Raucherprävalenz und die Verbreitung des Diabetes Mellitus zurückzuführen sein (Aday & Matsushita, 2021). Folgen der verminderten Durchblutung der Extremitäten sind Ischämien, sowie Nekrosen und Ulzera. Sollte ein gefäßchirurgischer Eingriff nicht erfolgreich durchgeführt werden können, so ist die weitere Therapie von den Schmerzen und dem Zustand der Extremität abhängig. Diese kann bei Patienten mit unkontrollierbaren Schmerzen und voranschreitender Infektion zur Amputation der Extremität führen (Lawall et al., 2015; Slovut & Sullivan, 2008). Patienten haben bei einer

symptomatischen pAVK neben dem gesteigerten Risiko für Majoramputationen zusätzlich eine deutlich erhöhte Gefahr für kardiovaskuläre Todesfälle (Alberts et al., 2009; Diehm et al., 2009; Norgren et al., 2007; Steg et al., 2007). Die optimale Behandlung und die Prognose der pAVK sind insgesamt limitiert (Hirsch & Duval, 2013).

1.3.4 Tumore

Eine weitere Ursache für Majoramputationen sind Knochentumore. Hierbei sind das Osteosarkom und Ewing Sarkom die vorherrschenden malignen Knochentumore, die vor allem in den großen kniegelenksnahen Röhrenknochen vorkommen (Casali et al., 2014). Die meisten tumorbedingten Amputationen werden im Bereich der unteren Extremitäten durchgeführt (Casali et al., 2014; Nagarajan et al., 2002). Die Prävalenz der Knochentumore ist heutzutage rückläufig. Dies kann auf eine verstärkte Vorsorge und verbesserte onkologische Behandlungsmöglichkeiten zurückgeführt werden (Casali et al., 2014).

Die leitliniengerechte Therapie besteht aus einer Chemotherapie und operativer Versorgung. Zusätzlich können weitere adjuvante Therapien angewendet werden. Das vorrangige Ziel nach primärer Chemotherapie ist die extremitätenerhaltende Operation. Kann die Resektion nicht erfolgreich durchgeführt werden, folgt in der Regel die Amputation der Extremität (Dirksen & Jürgens, 2014; Hecker-Nolting et al., 2021).

1.4 Epidemiologie

In Deutschland wurden im Jahr 2019 ca. 4,7 Millionen Operationen am Bewegungsapparat durchgeführt. Etwa 80.000 Operationen zählen zu den Amputationen der Extremitäten. In Abbildung 1 werden die Anzahl der durchgeführten Major- und Minoramputationen der letzten 10 Jahre dargestellt. Die Gesamtanzahl der Amputationen nimmt jährlich zu. Während die Zahl der Majoramputationen abnehmen, steigt die Zahl der Minoramputationen.

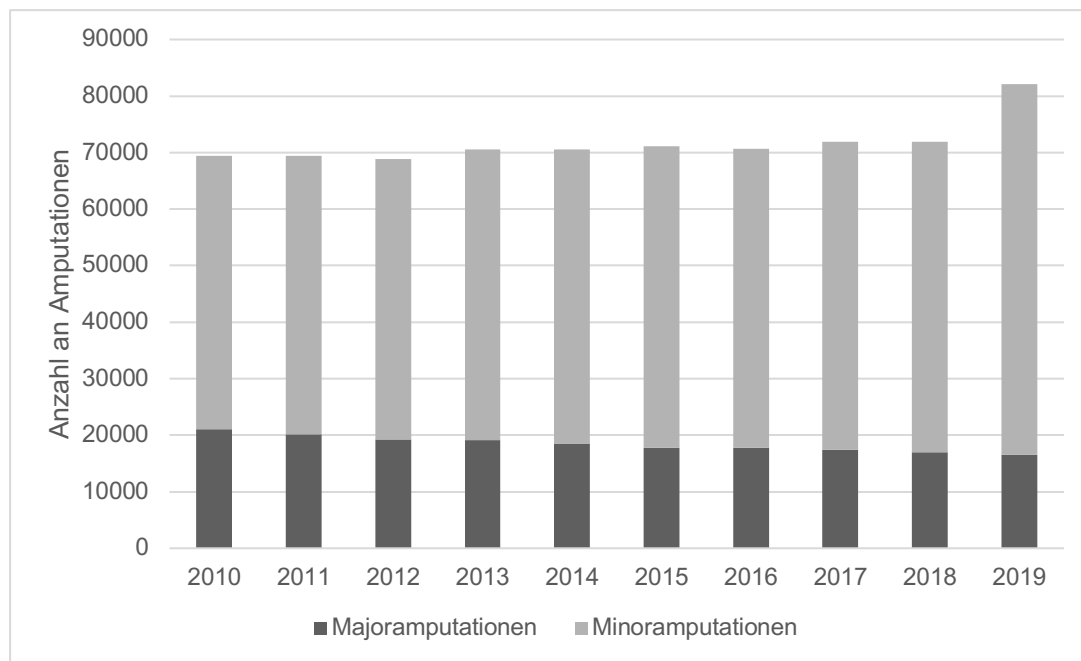


Abbildung 1: Darstellung der Amputationszahlen nach DRG - Statistisches Bundesamt - X-Achse: Jahre 2010 bis 2019; Y-Achse: Anzahl der Amputationen; Orange: Minoramputationen; Blau: Majoramputationen.

Die Abnahme der Majoramputationen ist auf verbesserte Versorgungsprogramme im Bereich der pAVK, des Diabetes Mellitus und regelmäßiger Nachsorge von chronischen Wunden zurückzuführen (Claessen et al., 2018). Die Zunahme der Minoramputationen lässt sich mit dem bereits beschriebenen fortlaufenden jährlichen Anstieg der Inzidenz von Diabetes Mellitus in Verbindung bringen (Ammendola et al., 2016).

Die epidemiologischen Daten der Amputationen nach Körperregionen machen deutlich, dass die Anzahl der Amputationen der oberen Extremitäten im Vergleich zu den unteren Extremitäten geringer ist. Studien belegen weiter, dass in den letzten 10 Jahren ca. 70 Prozent der Amputationen bei Männern und 30% bei Frauen durchgeführt wurden (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, 2020; Spoden, 2019).

Die aktuellen Daten zur ökonomischen Belastung zeigen, dass durch Amputationen erhebliche Kosten entstehen. Zum einen ist eine solche Operation mit langen Krankenhausaufenthalten und vermehrten Eingriffen verbunden, zum anderen stellt zusätzlich die weitere Versorgung eine finanzielle Herausforderung für die Gesellschaft dar. Erhöhte berufliche Ausfallzeiten und eine lange Nachbehandlungsphase mit möglichen mehrfachen Prothesenanpassungen sind weitere Aspekte, die zu einer enormen ökonomischen Belastung führen (Krettek et al., 2016).

1.5 Chirurgische Verfahren

1.5.1 Operative Majoramputation

Die Indikation zur Operation sollte interdisziplinär mittels Angiographie, gefäßchirurgischer Intervention und mikrobiologischer Untersuchungen gesichert werden. Des Weiteren wird die Amputationshöhe bestimmt. In einigen Fällen ist es sogar möglich eine Amputation zu vermeiden. Mit der endgültigen Indikationsstellung ist es das Ziel der Operation das funktionslose, schmerzhaft und nekrotische Gewebe zu entfernen und eine Umgebung zu erschaffen, in der die Wunde heilen kann (Klaphake et al., 2017).

1.5.2 Operationstechniken der Majoramputation

Die Amputation von Gliedmaßen kann auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden. Mögliche Vorgehensweisen sind die Amputationen nach Burgess und nach Brückner. 1960 haben Ernest M. Burgess und Zettl ihre Vorgehensweise der Amputation unter Stumpfdeckung mit dem dorsalen Muskel-Weichteil-Lappen beschrieben. Im Jahr 1980 hat Lutz Brückner eine Modifikation dieses Verfahrens publiziert, die auch in vielen Teilen Deutschlands durchgeführt wird. Die Amputation nach Burgess wird bis heute weltweit als Goldstandard angesehen (Stahel et al., 2006).

Eine Alternative zu diesem Verfahren ist die Rotationsplastik nach Borggreve, die erstmals Anfang des 20. Jahrhunderts bei osteoartikulären Komplikationen der Tuberkulose angewendet wurde. Es folgten verschiedene Modifikationen von Van Nes und Salzer, die die Rotationsplastik bei Femur-Fehlbildungen und Osteosarkomen anwendeten. Bei dieser Form der Operation wird das Knie, sowie ein Teil des Ober- und Unterschenkels amputiert. Der distale Unterschenkel mit Sprunggelenk und Fuß wird um 180 Grad rotiert und am verbliebenen Oberschenkel fixiert. Vor allem bei Kindern im Wachstumsalter wurde diese Variante angewendet, um optimale Bedingungen für eine Prothese herzustellen. Durch die Optimierung und Weiterentwicklung der Prothesen wird dieses Verfahren mittlerweile aber nur noch als Alternative angesehen (Gailard et al., 2022; Ramseier et al., 2008).

Bei der Oberschenkelamputation nach Burgess wird im ersten Operationsschritt zunächst die Schnittführung in Fischmaulform eingezeichnet. Es folgt die Durchtrennung des Haut-Muskel-Lappens inklusive der Muskelfaszien. Weiter werden die Strukturen bis zum Oberschenkelknochen freigelegt. Es erfolgt die Ligatur der Arteria und Vena

femoralis, sowie des Nervus femoralis und Nervus ischiadicus. Mittels Säge wird der freiliegende Oberschenkelknochen vollständig proximal abgesetzt. Nach erfolgreicher Amputation wird mit der plastischen Deckung durch die Muskelgruppen begonnen. Sofern möglich ist eine vollständige spannungsfreie Naht mit eingelegter Drainage der letzte Schritt der Operation.

1.5.3 Vacuum Assisted Closure Therapie

Die Vacuum Assisted Closure (VAC) - Therapie wird zur Unterstützung des Wundheilungsprozesses angewendet. Vor allem bei chronischen Wunden oder Wunden, die nicht sofort vollständig verschlossen werden können, wird dieses Verfahren angewendet. Dabei wird ein offenporiger Schwamm auf die Größe der Wundoberfläche zugeschnitten und anschließend mit Klebefolie aufgebracht. Anschließend wird ein Unterdruck erzeugt, der sich über die gesamte Wunde gleichmäßig verteilt. Dadurch soll die Neubildung von Granulationsgewebe angeregt werden und zusätzlich kann die angesammelte Flüssigkeit abgepumpt werden (Singh et al., 2020).

1.6 Zielsetzung und Fragestellung

In dieser Studie werden Patienten mit Majoramputationen an der oberen oder unteren Extremität retrospektiv untersucht. Die Analyse der nach wie vor bestehenden Unklarheiten im klinischen Verlauf und Outcome von Majoramputationen sind die Grundlage für die vorliegende Arbeit. Ziel ist die Beschreibung der Epidemiologie und des klinischen Verlaufs. Risikofaktoren und Prädispositionen werden für ein negatives Outcome untersucht. Es sollen Aussagen zur verbesserten Nachsorge gestellt werden.

2. Methodik

2.1 Ethikvotum

Das positive Votum der Ethik-Kommission mit dem Aktenzeichen D 434/19 des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel liegt vor (siehe Anhang 7.1). Im Zuge der stationären Aufnahme haben die Patienten eine Zustimmung zur Nutzung ihrer Patientendaten für Forschungszwecke unterzeichnet. Die erhobenen Daten werden gemäß der Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) behandelt.

2.2 Patientenkollektiv

Diese retrospektive Analyse beschreibt ein Patientenkollektiv der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Kiel in dem Zeitraum von Januar 2009 bis Dezember 2020.

Die Auswahl der Patienten erfolgte anhand der International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems (ICD-10) für Majoramputationen und des Operationen- und Prozedurenschlüssels (OPS). Es zählten der ICD-10-Code für Amputationen der oberen und unteren Extremitäten (ICD S38.3, ICD S48.1, ICD S78.1, ICD S88.0, ICD S88.1) und ein OPS-Code für Amputationen und Exartikulationen von Extremitäten (OPS 5-862, OPS 5-864). Die Ein- und Ausschlusskriterien sind in der unten gezeigten Abbildung 2 dargestellt.

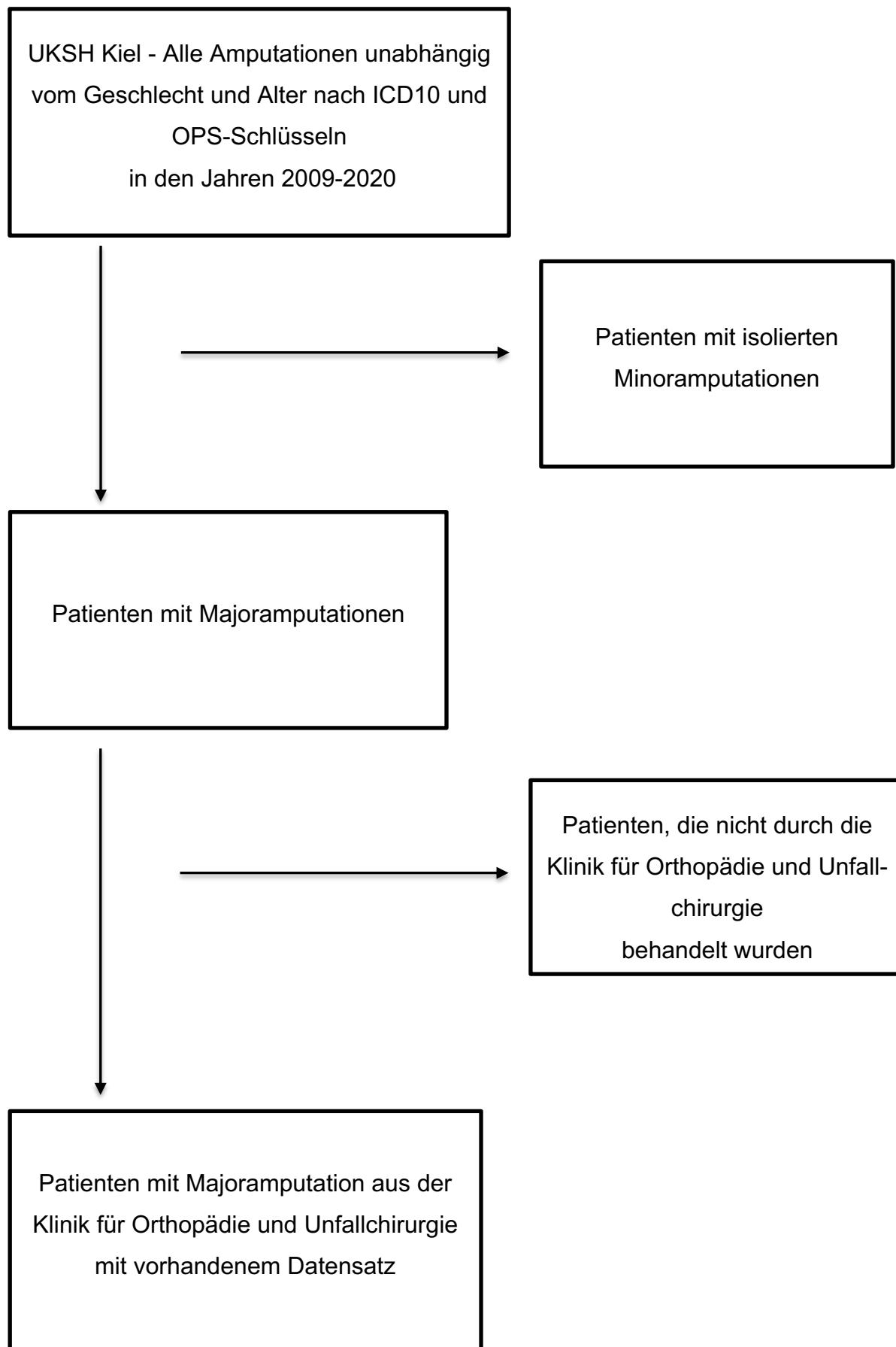


Abbildung 2: Schematische Darstellung der Ein- und Ausschlusskriterien.

2.2 Datenerhebung

Die ärztlichen Dokumentationen, die Operationsberichte und die Entlassungsbriefe des digitalen Krankenhaus-Informationssystems Agfa ORBIS (Version 08043701.04000.DACHL) wurden ausgewertet. Vier Hauptbereiche wurden unterschieden: 1) Patientenbezogene Basisdaten, 2) Klinische Daten, 3) Intensivmedizinischer Verlauf und 4) Behandlungsergebnisse. Für die Analyse der Behandlungsergebnisse wurde zusätzlich anhand der Patientenakten ein Grad der Genesung der Patienten bestimmt.

Tabelle 1: Übersicht der grundlegenden Unterpunkte der Datenerhebung.

1) Patientenbezogene Basisdaten	• Geburtsdatum • Geschlecht • Alter • Soziale Situation
2) Anamnese	• Vorerkrankungen • Medikamente
2) Operationen	• Ort der Amputation • Art der Amputation • Vacuum Assisted Closure (VAC) - Therapie (Singh et al., 2020) • Grund der Amputation • Anzahl der Operationen • Voroperationen am betroffenen Körperteil • Implantate im Operationsgebiet
2) Labor	• Anzahl der verabreichten Erythrozyten-Konzentrate / Blutprodukte • Hämoglobin (Hb) • C-Reaktives Protein (CRP) • Creatin-Kinase (CK) • International Normalized Ratio (INR) • Blutzucker (BZ)

2) Mikrobiologie	• Art der Infektion (feuchtes Gangrän, nekrotisierende Faszitis, Phlegmone, Erysipel, Wundinfektion, infiziertes Fremdmaterial und Osteomyelitis) • Keimnachweis • Multiresistenz • Probenart • Postoperative Keimbesiedelung
2) Stationärer Verlauf	• Anzahl der Krankenhausaufenthalte • Wundheilungsstörungen • Postoperative Komplikationen
3) Intensivmedizinischer Verlauf	• Intensivmedizinische Versorgung • Intubationstage
4) Behandlungsergebnisse	• Verstorben im Krankenhaus • Krankenhausverweildauer • Art der Entlassung • Genesungsverlauf • Arbeitsfähigkeit

2.2.1 Recovery-Index

Die beschriebenen Behandlungsergebnisse beziehen sich auf den Krankenhausaufenthalt bis zur Entlassung. Es wurde dazu ein Recovery-Index für die Majoramputationen entwickelt.

Als Grundlage diente dabei der Barthel-Index. Als weiterer Parameter wurde zusätzlich die Beurteilung der physiotherapeutischen Therapiemöglichkeiten genutzt.

Für den Recovery-Index nach einer Majoramputation wurden in der Folge die Patienten anhand drei verschiedener Parameter eingeteilt: Grad der Mobilität, Grad der pflegerischen Versorgung und Art der Physiotherapie. Jeder Parameter besteht aus drei Stufen, denen jeweils 0-2 Punkte zugewiesen wurden. Eine höhere Stufe und damit eine höhere Punktzahl ist mit einem höheren Genesungsgrad verbunden (siehe Tabelle 2). Auf der Grundlage dieser Punktevergabe konnte jeder Patient in eine der drei verschiedenen Gruppen einteilen werden. Grad 1 besteht aus Patienten mit 0-1 Punkten, was bedeutet, dass diese Patienten höchstens in einer Kategorie die Stufe 1 erreicht haben. Grad 2 besteht aus Patienten mit 2-4 Punkten. Der Grad 3 besteht aus Patienten mit 5-6 Punkten, folglich Patienten, die in mindestens zwei Kategorien die Stufe 3 erreicht haben (vgl. Tabelle 3).

Tabelle 2: Punkteverteilung zur Darstellung der Behandlungsergebnisse.

Score	Eigenschaften
Mobilität	0 Punkte: Der Patient ist bettlägerig. 1 Punkt: Der Patient braucht Hilfe beim Transfer in den Rollstuhl. 2 Punkte: Der Patient ist mit Prothese/Gehhilfe/Rollstuhl selbständig mobil.
Versorgung	0 Punkte: Der Patient braucht vollständige Hilfe bei der Versorgung. 1 Punkt: Der Patient braucht Unterstützung bei der Versorgung. 2 Punkte: Der Patient versorgt sich weitestgehend eigenständig.
Physiotherapie	0 Punkte: Es ist keine Mobilisation möglich. 1 Punkt: Der Patient kann an einfachen physiotherapeutischen Übungen teilnehmen. 2 Punkte: Es erfolgt eine ausgedehnte physiotherapeutische Frührehabilitation.

Tabelle 3: Gradeinteilung des Recovery-Index anhand der Punktevergabe.

Grad	Punkte
1	0 - 1
2	2 - 4
3	5 - 6

2.2.2 Outcome-Definition

Ein negatives Outcome umfasst in der vorliegenden Analyse die drei Ausprägungen erhöhte Mortalität, eine verlängerte Krankenhausverweildauer oder einen Recovery Index 1. Grades. Die gesteigerte Mortalität und die verlängerte Krankenhausverweildauer wurden in vorangegangenen Untersuchungen bereits als Kriterien für die Festlegung eines negativen Outcomes im Kontext einer Majoramputation herangezogen (Kim et al., 2016; Wise et al., 2016).

2.3 Statistische Methoden

Die Datenauswertung ist mit Hilfe der Statistiksoftware IBM® SPSS Statistics (Version 24) erfolgt. Die Signifikanztestungen wurden mit jeweils geeigneten Tests durchgeführt. Es wurden nach Möglichkeit parametrische Testverfahren angewendet. Hierfür wurde zunächst überprüft, ob die Voraussetzungen der jeweils gewählten Tests erfüllt sind. Sofern der zentrale Grenzwertsatz ($n > 30$) nicht erfüllt war, wurde für die rechnerische Prüfung auf Normalverteilung der Shapiro-Wilk-Test verwendet.

Teilweise erfolgte auch eine grafische Überprüfung mit Hilfe eines Histogramms. Die Varianzhomogenität wurde mittels eines Levene-Tests überprüft. Sofern die jeweiligen Daten nicht annähernd einer Normalverteilung folgen oder andere Testvoraussetzungen nicht erfüllt waren, wurde auf nichtparametrische Tests zurückgegriffen, deren Power etwas geringer ist. Statistische Power wird definiert als die Wahrscheinlichkeit, dass ein existierender Effekt auch entdeckt wird. Es gibt in der Regel für jeden parametrischen Test ein nichtparametrisches Äquivalent. Nichtparametrische Tests können unabhängig von der Verteilung der Daten erfolgen.

Wenn die Voraussetzung erfüllt waren, wurden für die Testung auf Unterschiede bei zwei unabhängigen Gruppen t-Tests als parametrische Tests verwendet. Waren die Voraussetzungen nicht erfüllt, wurde auf den Mann-Whitney-U-Test, einen nichtparametrischen Test, zurückgegriffen.

Dieser testet nicht die Unterschiede zwischen den Mittelwerten, sondern die Unterschiede zwischen den mittleren Rängen. Hierbei lautet die Nullhypothese: Beide Gruppen entstammen der gleichen Grundgesamtheit. Dieser Test stellt weniger Ansprüche an die Verteilung der Variablen in den einzelnen Gruppen und liefert somit auch bei nicht normalverteilten Variablen valide Ergebnisse.

Bei Vergleichen von drei oder mehr Gruppen wurde eine einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA, parametrisch) oder ein Kruskal-Wallis-Test (nichtparametrisch) durchgeführt. Die ANOVA testet wie der t-Test auf Unterschiede zwischen den Mittelwerten und der Kruskal-Wallis-Test wie der Mann-Whitney-U-Test auf Unterschiede der mittleren Ränge.

Zudem wurden noch Korrelationsanalysen nach Pearson durchgeführt, um mögliche Zusammenhänge zwischen den Variablen aufzudecken.

3. Ergebnisse

3.1 Basisdaten

Im Zeitraum von Januar 2009 bis Dezember 2020 wurden 81 der 471 Patienten in die Datenerhebung eingeschlossen. Das mittlere Alter der Patienten lag bei $60,79 \pm 16,07$ Jahren. Die Patientengruppe teilte sich in 65 (80,2%) männliche Patienten und 16 (19,8%) weibliche Patienten auf. Im Familienstand waren 33 (40,7 %) Patienten ledig und 28 (34,6%) Patienten in einer Beziehung zusammenlebend. Bei 20 (24,7 %) Patienten waren keine Daten zum Familienstand vorhanden.

Die Patienten wurden mit Hilfe der anthropometrischen Eigenschaften in verschiedene Altersgruppen eingeteilt. 25 (30,1%) Patienten waren zum Zeitpunkt der Majoramputation älter als 72 Jahre. Es wurde bei 28 (34,57%) Patienten die Majoramputation im Alter zwischen 55 und 72 Jahren durchgeführt. 34 (42,0%) Patienten waren älter als 65 Jahre. Insgesamt wurde bei 76 (93,8%) Patienten die Indikation zur Majoramputation nach dem 36. Lebensjahr gestellt (siehe Abbildung 3).

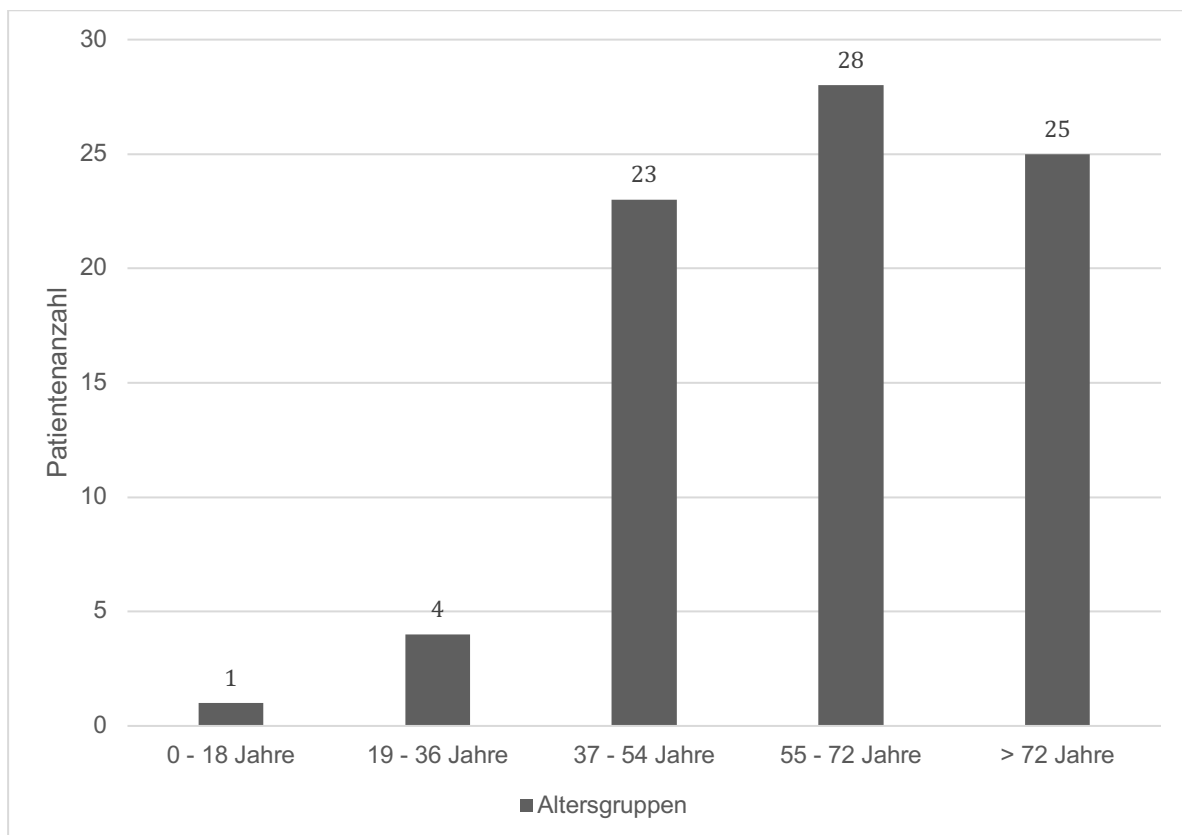


Abbildung 3: Verteilung der Patienten nach Altersgruppen.

3.2 Vorerkrankungen und Vormedikation

Bei allen Patienten wurden die Vorerkrankungen und Vormedikationen zum Zeitpunkt der Majoramputation dokumentiert. Insgesamt litten 48 (59,3%) Patienten unter einer arteriellen Hypertonie und 28 (34,6%) Patienten waren an einem manifesten Diabetes mellitus erkrankt. Dazu gehört sowohl der Diabetes mellitus Typ 1 als auch der Typ 2. Bei 23 (28,4%) Patienten war eine koronare Herzerkrankung (KHK) bekannt. Die weitere Verteilung der Vorerkrankungen ist in Abbildung 4 dargestellt.

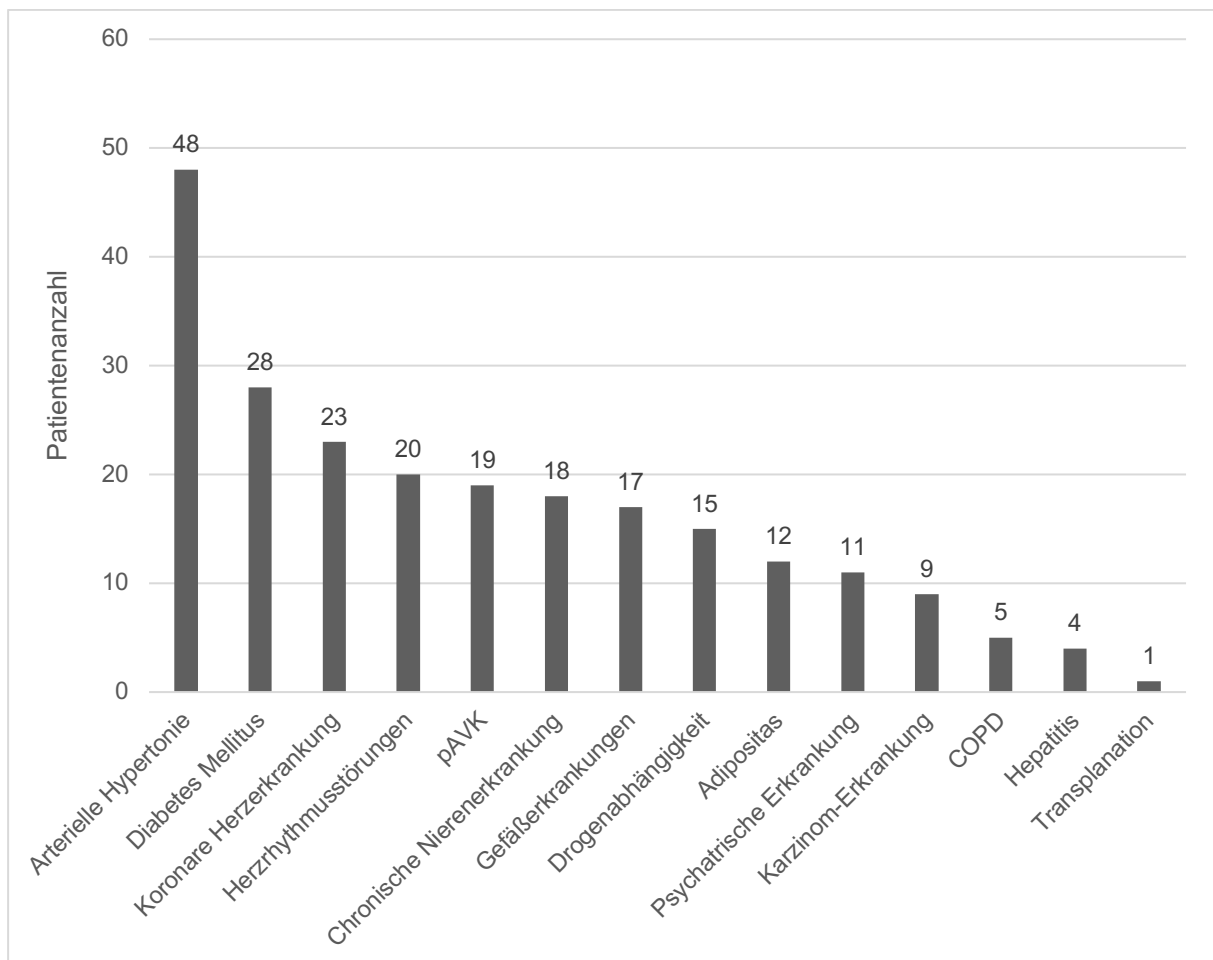


Abbildung 4: Darstellung und Verteilung der Vorerkrankungen zum Zeitpunkt der Majoramputation. X-Achse: Darstellung der unterschiedlichen Vorerkrankungen; Y-Achse: Anzahl der Patienten mit der jeweiligen Vorerkrankung.

In dem Patientenkollektiv zeigten sich Blutdrucksenker mit einem Anteil von 60,5% (n=49 Patienten) als führende Medikamentengruppe. Als Blutdrucksenker sind dabei die Medikamente aus der Klasse der Angiotensin-Converting-Enzym (ACE)-Hemmer, der Sartane und der Calciumkanalblocker des Nifedipin-Typs definiert.

30 (37%) Patienten nahmen ein Medikament aus der Klasse der Thrombozytenaggregationshemmer ein, während 24 (29,6%) Patienten mit einer vorhandenen antidiabetischen Therapie aufgenommen wurden. Zu der Klasse der antidiabetischen Medikamente zählten Metformin und die unterschiedlichen Arten der Insuline. Die weitere Verteilung der Vormedikation ist in Abbildung 5 dargestellt.

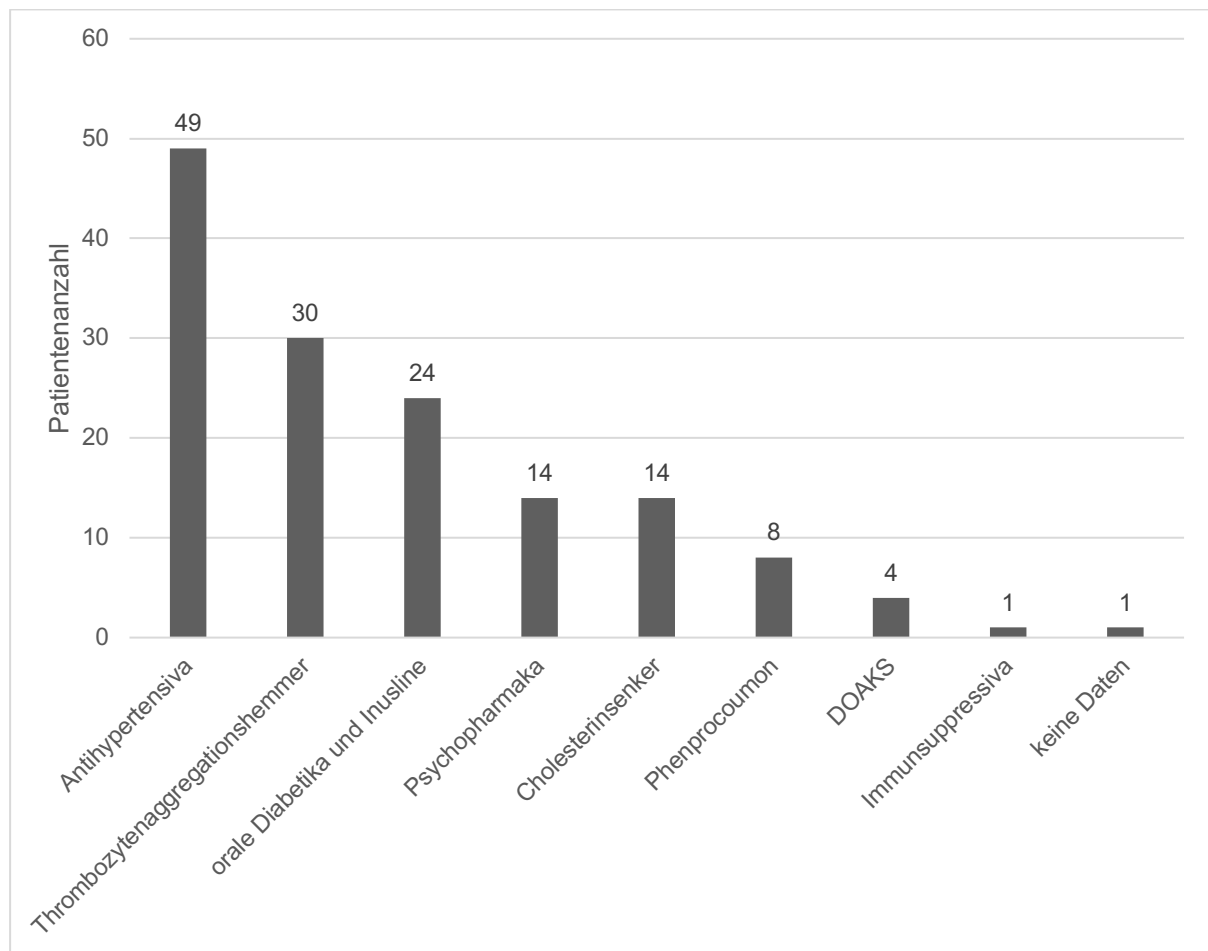


Abbildung 5: Darstellung und Verteilung der Medikation zum Zeitpunkt der Majoramputation. X-Achse: Darstellung der unterschiedlichen Medikamente; Y-Achse: Anzahl der Patienten mit den jeweiligen Medikamenten.

3.3 Operationsdaten

Es wurden 39 (48,1%) Majoramputationen im Bereich des Unterschenkels vorgenommen. 34 (42,0%) Oberschenkel wurden amputiert und zweimal (2,5%) erfolgte eine Exartikulation des Hüftgelenks. An der oberen Extremität wurden jeweils drei (3,7%) Majoramputationen jeweils am Unterarm und am Oberarm durchgeführt (siehe Abbildung 6).

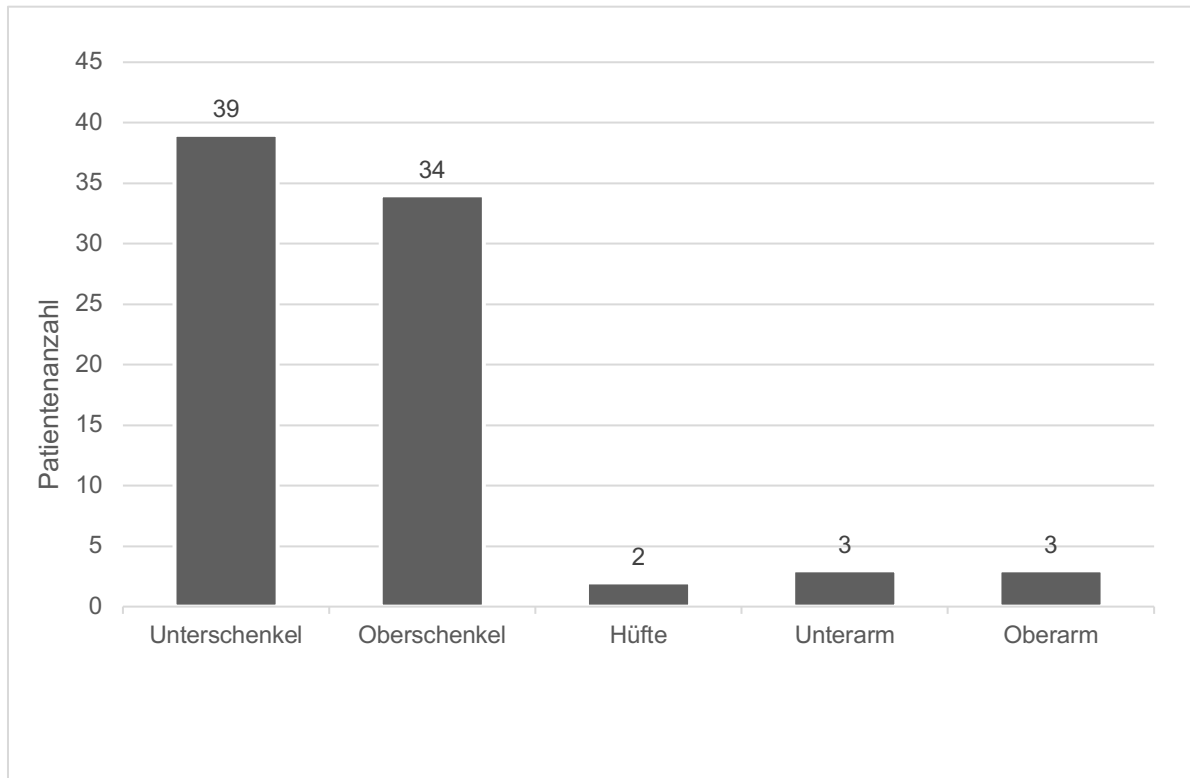


Abbildung 6: Darstellung der anatomischen Topografie der Majoramputation. X-Achse: Darstellung der unterschiedlichen anatomischen Amputationsorten; Y-Achse: Anzahl der Patienten mit der jeweiligen Amputation.

41 (50,6%) Patienten wurden an der linken Körperhälfte und 35 (43,2%) Patienten an der rechten Körperhälfte amputiert. Bei 5 (6,2%) Patienten wurde eine beidseitige Majoramputation durchgeführt.

Bei 46 (56,8%) Patienten waren als Amputationsgrund Infektionen im Bereich der Extremität ursächlich für die Majoramputation. Bei 29 (35,8%) Patienten erfolgte die Amputation auf Grundlage einer traumatischen Verletzung und bei 17 (20,9%) Patienten wurde eine Majoramputation in Folge einer pAVK durchgeführt. Bei einer Person war

ein Drogenkonsum die Ursache der Majoramputation. Bei dieser Person wurde zur Applikation der Droge eine arterielle Injektion durchgeführt. Die weiteren Gründe für die Majoramputationen sind in Abbildung 7 dargestellt.

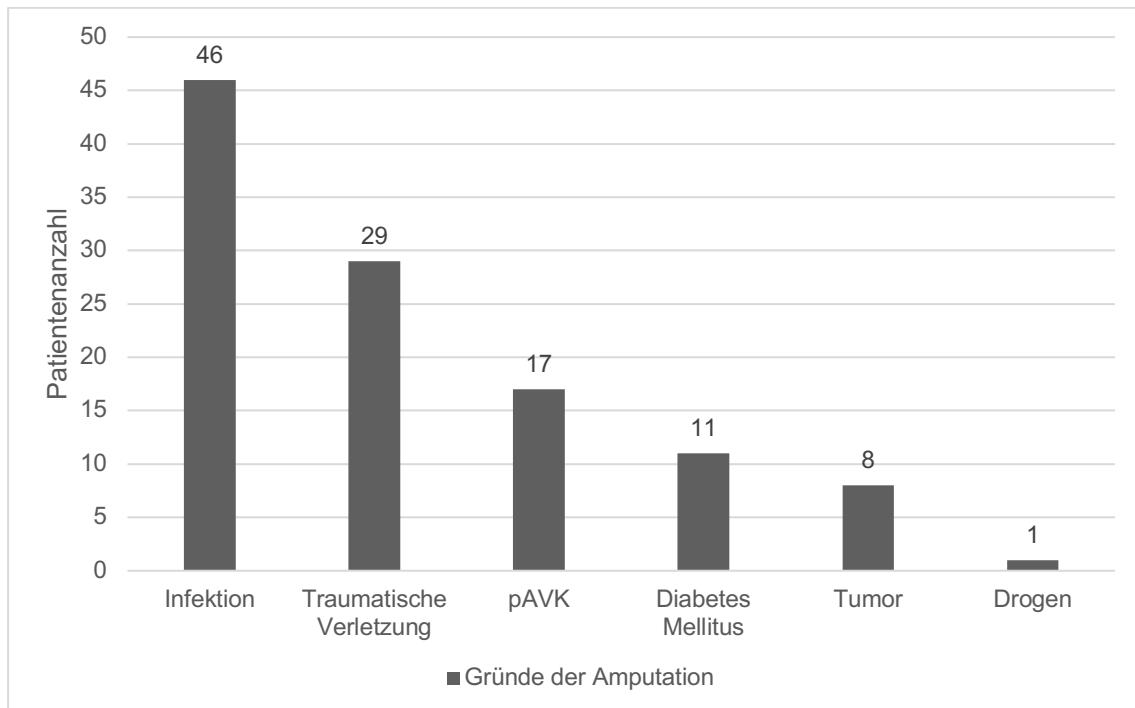


Abbildung 7: Darstellung und Verteilung der unterschiedlichen Ursachen einer Majoramputation im beobachteten Zeitraum. X-Achse: Darstellung der unterschiedlichen Gründe der Amputation; Y-Achse: Anzahl der Patienten.

Nach stationärer Aufnahme erfolgte bei 61 (75,3%) Patienten eine direkte Majoramputation der Extremität während des stationären Aufenthalts. Bei 20 (24,7%) Patienten waren der Majoramputation eine oder mehrere Minoramputationen vorausgegangen. 48 (59,3%) Patienten hatten vor der Majoramputation bereits eine Voroperation an der betreffenden Extremität. Implantate oder Prothesen in der betroffenen Extremität wiesen 18 (22,2%) Patienten auf. Eine Vakuum-Therapie wurde bei 37 (45,7%) Patienten angewendet.

Die Tabelle 4 zeigt die Daten zur Anzahl der durchgeführten Operationen bezogen auf die Majoramputation.

Tabelle 4: Anzahl der durchgeführten Operationen bezogen auf die Majoramputation. Angabe von Minimum (Min.), Maximum (Max.), Mittelwert, Standardabweichung (SD) und Anzahl der Patienten (N).

Merkmal	N	Min.	Max.	Mittelwert	SD
Anzahl der Operationen	81	1	17	4,70	3,696

3.4 Labordaten

Tabelle 5: Tabellarische Darstellung der erhobenen Labordaten. Erhebung der Daten bei Aufnahme in die Klinik, postoperativ und bei Entlassung. Angabe von Minimum (Min.) und Maximum (Max.), Mittelwert, Standardabweichung (SD) und Anzahl der Patienten (N). EK: Erythrozytenkonzentrat; Hb: Hämoglobin; CRP: C-reaktives Protein; CK: Creatinkinase; INR: International Normalized Ratio; BZ: Blutzucker.

Merkmal	N	Keine Daten	Min.	Max.	Mittelwert	SD
EKs [Anzahl]	64	17	0	30	1,56	4,429
Hb – Aufnahme [mg/dl]	80	1	6,6	18,7	11,226	2,4915
Hb - postoperativ [mg/dl]	80	1	6,2	14,2	8,973	1,4498
Hb - Entlassung [mg/dl]	69	15	6,5	14,8	9,843	1,5437
CRP - Aufnahme [mg/l]	78	3	0,34	457,8	137,78	135,1
CRP - postoperativ [mg/l]	78	3	1,6	421,7	118,32	107,99
CRP - Entlassung [mg/l]	68	13	0,78	415,00	38,78	65,87
CK - Aufnahme [U/l]	50	31	21	22000	1375,68	3665,1
CK - postoperativ [U/l]	41	40	23	10004	772,05	1780,1
CK - Entlassung [U/l]	25	56	7	2176	193,4	441,2
INR - Aufnahme	78	3	0,94	5,56	1,30	0,6478
INR - postoperativ	77	4	0,94	1,99	1,19	0,1984
INR - Entlassung	65	16	0,94	3,05	1,17	0,3284
BZ - Aufnahme [mg/dl]	64	17	64	691	166,05	121,546
BZ - postoperativ [mg/dl]	40	41	61	258	129,83	44,583
BZ - Entlassung [mg/dl]	32	49	57	229	124,19	39,253

3.5 Mikrobiologische Daten

Bei 68 (84%) Patienten wurde ein mikrobiologischer Abstrich an der betroffenen Extremität durchgeführt. Bei 16 (19,8%) Patienten erfolgte eine mikrobiologische und pathologische Gewebeuntersuchung und bei 3 (3,7%) Patienten wurde die Körperflüssigkeit nach Punktion der betroffenen Extremität mikrobiologisch begutachtet. Insgesamt wiesen 57 (70,4%) Patienten präoperativ einen positiven Keimnachweis auf. Bei 35 (61,4%) der 57 Patienten wurden multiresistente Erreger nachgewiesen. Bei 23 (28,4%) Patienten war der Keimnachweis negativ und bei 1 (1,2%) Patienten konnten diesbezüglich keine Daten erhoben werden. Abbildung 8 zeigt die allgemeine Verteilung der unterschiedlichen grundlegenden Arten der Infektionen. 15 (18,5%) der 81 Patienten entwickelten postoperative Infektionen.

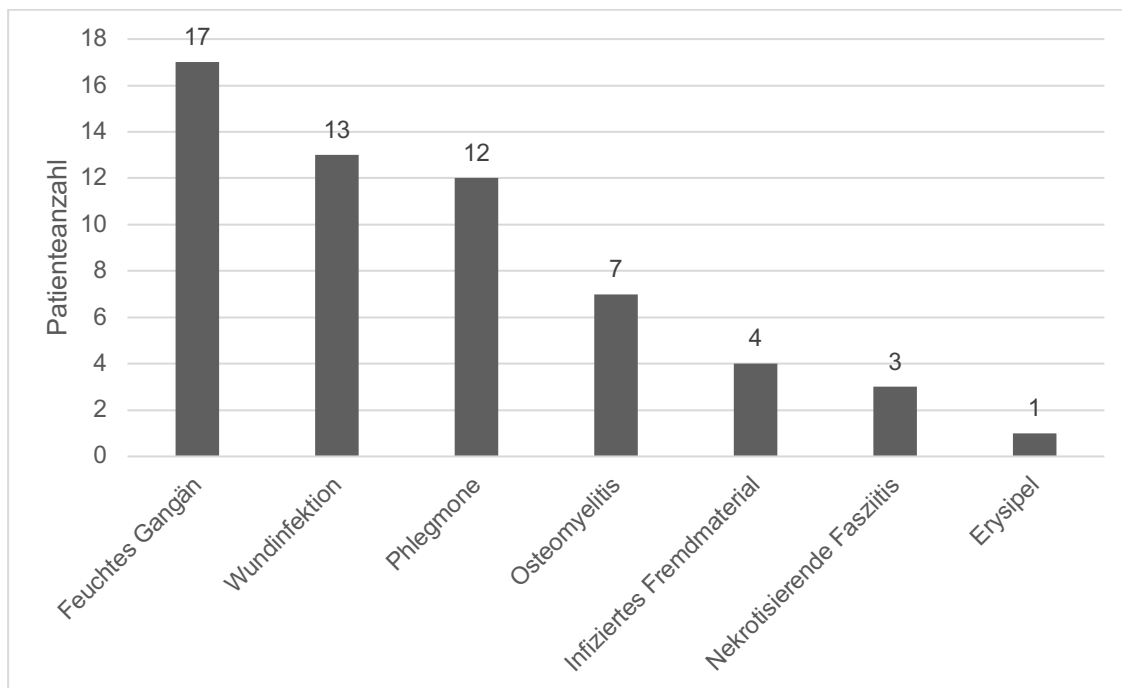


Abbildung 8: Darstellung der unterschiedlichen Infektionen. X-Achse: Arten von Infektion; Y-Achse: Anzahl der Patienten.

3.6 Intensivmedizinischer Verlauf

35 (43,2%) Patienten verbrachten mindestens 1 Nacht auf der Intensivstation. Das Maximum der Tage auf der Intensivstation betrug 53 Tage ($5,06 \pm 11,27$ Tagen). 22 der 35 Patienten wurden invasiv beatmet. Dabei lag das Maximum bei 44 Tagen mit invasiver Beatmung ($2,18 \pm 7,10$ Tagen).

3.7 Stationärer Verlauf

Zwischen der stationären Aufnahme und dem operativen Eingriff sind im Durchschnitt $13,83 \pm 17,10$ Tage vergangen (siehe Tabelle 6). Insgesamt wurde bei 16 (19,8%) Patienten direkt am Tag der Aufnahme die Majoramputation durchgeführt.

Tabelle 6: Darstellung der Tage zwischen Erstaufnahme und der operativen Majoramputation. Angabe von Minimum (Min.), Maximum (Max.), Mittelwert, Standardabweichung (SD) und Anzahl der Patienten (N).

Merkmal	Min.	Max.	Mittelwert	SD
Tage zwischen Aufnahme und Majoramputation	0	76	13,83	17,097

Bei 47 (58,0%) Patienten wurden postoperative Wundheilungsstörungen dokumentiert. Bei 45 (55,6%) Patienten war ein stationärer Aufenthalt für die Versorgung nötig. Das Maximum lag bei 9 Aufenthalten ($1,85 \pm 1,48$).

In der Abbildung 9 sind die häufigsten postoperativen Komplikationen der Patienten dargestellt. 57 Patienten (70,37%) hatten mindestens eine neu diagnostizierte postoperative Komorbidität.

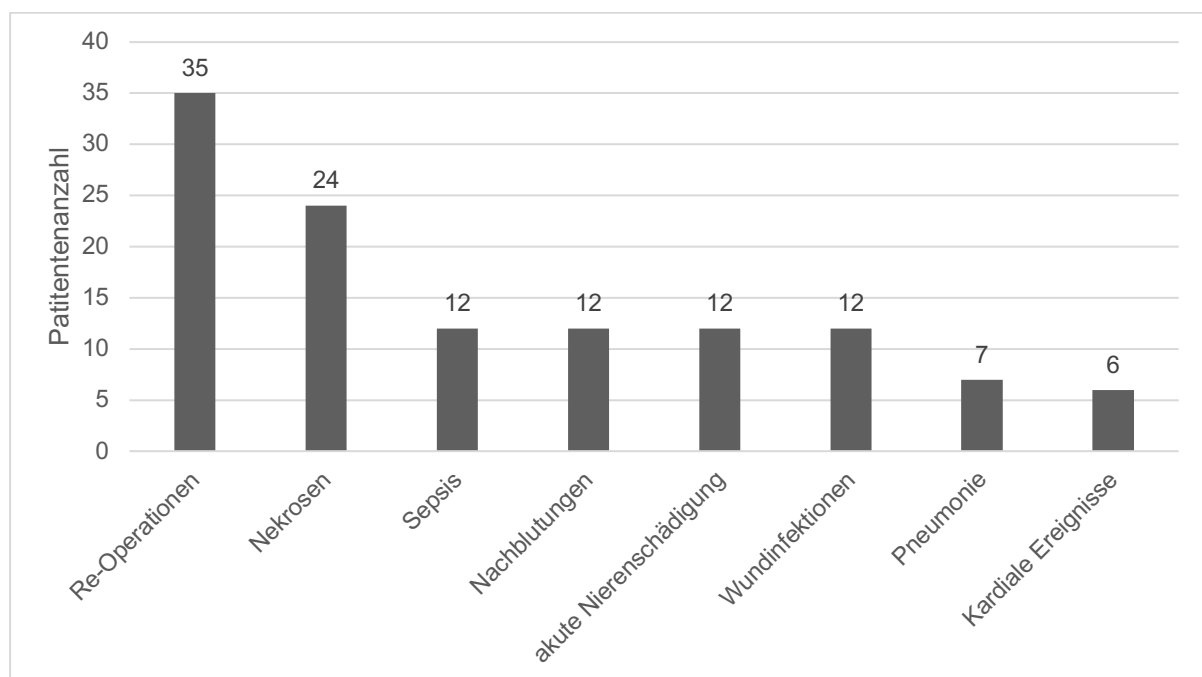


Abbildung 9: Darstellung der postoperativen Komplikationen. X-Achse: postoperative Komplikationen
Y-Achse: Anzahl der Patienten.

3.8 Outcome

Die kürzeste Verweildauer lag bei 8 Tagen zwischen Aufnahme und Entlassung, die längste bei 174 Tagen ($38,49 \text{ Tage} \pm 26,75 \text{ Tage}$).

Die Entlassungsarten sind in Abbildung 10 dargestellt:

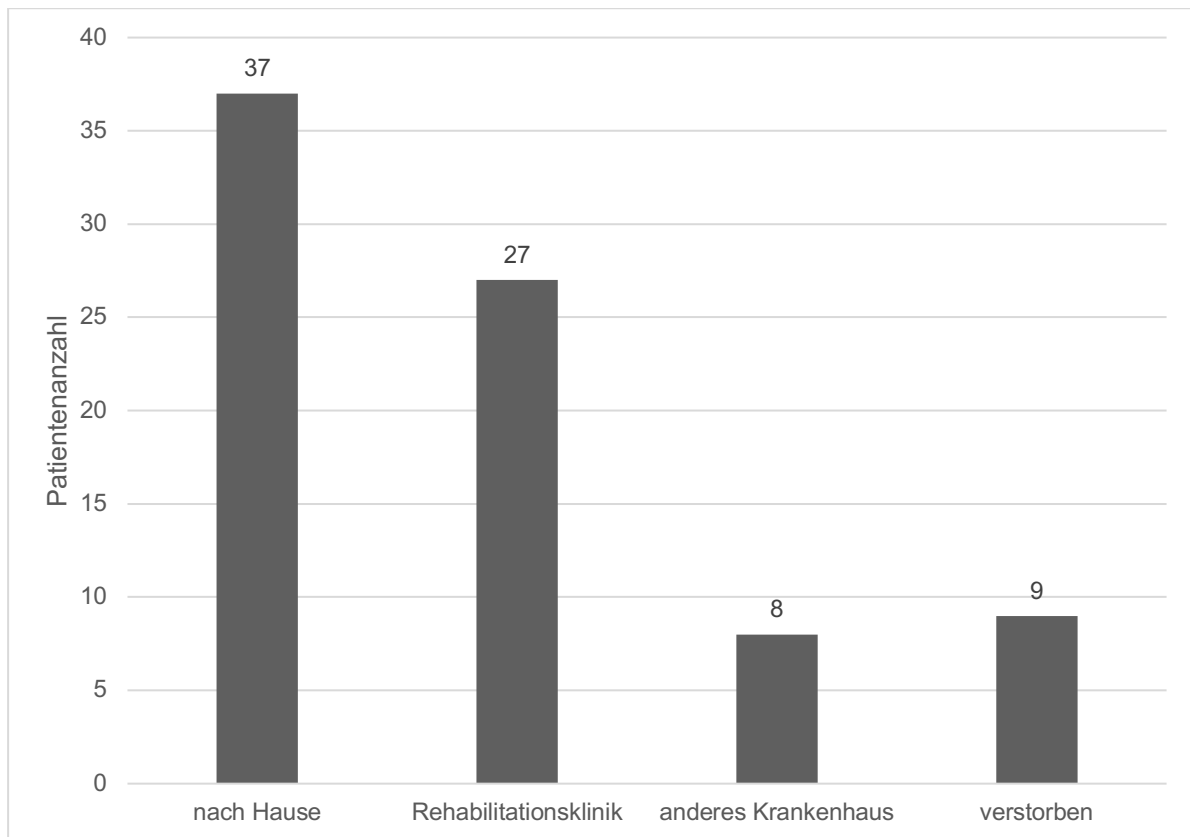


Abbildung 10: Darstellung der Art der Entlassungen in unterschiedliche Anschlussversorgungen. X-Achse: Unterteilung in Entlassung nach Hause, in eine Rehabilitationsklinik, ein anderes weiterversorgendes Krankenhaus oder der Patient ist während des stationären Aufenthaltes verstorben. Y-Achse: Anzahl der Patienten.

Die Patienten wurden anhand des Recovery-Index (vgl. Punkt 3.2.1) in verschiedene Grade der Genesung eingeteilt. Der Grad 1 stellt dabei den geringsten Fortschritt der Genesung der Patienten dar (siehe Abbildung 11).

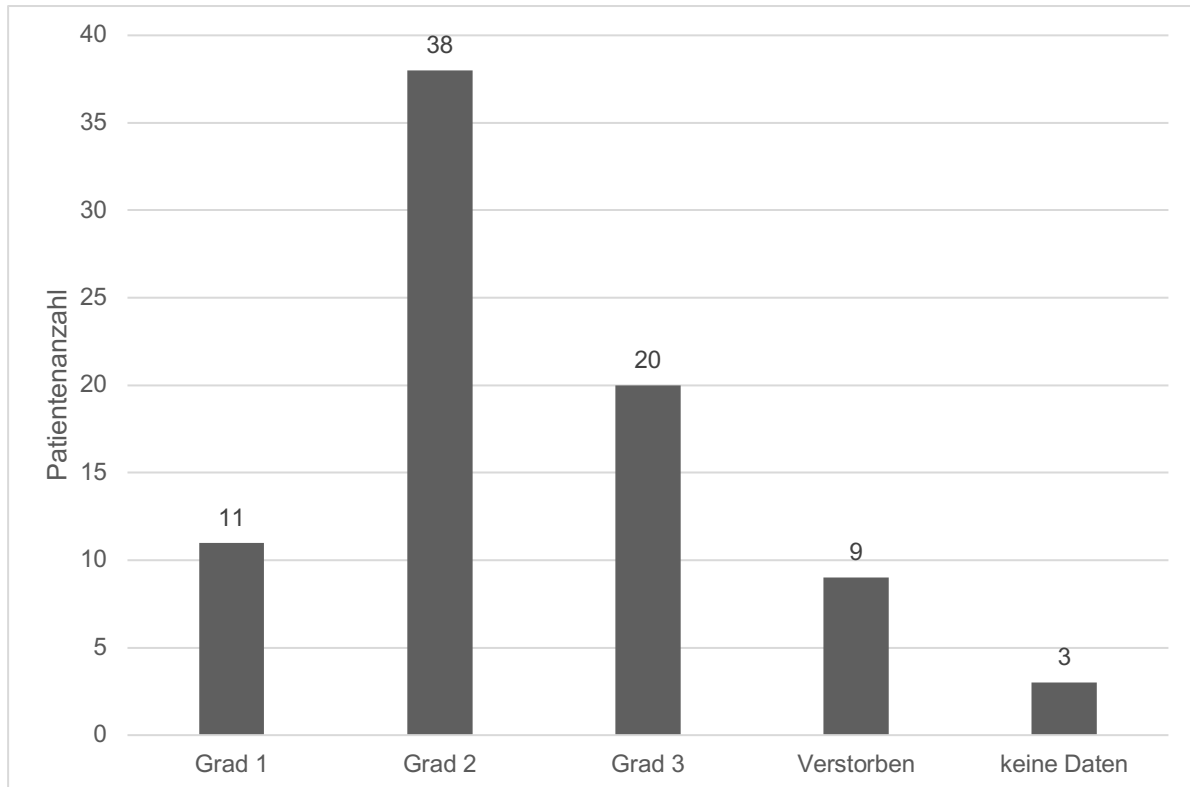


Abbildung 11: Darstellung der unterschiedlichen Grad-Einteilungen des Recovery-Index.

10 Patienten waren nach ihrer Majoramputation weiterhin arbeitsfähig. Bei 25 Patienten konnte eine poststationäre Arbeitsunfähigkeit dokumentiert werden.

3.9 Deskriptive Statistik

3.9.1 Art der Entlassung – Geschlecht

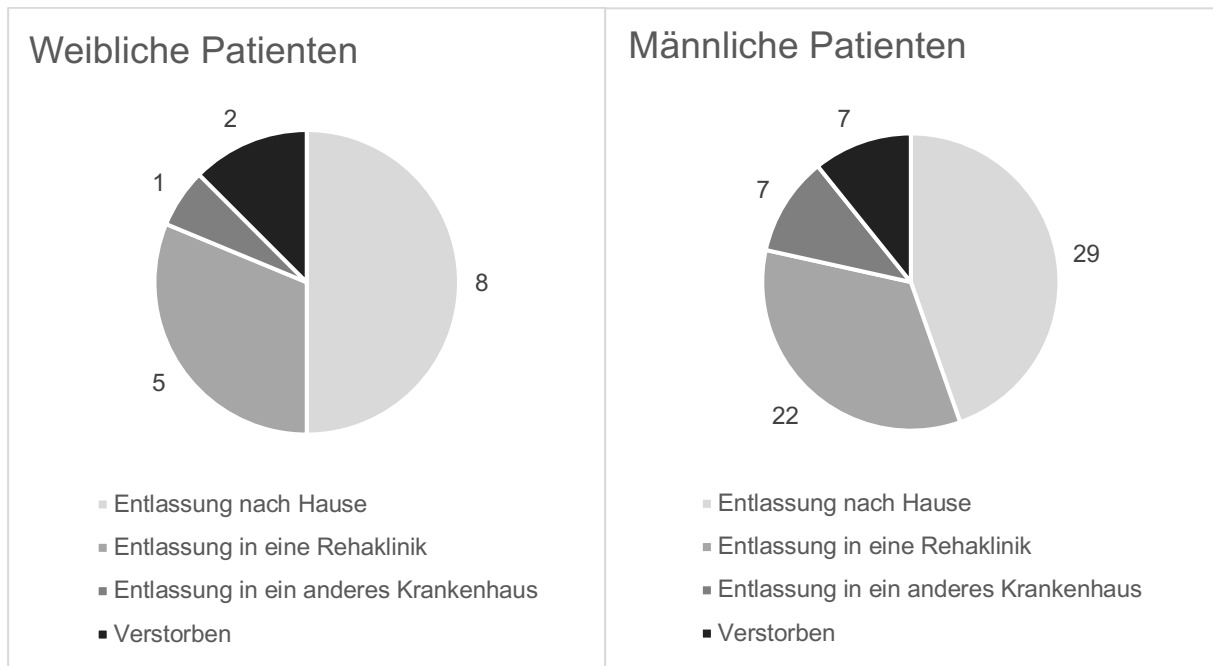


Abbildung 12: Darstellung der Art der Entlassung bezogen auf das Geschlecht.

50% der weiblichen Patienten wurden nach Hause entlassen, gefolgt von 31,3% weiblichen Patienten, die in eine Rehaklinik entlassen wurden. Von den 65 männlichen Patienten wurden 44,6% nach Hause entlassen. 33,8% wurde in eine Rehabilitationsklinik und 10,8% in ein anderes Krankenhaus verlegt. 7 (10,8%) Patienten sind während des stationären Aufenthaltes verstorben.

3.9.2 Art der Entlassung – Operationsdaten

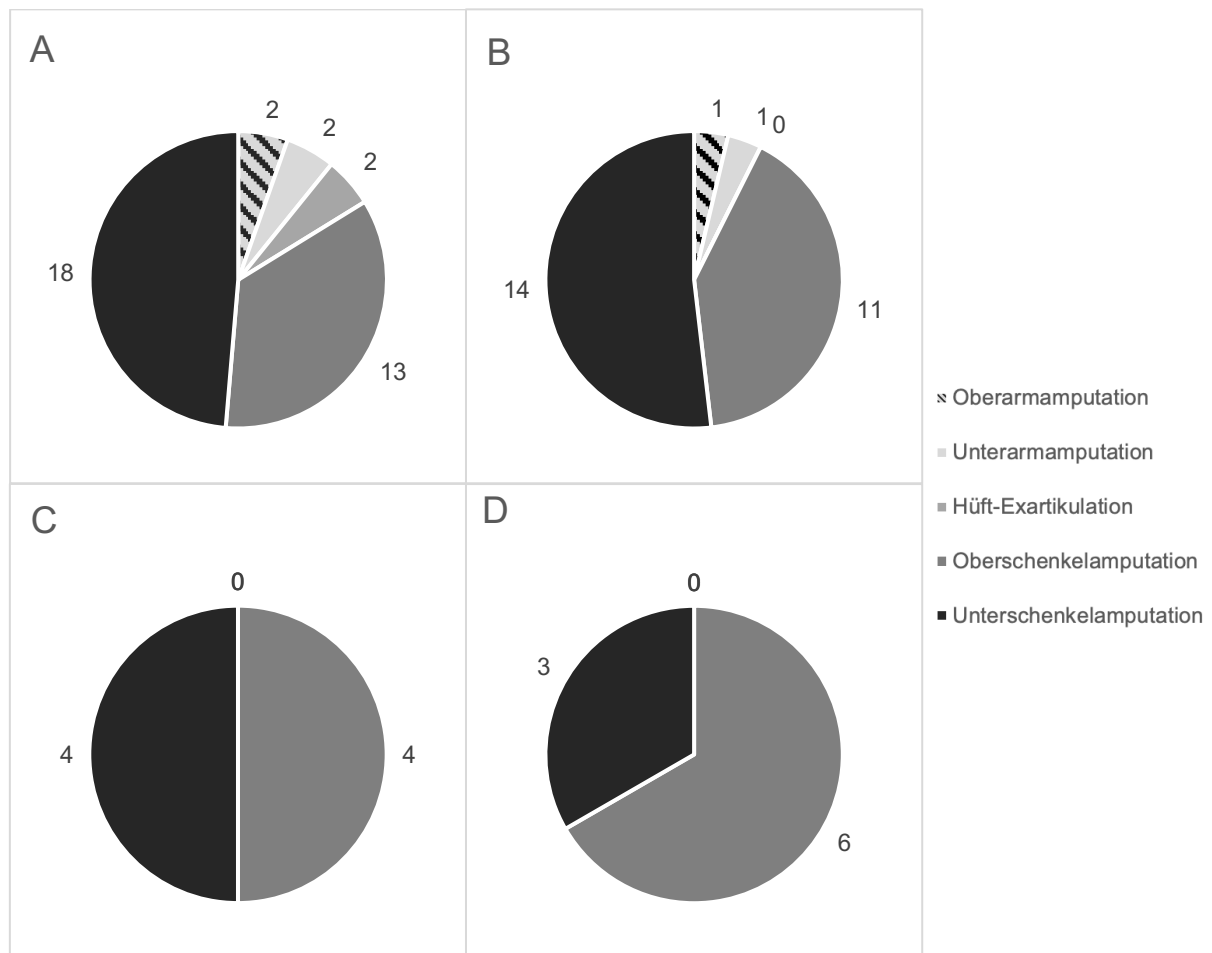


Abbildung 13: Darstellung der unterschiedlichen Arten der Entlassung bezogen auf die Art der Majoramputation. **A:** Entlassung nach Hause **B:** Entlassung in eine Rehaklinik **C:** Entlassung in ein anderes Krankenhaus **D:** Verstorben.

Es wurden 18 Patienten mit einer Unterschenkelamputation und 13 Patienten mit einer Oberschenkelamputation im Verlauf direkt nach Hause entlassen. 14 Patienten mit einer Unterschenkelamputation und 11 Patienten mit einer Oberschenkelamputation wurden aus dem Krankenhaus der Akutversorgung anschließend in eine stationäre Rehaeinrichtung entlassen. Jeweils 4 Patienten wurden mit einer Unterschenkelamputation und Oberschenkelamputation in ein anderes Krankenhaus zur weiteren Versorgung verlegt. Insgesamt sind 9 Patienten während der stationären Akutversorgung verstorben von denen 6 Patienten am Oberschenkel und 3 Patienten am Unterschenkel amputiert wurde.

3.9.3 Art der Entlassung – Stationärer Verlauf

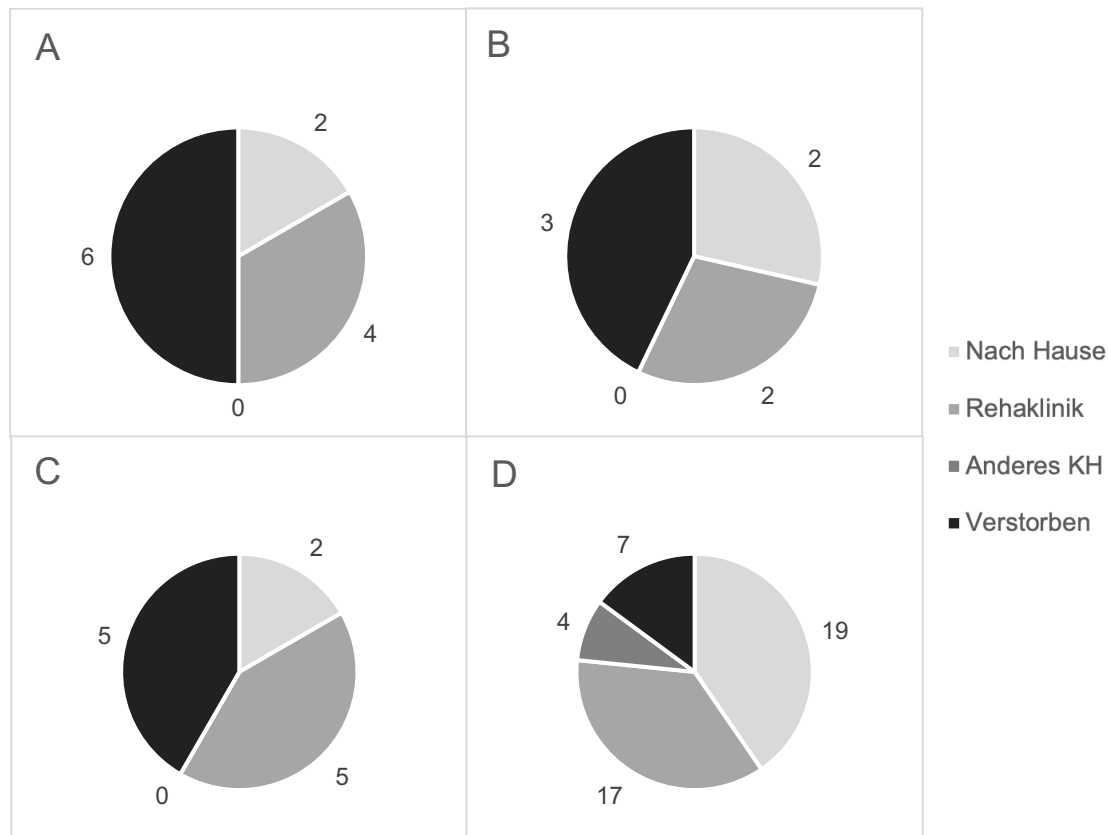


Abbildung 14: Darstellung der Art der Entlassung: nach Hause, in eine Rehaklinik, in ein anderes Krankenhaus (KH), verstorben, bezogen auf unterschiedliche postoperative Komplikationen. **A:** akute Nierenschädigung **B:** Pneumonie **C:** Sepsis **D:** Wundheilungsstörung.

12 Patienten erlitten eine akute Nierenschädigung im Verlauf des stationären Aufenthaltes. Jeweils 2 Patienten wurden nach Hause und 4 in eine Rehaeinrichtung entlassen. 6 Patienten sind im Verlauf verstorben (s. Abbildung 14A). 3 Patienten, die während des stationären Aufenthaltes verstorben sind, hatten eine Pneumonie.

Insgesamt 12 Patienten erkrankten an einer postoperativen Sepsis. 5 von ihnen sind im weiteren stationären Verlauf verstorben (vgl. Abbildung 14C). 19 Patienten mit Wundheilungsstörungen wurden nach Hause entlassen. 17 Patienten wurden in eine Reha Klinik im Verlauf verlegt und 4 Patienten in ein anderes Krankenhaus. 7 Patienten mit postoperativen Wundheilungsstörungen sind während des stationären Aufenthaltes verstorben (vgl. Abbildung 14D).

3.9.4 Art der Entlassung – Outcome

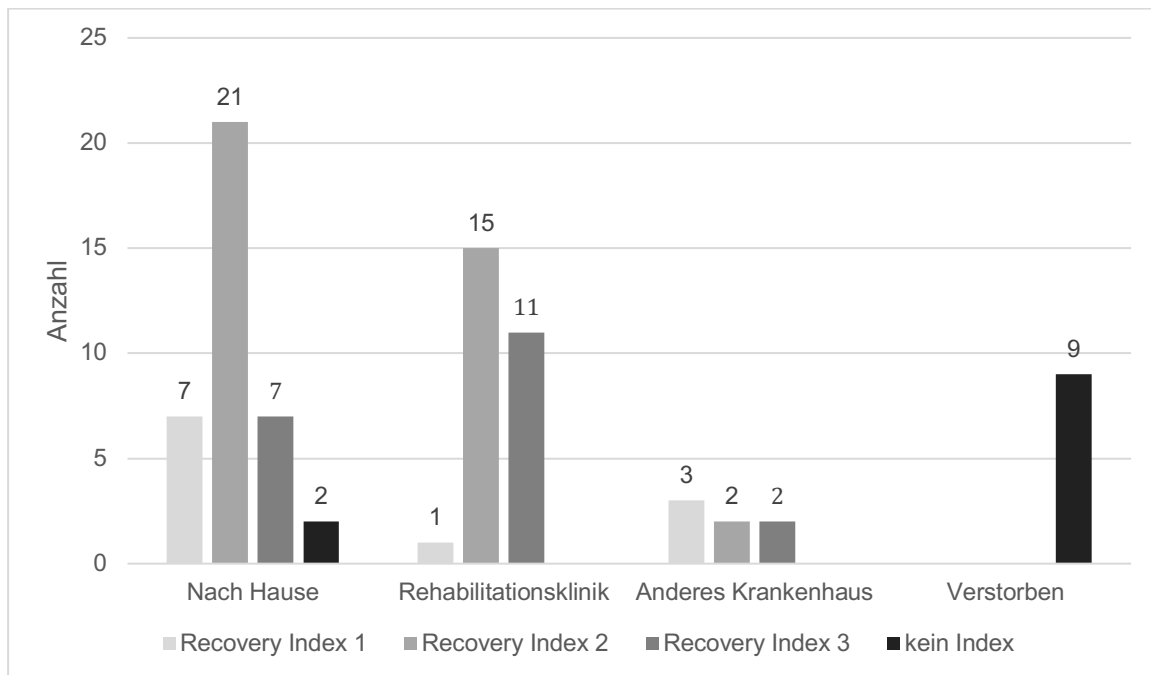


Abbildung 15: Darstellung der Art der Entlassung bezogen auf den Recovery Index.

21 Patienten mit einem Recovery Index von 2 und jeweils 7 Patienten mit einem Recovery Index von 1 und 3 wurden nach Hause entlassen. 15 Patienten mit einem Recovery Index von 2 und 11 Patienten mit einem Recovery Index von 3 wurden in eine anschließende Rehaklinik verlegt. 9 Patienten sind während des stationären Aufenthaltes verstorben, sodass kein Recovery Index erhoben werden konnte (vgl. Abbildung 15).

3.10 Signifikanztestungen

Im Folgenden sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Testungen dargestellt. In der Pearson-Korrelationsanalyse wurde die Krankenhausverweildauer in Bezug auf mehrere abhängige Variablen untersucht. Dabei ergaben sich signifikante Korrelationen zwischen der Verweildauer und dem postoperativ gemessenen CRP-Wert sowie der Anzahl durchgeführter Operationen. Darüber hinaus zeigten sich signifikante Zusammenhänge mit der Dauer des Aufenthalts auf der Intensivstation sowie der Anzahl der Intubationstage (vgl. Tabelle 7).

Tabelle 7: Korrelationsanalyse nach Pearson mit der abhängigen Variable Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen. N= Anzahl P= Wahrscheinlichkeit.

Korrelationsanalyse Krankenhausverweildauer vs.	Pearson	
	N	P
Alter zum Zeitpunkt der Majoramputation	81	0,738
Anzahl der Operationen	81	0,001
CRP bei Aufnahme	78	0,883
CRP postoperativ	78	0,003
Tage auf der Intensivstation	81	0,002
Intubationstage	81	0,000

Mittels des Mann-Whitney-U-Tests wurden Rangunterschiede der Krankenhausverweildauer in Bezug auf verschiedene Einflussgrößen analysiert. Hierbei zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen einer postoperativen akuten Nierenschädigung und einer verlängerten Verweildauer (vgl. Tabelle 8).

Tabelle 8: Testung unterschiedlicher mittlerer Ränge mittels Mann-Whitney-U-Test mit der abhängigen Variable Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen. U= Prüfgröße des Mann-Whitney-U Tests, P= Wahrscheinlichkeit.

Testung der unterschiedlichen mittleren Ränge Krankenhausverweildauer vs.	Mann-Whitney-U-Test	
	U	P
Geschlecht weiblich und männlich	516,00	0,962
Art der Amputation	518,00	0,313
Postoperative Komplikationen kardial	170,50	0,325
Postoperative Komplikation akute Nierenschädigung	233,50	0,016

Die Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests zur Krankenhausverweildauer in Abhängigkeit von verschiedenen bakteriellen Befunden sind in Tabelle 9 dargestellt. Besonders der Nachweis multiresistenter Keime war signifikant mit einer verlängerten Krankenhausverweildauer assoziiert.

Tabelle 9: Testung unterschiedlicher mittlerer Ränge mittels Kruskal-Wallis-Test mit der abhängigen Variablen Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen P= Wahrscheinlichkeit, P angepasst: Signifikanzwerte werden nach Bonferroni Korrektur für mehrere Tests angepasst.

Testung der unterschiedlichen mittleren Ränge Krankenhausverweildauer vs.	Kruskal-Wallis-Test	
	P	P angepasst
Kein multiresistenter Keim – kein Keim	0,920	1,00
Kein multiresistenter Keim – multiresistenter Keim	0,014	0,043
Kein Keim – multiresistenter Keim	0,018	0,053

Ein Vergleich der Mittelwerte mittels t-Test ergab, dass postoperative Wundheilungsstörungen signifikant mit einer verlängerten Krankenhausverweildauer einhergingen (vgl. Tabelle 10).

Tabelle 10: Testung unterschiedlicher Mittelwerte mittels t-Test mit der abhängigen Variable Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen. t= Prüfgröße t-Tests, P= Wahrscheinlichkeit.

Testung der unterschiedlichen Mittelwerte Krankenhausverweildauer vs.	t-Test	
	t	P
Ort der Amputation	0,312	0,756
Postoperative Komplikation Pneumonie	-1,031	0,341
Postoperative Komplikation Wundheilungsstörung	-3,814	0,000
VAC-Anlage	-2,066	0,042

Die einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA) hinsichtlich des Einflusses einer postoperativen Sepsis auf die Krankenhausverweildauer zeigte hingegen keine signifikanten Unterschiede (vgl. Tabelle 11).

Tabelle 11: Einfaktorielle Varianzanalyse mittels analysis of variance (ANOVA) mit der abhängigen Variablen Krankenhausverweildauer und Auflistung der unabhängigen Variablen F= Prüfgröße P= Wahrscheinlichkeit.

Einfaktorielle Varianzanalyse Krankenhausverweildauer vs.	ANOVA	
	F	P
Postoperative Komplikation Sepsis	0,129	0,720

4. Diskussion

4.1 Methodik

4.1.1 Patientenkollektiv

Die Auswahl der Patienten erfolgte anhand definierter Ein- und Ausschlusskriterien (siehe Abschnitt 2.1). Patienten mit isolierten Minoramputationen wurden ausgeschlossen, da das Hauptziel dieser Studie darin bestand Risikofaktoren und Prädispositionen für Majoramputationen zu identifizieren. Thorud et al. führten eine Untersuchung zur 5-Jahres-Mortalitätsrate von Amputationen durch und stellten im Jahr 2016 fest, dass Amputationen im Allgemeinen mit einer hohen Sterblichkeitsrate verbunden sind. Die Mortalitätsrate nach Majoramputationen erwies sich grundsätzlich höher als im Vergleich zu Minoramputationen. Es zeigte sich, dass Majoramputationen, insbesondere an der unteren Extremität, erhebliche Auswirkungen auf die Lebensqualität der Patienten haben und mit erheblichen Kosten verbunden sind, die sich über den initialen Behandlungszeitraum hinaus erstrecken (Claessen et al., 2018; Thorud et al., 2016). Es wurde daher der Fokus auf Patienten mit Majoramputationen gelegt. Patienten mit isolierten Minoramputationen wurden ausgeschlossen.

Ein Ziel dieser Studie war die Beschreibung der Epidemiologie und des klinischen Verlaufs einer Majoramputation. Daher war es erforderlich, alle Patienten unabhängig von Geschlecht und Alter in die Studie aufzunehmen, um eine umfassende Analyse mit Aussagekraft für die gesamte Population durchführen zu können.

In die Studie wurden ausschließlich Patienten aus der Klinik für Unfallchirurgie und Orthopädie eingeschlossen. Die Begrenzung der Datengewinnung auf diese Klinik war erforderlich, da ein allgemeiner Zugriff auf Daten weiterer Kliniken und Abteilungen aus datenschutzrechtlichen Gründen nicht gewährt wurde. Dies kann dazu führen, dass es im Vergleich zu anderen Studien, wie zum Beispiel bei Isaacs-Itua & Sedeko oder Krettek et al, zu einer Differenz in der grundlegenden Ätiologie gekommen ist (Isaacs-Itua & Sedki, 2018; Krettek et al., 2016).

4.1.2 Datenerhebung

Für den Grad des Outcomes sind nach ausführlicher Literaturrecherche keine Rankingsysteme für Outcome und Rehabilitation von Majoramputationen bisher beschrieben worden. Daher haben wir bestehende Forschungsergebnisse aus anderen Rehabilitationsbereichen auf unseren Kontext angewandt und einen Recovery-Index im Zusammenhang mit Majoramputationen entwickelt. Während der Literaturrecherche zeigte sich der Barthel-Index als wichtiges Bewertungsverfahren der alltäglichen Fähigkeiten im Bereich der Rehabilitation (Bouwstra et al., 2019). Der Index beurteilt verschiedene Parameter der Mobilität und selbständigen Versorgung. Diese Aspekte des Barthel-Index nahmen wir als Grundlage und passten sie für unseren Anwendungsbereich der Majoramputationen an. Als weiteren Parameter nutzten wir die Beurteilung der physiotherapeutischen Therapiemöglichkeiten. Mehrere Studien zeigten die enorme Bedeutung der Physiotherapie für den Behandlungserfolg nach Majoramputationen und damit verbundenen Einflüsse auf die Lebensqualität (Christiansen et al., 2015; Dillingham & Pezzin, 2008; Kahle et al., 2016; Madsen et al., 2017). Diese Bereiche modifizierten wir für unseren Recovery-Index nach einer Majoramputation und bewerteten in der Folge die Patienten anhand der drei verschiedenen Parameter: Grad der Mobilität, Grad der pflegerischen Versorgung und Art der Physiotherapie (vgl. 2.2.1). Mit Hilfe des Recovery Indexes war es uns möglich die Patienten in unterschiedliche Gruppen des Behandlungserfolgs einzuteilen und eine Analyse hinsichtlich Risikofaktoren und Prädispositionsfaktoren zu stellen.

4.2 Ergebnisse

4.2.1 Deskriptive Ergebnisse

4.2.1.1 Basisdaten

In der vorliegenden Arbeit teilte sich die Patientengruppe in 80,2% männliche Patienten und 19,8% weibliche Patienten auf. Vorausgehende Studien zeigen eine ähnliche Verteilung. Es wurde beschrieben, dass in den letzten 10 Jahren in Deutschland ca. 70 % der Amputationen bei Männern und 30% bei Frauen durchgeführt wurden (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, 2020; Spoden, 2019). Der Diabetes Mellitus und die pAVK, welche hinsichtlich der Prävalenz prozentual mehr das männliche Geschlecht betreffen, sind weiterhin sehr häufig die Grundlage für eine Amputation und damit eine mögliche Ursache für die beschriebenen Zahlen (Lawall et al., 2015; Lombardo et al., 2014; Slovut & Sullivan, 2008; Varma et al., 2014). Im Vergleich zur Literatur ist der Anteil der männlichen Patienten in der vorliegenden Studie allerdings noch größer. Dies könnte auf eine in der Literatur beschriebene erhöhte generelle Risikobereitschaft von Männern im Rahmen traumatologischer Verletzungen zurückzuführen sein und damit eine erhöhte Anzahl an Majoramputationen begründen (Marcolini et al., 2019). Da in der vorliegenden Arbeit Daten einer unfallchirurgischen Klinik analysiert wurden, könnte dies die höhere Prävalenz männlicher Patienten erklären.

Laut Literatur sind in Deutschland 71,1% der Patienten zum Zeitpunkt der Majoramputation über 65 Jahre alt (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit, 2020). Bei den Probanden der vorliegenden Arbeit lag das mittlere Alter bei $60,79 \pm 16,07$ Jahren. 34 (42,0%) Patienten waren älter als 65 Jahre. Es zeigt sich, dass das Durchschnittsalter in der vorliegenden Arbeit geringer ausfiel. Dies lässt sich womöglich auch auf die Selektion der unfallchirurgischen Klinik und die damit einhergehende erhöhte Anzahl an traumatisch bedingten Majoramputationen zurückführen.

Hinsichtlich des Familienstandes konnten in dieser Studie keine signifikanten Ergebnisse bei der Verteilung aufgezeigt werden. Auch die Literatur zeigt hier keine Ergebnisse.

4.2.1.2 Vorerkrankungen und Vormedikation

Die arterielle Hypertonie, der Diabetes Mellitus, die koronare Herzerkrankung und die pAVK wurden als prävalente Vorerkrankungen in dieser Studie identifiziert. Chronische Entzündungen des Gefäßsystems, begleitet von einer gesteigerten Gefäßdurchlässigkeit und der Ablagerung von Lipoproteinen sind häufig die Folge dieser Erkrankungen. Diese entzündlichen Prozesse resultieren in der Bildung von Plaques und einer progressiven Beeinträchtigung der Durchblutung. Als Folge der Minderdurchblutung wird das betroffene Gewebe häufig nicht mehr ausreichend mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt, sodass ein erhöhtes Infektionsrisiko mit eingeschränkter Wundheilung besteht (Armstrong & Armstrong, 2021; Gul & Janzer, 2023). Ulzerationen oder Nekrosen entwickeln sich aufgrund lokaler Drucküberbelastung bei Patienten mit eingeschränkter Schmerzempfindung infolge diabetischer Polyneuropathie. Diese Faktoren in Kombination mit einer pAVK führen zusätzlich zu einer erhöhten Rate an Majoramputationen (Rümenapf et al., 2021). Diese beschriebenen systemischen Erkrankungen sind in der Literatur bereits als prädisponierende Faktoren für Majoramputationen mehrfach genannt worden und stützen damit unsere Ergebnisse (Borges et al., 2017; Lombardo et al., 2014; Varma et al., 2014). Hinsichtlich der Medikamenteneinnahme konnten bei den Patienten vor allem Medikamente zur Behandlung der beschriebenen Vorerkrankungen dokumentiert werden. 17,2% der Patienten nahmen zum Zeitpunkt der Majoramputation ein Medikament aus der Klasse der Psychopharmaka/Antidepressiva ein. Bei der in der Literatur beschriebenen Prävalenz von psychischen Erkrankungen in Deutschland kann hier kein Unterschied festgestellt werden (Basisdaten 2023 Deutsche Gesellschaft für Psychiatrie und Psychotherapie, Psychosomatik und Nervenheilkunde e.V.).

4.2.1.3 Operationsdaten

Die in der Studie beschriebene Verteilung der anatomischen Topografie der Majoramputationen zeigt prozentual deutlich mehr Majoramputationen im Bereich der unteren Extremität im Vergleich zu der oberen Extremität. In der Literatur werden vergleichbare Daten beschrieben. Nach Darter et al. sind ca. 2 Millionen Menschen in den USA an einer Gliedmaße amputiert. Von diesen 2 Millionen Menschen sind nur ca. 3% an der oberen Extremität betroffen. In Deutschland wurden im Jahr 2020 nur ca. 8% aller Amputationen an der oberen Extremität durchgeführt (Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im Auftrag des Bundesministeriums für

Gesundheit, 2020). Dies lässt sich primär auf die Tatsache zurückführen, dass die pAVK und andere prädisponierende Erkrankungen hauptsächlich an den unteren Extremitäten auftreten und somit im Verlauf die Grundlage für eine Majoramputation schaffen. Im Gegensatz dazu sind Amputationen an den oberen Extremitäten in erster Linie auf traumatische Ursachen zurückzuführen (Gul & Janzer, 2023).

In der Literatur sind sehr unterschiedliche Daten bezüglich der grundlegenden Ursache einer Majoramputation zu finden. Krettek et al. bezogen sich auf Daten aus den USA, wonach im Jahr 2005 eine traumatologische Verletzung die Hauptursache für Amputationen in den USA war, gefolgt von der pAVK und diabetischen Angiopathien (Krettek et al., 2016). Kalbaugh et al. hingegen beschrieben in ihrer Studie, dass laut einer Analyse der Jahre 2000 bis 2016 eine Ischämie gefolgt von einer Infektion die häufigsten Ursachen in den USA für eine Majoramputation im Bereich der unteren Extremität waren. Im Großbritannien wurden die verschiedenen Gefäßerkrankungen als Hauptursache für eine Majoramputation beschrieben (Isaacs-Itua & Sedki, 2018). In der vorliegenden Studie waren infektionsbedingte Majoramputationen die führende Ursache gefolgt von den traumatisch bedingten Majoramputationen. Die Ursache für die Differenzen in den Ursachen könnte einerseits auf ein unterschiedliches Patientenkollektiv zurückzuführen sein. Andererseits könnte auch die Region, in denen die Patienten leben, einen unterschiedlichen Einfluss auf die Ätiologie der Majoramputation haben. Im Weiteren wird in den bisher beschriebenen Studien vor allem die Amputation als Überbegriff bewertet oder es erfolgt eine Analyse zu speziellen Themen wie der Majoramputation an der unteren Extremität. Weiterhin ist es möglich, dass andere Studien die Grundlage der Infektion als Ursache gewertet haben. Periphere Gefäßerkrankungen im Rahmen einer pAVK oder eines Diabetes Mellitus haben häufig schlecht heilende Wunden, sodass Infektionen die Folge sein können, wodurch die einzige kurative Therapie eine Amputation ist (Reinecke et al., 2015; Trautner et al., 2007).

Die Anzahl der Operationen bezogen auf die Majoramputation variierte bei den Patienten von einer einzelnen Operation bis zu insgesamt 17 Eingriffen, wobei der Durchschnitt bei 4,7 Operationen lag. Vergleichbare Daten zur durchschnittlichen Anzahl notwendiger Operationen konnten auch nach umfangreicher Literaturrecherche nicht gefunden werden. Es bestätigt allerdings die bereits beschriebene Ansicht, dass Majoramputationen, aber auch eine initiale Rekonstruktion der Gliedmaßen vor einer

möglichen Majoramputation, eine hohe Komplikationsrate und größere Anzahl von chirurgischen Eingriffen nach sich ziehen (Huh et al., 2011).

Nahezu 60% der Patienten wiesen vor der Durchführung einer Majoramputation bereits eine Voroperation an der betroffenen Extremität auf. Dies lässt auf das Vorliegen vielfacher vorbestehender Erkrankungen mit potenziellen chirurgischen Eingriffen wie diabetischen Fußsyndromen oder Minoramputationen im Zusammenhang mit einer pAVK schließen (Rümenapf et al., 2021). Passend dazu waren auch 22,2% der Patienten im Besitz von Implantaten oder Prothesen an der betroffenen Extremität. Dies könnte auf ein initial rekonstruktives Verfahren im Rahmen einer traumatologisch bedingten Verletzung hinweisen. Nach Huh et al. treten im Verlauf nach der Wiederherstellung oder Behandlung von betroffenen Gliedmaßen häufig Komplikationen auf, die eine verspätete Majoramputation erforderlich machen. In Situationen mit wiederholten Krankenhausaufenthalten und anhaltenden Wundheilungsstörungen kann es mitunter im Sinne des Patienten sein, eine Majoramputation in Betracht zu ziehen, um eine definitive Lösung zu finden (Huh et al., 2011).

Für eine suffiziente Wundheilung ist das Beseitigen von Exsudaten, Entzündungsmediatoren wie Zytokinen und Proteasen und von infektiösem Material entscheidend, um eine Umgebung zu schaffen, in der ein Heilungsprozess stattfinden kann (Singh et al., 2020). Eine Therapie mit einem VAC-System, die nachgewiesen die Wundheilungsprozesse fördert und zur Bildung von Granulationsgewebe beiträgt, wurde bei ca. 50% der Patienten in der vorliegenden Studie angewendet. El-Sabbagh beschrieb im Jahr 2017 den suffizienten Einsatz einer VAC-Therapie bei Patienten mit akuten und chronisch schlecht heilenden Wunden. Dabei zeigten sich auch Erfolge im Bereich offener Amputationsstumpfe (El-Sabbagh, 2017). Hinsichtlich des Ansprechens der VAC-Therapie liegen in der vorliegenden Arbeit keine Daten vor. Allerdings zeigt der hohe prozentuale Anteil des Einsatzes einer VAC-Therapie, dass im Behandlungsverlauf häufig persistierende Wundheilungsstörungen im Rahmen der Majoramputation auftraten.

4.2.1.4 Labordaten

Bei Aufnahme der Patienten zeigte sich im Mittelwert ein deutlich erhöhter CRP-Wert (137,78 mg/l). Dies kann einerseits mit Infektionen, chronischen Wunden aber auch mit nicht infektiösen Ursachen zusammenhängen. Das C-Reaktive Protein ist ein Akute-Phase Protein, das die Opsonierung von Pathogenen begünstigt. Es hat dabei eine hohe Sensitivität gegenüber Entzündungen, infektiöser und nicht-infektiöser

Genese. Auch im Rahmen einer Fraktur oder einer Tumorerkrankung kann es zu einer Erhöhung des CRP kommen (Sproston & Ashworth, 2018).

Die Kreatinkinase (CK) spielt eine entscheidende Rolle bei der zellulären Energieversorgung. Die CK wird bei Verletzungen von Muskeln oder anderem Gewebe freigesetzt und führt zu erhöhten Werten im Blut. Dies kann auf akute und chronische Ursachen zurückgeführt werden, wie zum Beispiel eine Sepsis im Rahmen einer Infektion, Durchblutungsstörungen oder mechanische Faktoren wie Traumata (Lehmann et al., 2013). Grundsätzlich unterstreichen die festgestellten erhöhten Werte der CK und des CRPs die initialen grundlegenden Ursachen der Majoramputationen in dieser Untersuchung, nämlich die Infektion, Durchblutungsstörungen und traumatologische Verletzungen (vgl. Abbildung 8).

4.2.1.5 Mikrobiologische Daten

Hinsichtlich der mikrobiologischen Beurteilung von Wunden und infizierten Gelenken wird in der Literatur eine erhöhte Anzahl an Abstrichen, sowie die Punktion von Gewebeflüssigkeiten und intraoperative Entnahme von Gewebeproben zur weitergehenden mikrobiologischen Diagnostik empfohlen (Padgett et al., 1995). Die sensitivste Methode zur genauen Detektion der bestehenden mikrobiologischen Besiedelung ist die Entnahme einer Gewebeprobe (Santy J, 2008). Mit der Zunahme der abgenommenen Abstriche steigt auch die Sensitivität des Keimnachweises an (Padgett et al., 1995). Dadurch kann eine mögliche gezielte Antibiotikatherapie gewählt werden. Die Daten in der vorliegenden Arbeit machen deutlich, dass bei 83,9% der Patienten ein Abstrich durchgeführt wurde. Gleichzeitig wurde allerdings keine Wiederholung oder erhöhte Anzahl an Abstrichen dokumentiert. Es geht aus den vorliegenden Daten nicht hervor, ob die mikrobiologischen Ergebnisse auf der Grundlage eines oder mehrerer Abstriche erfolgten. Weiterhin wurde bei nur 3,7% der Patienten eine Gewebeflüssigkeitsuntersuchung und bei 19,7% der Patienten eine pathologisch mikrobiologische Gewebeuntersuchung durchgeführt. In der vorliegenden Studie sind die meisten Majoramputationen durch Infektionen verursacht worden. Die Frage nach einer optimalen mikrobiologischen Beurteilung bedarf der Klärung.

4.2.1.6 Intensivstation

Eine Indikation für eine Aufnahme auf einer Intensivstation besteht zum Beispiel in der postoperativen Überwachung bei Eingriffen mit erhöhtem Risiko (Geldner et al., 2017). Nach Geldner et al. werden Risikoeingriffe als Operationen charakterisiert, die eine hohe Invasivität aufweisen und eine lange Operationsdauer oder einen erheblichen Blutverlust erwarten lassen. Die Entscheidung für eine Überwachung und Behandlung auf der Intensivstation ist nicht nur von der Art des Eingriffs abhängig, sondern auch von den individuellen Patientenmerkmalen. So ist eine Überwachung von „Risikopatienten“, das heißt zum Beispiel Patienten mit multiplen Vorerkrankungen, empfohlen. Darüber hinaus kann es ungeplante Gründe für eine Behandlung auf der Intensivstation geben, etwa bei intra- oder postoperativen Komplikationen oder bei polytraumatisierten Patienten nach einem schweren Trauma (Cheng et al., 2018; Geldner et al., 2017).

Fast die Hälfte der Patienten in der Studie wurden für mindestens eine Nacht auf der Intensivstation betreut. Diese Daten lassen Rückschlüsse auf die Invasivität des operativen Eingriffs zu und deuten auf ein Patientenkollektiv mit multiplen Vorerkrankungen hin. Majoramputationen haben eine hohe postoperative Mortalitätsrate, sodass eine initiale intensivmedizinische Überwachung häufig indiziert ist (Van Netten et al., 2016). Eine alternative Erklärungsmöglichkeit besteht darin, dass die Grundkrankheit eine Versorgung auf der Intensivstation erforderlich machte und im Rahmen dieser Erkrankung eine Majoramputation durchgeführt wurde. Vor allem die nekrotisierende Fasziiitis und der septische Schock sind Erkrankungen, mit denen eine hohe Sterblichkeit verbunden ist und demnach mit langen Krankenhausaufenthalten und Behandlungen auf der Intensivstation einhergehen (Fleischmann-Struzek et al., 2020; Leiblein et al., 2018).

4.2.1.7 Stationärer Verlauf

In dieser Studie wurde eine durchschnittliche Zeitspanne von $13,83 \pm 17,10$ Tagen zwischen der stationären Aufnahme und dem operativen Eingriff festgestellt. Diese Daten unterstreichen die möglichen erheblichen Auswirkungen einer Majoramputation auf das körperliche Wohlbefinden. Es wird häufig präinterventionell eine gründliche Diagnostik durchgeführt und alternative Therapieoptionen ausgeschöpft, bevor die Durchführung einer Majoramputation in Betracht gezogen wird. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie passen zu den gewonnenen Daten von Bosse et al. aus dem Jahr

2002. Es wurde im New England Journal of Medicine beschrieben, dass durch den medizinischen und chirurgischen Fortschritt in den letzten Jahrzehnten die Indikation zur Amputation später gestellt wurde und häufig komplexe Rekonstruktionen und Therapien initial durchgeführt wurden (Bosse et al., 2002). Die Frage nach dem besseren Behandlungsergebnis bleibt weiterhin offen, da sie stark von individuellen psychologischen Faktoren in Verbindung mit dem Verlust einer Gliedmaße und den zahlreichen operativen Eingriffen sowie wiederholten Krankenhausaufenthalten abhängt. Im Verlauf ist auch nach rekonstruktiven Therapien eine verzögerte Majoramputation bei rezidivierenden Krankenhausaufenthalten und unkontrollierbaren Schmerzen möglich (Huh et al., 2011).

In 16 Fällen wurde die Majoramputation am Tag der stationären Aufnahme durchgeführt. Dies spricht für unvermeidbare notfallmäßige Majoramputationen. Eine Indikation für eine notfallmäßige Majoramputation ist zum Beispiel die nekrotisierende Faszitis mit septischem Schock. Bei dieser Erkrankung sind Pathogene über unterschiedliche Eintrittspforten in den Körper gelangt und verbreiten sich weiter entlang der Faszien. In Fällen von multiplen Vorerkrankungen und einer verspäteten Diagnosestellung kann eine notfallmäßige Majoramputation aufgrund eines septischen Schocks und der damit einhergehenden erhöhten Mortalität indiziert sein (Claessen et al., 2018; Kückelhaus et al., 2017). Weiterhin ist eine traumatische Verletzung eine Indikation, bei der eine sofortige Majoramputation durchgeführt werden sollte. Vor allem bei Patienten mit subtotalen Amputationen oder bei polytraumatisierten Patienten mit einem instabilem Kreislauf und schwerster Extremitätenverletzung sollte frühzeitig die Entscheidung für eine Majoramputation getroffen werden (Krettek et al., 2016).

In der vorliegenden wissenschaftlichen Untersuchung zeigte sich, dass bei fast 50% der Patienten rezidivierende stationäre Aufenthalte und Wundheilungsstörungen dokumentiert wurden. Bei über 70% der untersuchten Patienten manifestierte sich mindestens eine neu diagnostizierte postoperative Komplikation. Diese Beobachtungen bestätigen die bereits diskutierten Ergebnisse und unterstreichen, dass Majoramputationen häufig im Zusammenhang mit wiederholenden Eingriffen, verlängerten Krankenhausaufenthalten durch Wundheilungsstörungen und einer hohen Anzahl an Komplikationen stehen. Auffällig hierbei ist vor allem, dass die häufigste Komplikation eine erneute operative Intervention während des initialen stationären Aufenthaltes war. Diese Erkenntnisse sind mit der retrospektiven Analyse von Majoramputation der

unteren Extremität von Chopra et al. vergleichbar. Chopra et al. beschrieben im Jahr 2018, dass bei 52% der Patienten Komplikationen im Rahmen der Majoramputation an der unteren Extremität auftreten, wobei vor allem Stürze, Wundheilungsstörungen und chirurgische Revisionen dabei entstehen würden. Weiterhin wird beschrieben, dass diese Rate der Komplikationen in den letzten 30 Jahren fast konstant blieb (Chopra et al., 2018). In anderen Forschungsarbeiten wird zwar ein signifikanter Rückgang von Komplikationen wie Wundinfektionen und Revisionen nach Majoramputationen festgestellt, dennoch weisen auch diese Studien nach wie vor hohe Komplikationsraten von ca. 45% auf (Kelly et al., 2017).

Es zeigt sich, dass durch die Weiterentwicklung von Therapien und Vorsorgeprogrammen im Bereich der pAVK, des Diabetes Mellitus und von Infektionen möglicherweise ein leichter Fortschritt festzustellen ist, dennoch ist die Komplikationsrate weiterhin hoch.

Huh et al. berichteten, dass Patienten, bei denen zunächst eine rekonstruktive Operation durchgeführt wurde, signifikant höhere Raten wiederholter Krankenhausaufenthalte aufwiesen im Vergleich zu Patienten mit einer primären Majoramputation (Huh et al., 2011). Gleichwohl fällt in den vorliegenden Daten auf, dass bei ca. 50% der Patienten ein alleiniger Krankenhausaufenthalt für die Behandlung und Versorgung der Majoramputation nicht ausreichend war. Dies deutet darauf hin, dass trotz einer definitiven Lösung mittels Majoramputation weiterhin eine erhöhte Anzahl von Krankenhausaufenthalten nötig waren. Dies ist möglicherweise auf regelmäßig bestehenden Wundheilungsstörungen und Stumpfinfektionen zurückzuführen (Chopra et al., 2018; El-Sabbagh, 2017; Vaznaisiene et al., 2013). Eine weitere Ursache können nicht kontrollierbare Phantomschmerzen im Bereich der Majoramputation sein. Studien zeigten, dass bei nicht ausreichender medikamentöser Therapie eine chirurgische Intervention erneut nötig sein kann (Modest et al., 2020).

Diese Erkenntnisse könnten für den klinischen Einsatz von erheblicher Bedeutung sein, da mögliche Anpassungen im postoperativen Verlauf in Betracht gezogen werden können. Es stellt sich die Frage, ob eine vermehrte Nachsorge in spezialisierten Zentren für die Patienten erwogen werden sollte. In den vorliegenden Daten stellten sich die Patienten häufig erst bei bestehenden Komplikationen wieder stationär in der Klinik vor, was in der Folge weitere Krankenhausaufenthalte notwendig machte.

4.2.1.8 Outcome

In der vorliegenden Studie variiert die Verweildauer der Patienten erheblich. Die durchschnittliche Verweildauer von $38,49 \pm 26,75$ Tagen deutet auf die grundsätzlich aufwendige Prozedur und die beschriebene erhöhte Komplikationsrate hin. Nach einer Majoramputation kann in einigen Fällen eine zeitnahe Rehabilitation erfolgen. Gleichzeitig erfordert die Behandlung anderer Patienten einen 5-monatigen stationären Aufenthalt. Die Spannweite und Differenzen sind gut vergleichbar mit den Daten von Chopra et al. Im Jahr 2018 berichteten Chopra et al. in ihren Daten über Majoramputationen an den unteren Extremitäten bei Patienten an der Oregon Health & Science University von einer durchschnittlichen Verweildauer von 34,1 Tagen mit einer Standardabweichung von 75,4 Tagen (Chopra et al., 2018).

Von den in dieser Studie untersuchten Patienten waren nach der Majoramputation 10 Patienten weiterhin in der Lage ihre Arbeitsfähigkeit aufrechtzuerhalten, während bei 25 Patienten eine Arbeitsunfähigkeit festgestellt wurde.

Diese Daten sind mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht repräsentativ, da im Rahmen dieser retrospektiven Analyse die Beurteilung der möglichen Arbeitsfähigkeit während des stationären Aufenthaltes der Majoramputation getroffen wurde. Darter et. al. beschrieben, dass eine Rehabilitation mindestens 1 Jahr benötigte, teilweise auch länger, um eine ausreichende selbstständige Mobilisation zu erreichen. Damit ist es ersichtlich, dass eine Beurteilung der Arbeitsfähigkeit zum Zeitpunkt des Primäraufenthaltes nicht aussagekräftig getroffen werden kann.

Um eine endgültige Aussage bzgl. der Arbeitsfähigkeit nach einer Majoramputation treffen zu können, muss ein längerer prospektiver Zeitraum mit weitergehender Behandlung und einer Verlaufsdokumentation auch nach einer möglichen längeren Rehabilitationsphase erhoben werden. Anschließend könnte man weitergehende Aussagen bezüglich des Einflusses einer Majoramputation auf die Arbeitsfähigkeit treffen. Die Einschätzung deckt sich mit den Aussagen von Darter et al. aus dem Jahr 2018.

4.2.2 Interferenzstatistik

Im Rahmen der Interferenzstatistik wurde eine Analyse durchgeführt, um die Abhängigkeiten der Art der Entlassung von Geschlecht, Operationsdaten, stationärem Verlauf und Outcome zu beurteilen. Anhand der Art der Entlassung können auch Rückschlüsse auf das Outcome der Patienten gezogen werden.

In der Untersuchung der Entlassungsmodalitäten in Bezug auf das Geschlecht ergab sich, dass von den 9 verstorbenen Patienten 7 (77,8%) männlichen Geschlechts waren. Unter Berücksichtigung eines Gesamtanteils von 80,2% männlicher Patienten mit Majoramputation in dieser Studie liegen keine statistisch signifikanten Anhaltspunkte vor, dass das Geschlecht als Risikofaktor für ein negatives Outcome betrachtet werden sollte. In vergleichbaren Untersuchungen konnte das Geschlecht ebenfalls nicht als alleiniger Risikofaktor identifiziert werden (Kalbaugh et al., 2020; Kelly et al., 2017; Thorud et al., 2016).

Weiterhin sind ausschließlich Patienten mit einer Majoramputation der unteren Extremitäten verstorben. Vor allem eine Oberschenkelamputation zeigt sich als relevanter Risikofaktor für ein negatives Outcome. Diese Erkenntnis lässt sich mit den Daten von Thorud et al. vergleichen. Im Jahr 2016 identifizierten Thorud et al. bei nicht traumatischen Majoramputationen ebenfalls eine proximale Majoramputation als einen signifikanten Risikofaktor (Thorud et al., 2016). Weiterhin beschrieben Van Netten et al. eine signifikant erhöhte postoperative Mortalität bei Patienten mit einer Oberschenkelamputation. Die Oberschenkelamputation weist im Vergleich zu anderen Amputationen eine größere Wundfläche und eine erhöhte Invasivität auf. Infolgedessen besteht ein erhöhtes Risiko für Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen (Van Netten et al., 2016). Weiterhin haben Patienten mit einer Oberschenkelamputation eine verminderte initiale Mobilität und einen erschwerten Umgang mit der Prothese (Darter et al., 2018). Ebenfalls ist bekannt, dass eine verlängerte Immobilisation zu Komplikationen wie einer Pneumonie führen kann und dementsprechend zu einer erhöhten Mortalität (Klompas, 2019).

Die Gegenüberstellung des stationären Verlaufs mit der Art der Entlassung zeigt, dass von insgesamt 12 Patienten, die eine akute Nierenschädigung entwickelten, 50% der Patienten im weiteren stationären Verlauf verstarben. Diese Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit den Erkenntnissen von Klaphage et al. In einer Analyse der Mortalität von Patienten mit einer Majoramputation nach chronischer Extremitätenischämie wurde das erhöhte Alter und eine Nierenfunktionseinschränkung als signifikante

Risikofaktoren für die Mortalität detektiert (Klaphake et al., 2017). Auch Thorud et al. konnten einen Zusammenhang zwischen einer eingeschränkten Nierenfunktion und einer erhöhten Mortalität im Rahmen einer Majoramputation feststellen. Eine stark eingeschränkte Nierenfunktion beeinträchtigt die Wundheilung durch ein bestehendes Flüssigkeitsungleichgewicht mit der Ausbildung von Ödemen, verzögerter Granulation, und vermehrter Toxine im Blut. Infolgedessen steigt die Wahrscheinlichkeit für Infektionen (Beyene et al., 2020; Kalbaugh et al., 2020). Die erhöhte Mortalität bei einer akuten Nierenschädigung im Rahmen einer Majoramputation wird durch die Resultate der Wundheilungsstörungen bestätigt. Von den 9 verstorbenen Patienten wiesen 7 (77,8%) Wundheilungsstörungen auf. Diese Ergebnisse legen nahe, dass Wundheilungsstörungen und ihre zugrunde liegenden Ursachen als Risikofaktoren für ein negatives Outcome definiert werden können.

19 Patienten mit Wundheilungsstörungen wurden nach Hause entlassen. Dies ist möglicherweise mit der nicht gegebenen Rehabilitationsfähigkeit zu begründen. Für eine optimale stationäre Rehabilitation muss der Wundstumpf in einem entzündungs- und infektionsfreien Zustand sein, damit ein ausreichendes Prothesentraining erfolgen kann (Greitemann et al., 2019). Es ist davon auszugehen, dass durch die erlittenen Wundheilungsstörungen während des stationären Aufenthaltes die Rehabilitation verzögert wurde. Die Frage nach einem sich anschließendem verschlechterten Outcome lässt sich anhand der vorliegenden Daten nicht beantworten.

Von 7 Patienten, die während des stationären Aufenthaltes eine nosokomiale Pneumonie erlangten, verstarben im Verlauf 3 (42,9%). Es wird eine allgemeine Letalität einer nosokomialen Pneumonie von 10-47% angegeben, sodass hier statistisch von keinem signifikanten Zusammenhang mit einer Majoramputation auszugehen ist, wenngleich der vorliegende Wert am oberen Ende der beschriebenen Letalität liegt (Muscedere et al., 2010).

Von 12 Patienten mit einer diagnostizierten Sepsis verstarben 5 (41,7%) während des stationären Aufenthaltes bezogen auf ihre Majoramputation. Eine Sepsis und der septische Schock sind mit einer allgemeinen hohen Sterblichkeitsrate im Krankenhaus unabhängig von den grundlegenden Ursachen der Hospitalisierung verbunden. Die Mortalität wird im Durchschnitt mit 30% für die Sepsis und 40-60% für den septischen Schock angegeben (Cecconi et al., 2018; Vincent et al., 2014). In diesem Kontext ist von keinem direkten Zusammenhang mit der Majoramputation auszugehen.

Weiterhin ist im Bereich des Outcomes auffällig, dass 21 Patienten mit einem Recovery Index von 2 aus dem Krankenhaus nach Hause entlassen wurden. Ein Recovery Index von 2 bedeutet, dass die Patienten in der Klinik weiterhin ein deutliches Optimierungspotential im Bereich ihrer Rehabilitation aufweisen. Der Index zeigt, dass diese Patienten noch nicht in der Lage sind sich vollständig selbst zu versorgen und eine ausreichende Mobilität nicht gewährleistet ist. Fraglich ist, warum diese Patienten nicht in eine anschließende stationäre Rehaklinik verlegt, sondern nach Hause entlassen wurden. Es liegen gleichzeitig keine Informationen über eine mögliche ambulante Durchführung der Rehabilitation dieser Patienten vor.

In den letzten Jahren wurde der ambulante Bereich der Rehabilitationsversorgung deutlich ausgebaut (Krauth & Bartling, 2017). Die Rehabilitationsleitlinie von Majoramputationen aus dem Jahr 2019 empfiehlt weiterhin allen Patienten eine stationäre Rehabilitation durchzuführen. Diese Empfehlung wird mit den häufig multiplen Vorerkrankungen, die wir in dieser Studie bestätigen konnten und dem initial schwierigen Umgang mit Prothesen begründet (Greitemann et al., 2019). Es stellt sich für die Zukunft sicherlich die Frage, inwieweit das Outcome durch eine ambulante oder stationäre Rehabilitation beeinflusst wird.

Weiterhin wurden 7 Patienten mit einem Recovery Index von 1 nach Hause entlassen. Laut Leitlinie gibt es hierfür zwei mögliche Ursachen und Indikationen. Aufgrund der multiplen Vorerkrankungen ist eine Rehabilitationsfähigkeit nicht gegeben. Ursachen hierfür könnten eine nicht ausreichende Wundheilung oder weiterhin bestehende Infektionen sein. Weiterhin wäre eine eingeschränkte psychische und physische Belastbarkeit eine mögliche Ursache (Greitemann et al., 2019).

Der Recovery Index zeigt zusätzlich, dass 7 Patienten mit einem Recovery-Index von 3 nach Hause entlassen wurden. Mögliche Ursachen hierfür sind, dass sich die Patienten aufgrund eines bereits sehr langwierigen und anstrengenden Klinikaufenthalt zunächst eine Entlassung nach Hause wünschten und somit erst im Verlauf eine weitergehende stationäre oder ambulante Rehabilitation durchführten.

4.2.3 Signifikanztestung

Mit einer Verkürzung und Optimierung der Krankenhausverweildauer können zum einen erhebliche Kosten gespart werden, zum anderen besteht die Möglichkeit das Outcome der Patienten durch eine Reduktion Krankenhaus-assoziiierter Komplikationen zu beeinflussen (Essien & Zucker-Levin, 2021).

In dieser Studie konnte zum Zeitpunkt der Majoramputation kein signifikanter Einfluss des Alters ($p=0,738$) oder des Geschlechts ($p=0,962$) auf die Krankenhausverweildauer festgestellt werden. Diesbezüglich konnten keine vergleichbaren Studien gefunden werden. Klaphake et al. und van Netten et al. beschreiben allerdings eine signifikante Korrelation eines erhöhten Alters mit einer steigenden Mortalität bei Patienten nach einer Majoramputation (Klaphake et al., 2017; Van Netten et al., 2016). Darter et al. beschrieben ebenfalls einen Einfluss des Alters auf die Zeit der Rehabilitation und in Folge der altersbedingten körperlichen Einschränkungen auch eine verlängerte Heilungsphase (Darter et al., 2018). Eine möglich Ursache für diese Diskrepanz könnte in einer reduzierten Aussagekraft aufgrund der geringen Anzahl an Patienten liegen. Weiterhin ist es möglich, dass durch die Datensammlung einer unfallchirurgischen Klinik vermehrt jüngere Patienten mit sehr schweren traumatologischen Verletzungen und folglich zahlreichen Re-Operationen eingeschlossen wurden. Die Krankenhausverweildauer wurde so beeinflusst und das Alter konnte nicht als signifikanter Faktor für eine verlängerte Krankenhausverweildauer dargestellt werden. Eine abschließende Klärung dieser Frage steht dementsprechend aus.

Hinsichtlich der Anzahl der Operationen zeigte sich eine signifikante Korrelation der Krankenhausverweildauer mit der Zunahme der durchgeführten Operationen ($p=0,001$). Dieses Resultat ist im Einklang mit den Erkenntnissen von Conte et al. und im Allgemeinen ein zu erwartendes Ergebnis. Re-Amputationen und wiederholte chirurgische Eingriffe beeinträchtigen die Rehabilitation, führen zu einer Verlängerung des stationären Krankenhausaufenthaltes und gehen schlussendlich mit einer erhöhten Morbidität und Mortalität einher (Conte et al., 2019).

Der CRP-Wert bei Aufnahme zeigte keine signifikanten Hinweise für eine Beeinflussung der Krankenhausverweildauer ($p=0,883$). Die Krankenhausverweildauer und der postoperativ erhobene CRP-Wert korrelieren hingegen signifikant positiv bei einer mittleren Stärke ($p=0,003$). Ein erhöhtes CRP kann als Akute-Phase-Protein als Hinweis auf eine postoperative Inflammation gesehen werden, gleichzeitig ist ein Anstieg durch den operativen Eingriff selbst möglich. Studien beschreiben allgemein ein postoperativ erhöhtes CRP als Marker für eine erhöhte Mortalität und negatives Outcome bei älteren Patienten (Shin et al., 2018; Van Netten et al., 2016). Weiterhin kann

ein Vergleich zu den Daten von Kim et al. gezogen werden. Sie beschrieben im Jahr 2016 den signifikanten Einfluss von inflammatorischen Reaktionen auf eine verlängerte Krankenhausverweildauer bei diabetischen Fußulcera (Kim et al., 2016). Die Tatsache, dass lediglich der postoperativ erhöhte CRP-Wert einen signifikanten Einfluss auf die Krankenhausverweildauer hat, spricht am ehesten für einen direkten Zusammenhang mit dem operativen Eingriff und möglichen chirurgischen Komplikationen.

Die Krankenhausverweildauer bei dem Nachweis eines multiresistenten Keims war länger als bei dem Nachweis eines nicht-multiresistenten Keims ($p=0,043$). Trotz eingehender Recherche konnten keine Studien gefunden werden, die vergleichbar wären. Allgemein ist die Therapie von multiresistenten Keimen aufgrund der schwierigen und meist komplexen Antibiotikatherapie langwieriger und begründet einen verlängerten Krankenhausaufenthalt (D'Agata et al., 2008). Dementsprechend liegt ein erwartbares Ergebnis vor.

Die Anzahl der Tage auf der Intensivstation korrelierte signifikant und positiv mit der allgemeinen Krankenhausverweildauer ($p=0,002$). Eine zusätzliche Signifikanz wurde festgestellt, wenn der Patient invasiv beatmet wurde ($p=0,000$). Verlängerte Aufenthalte auf der Intensivstation gehen mit einem erhöhten Risiko für Komplikationen infektiöser Genese und einer erhöhten Mortalität einher (Laupland et al., 2006). Selbst nach Abschluss der intensivmedizinischen Therapie ist häufig mit zusätzlichen Komplikationen und einer gesteigerten Mortalität während des stationären Verlaufs zu rechnen (op't Hoog et al., 2022). Infolgedessen ist eine verlängerte Krankenhausaufenthaltsdauer bei Patienten, die im Rahmen einer Majoramputation intensivmedizinisch versorgt werden, als sinnhaftes Ergebnis zu betrachten.

In Bezug auf die postoperativen Komplikationen zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang einer postoperativen akuten Nierenschädigung ($p=0,016$), und postoperativen Wundheilungsstörungen ($p=0,000$) mit einer anschließend verlängerten Krankenhausverweildauer. Diese Daten unterstützen die in 4.2.2 beschriebenen Ergebnisse hinsichtlich einer akuten Nierenschädigung und Wundheilungsstörungen mit daraus resultierender erhöhter Mortalität. Diese beiden Faktoren beeinflussen signifikant die Krankenhausverweildauer und daraus resultierend, aber auch unabhängig, das Outcome.

4.3.1 Kritische Beurteilung der Methoden

Die vorliegende Arbeit weist mehrere Limitationen auf, die bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden müssen. Zum einen handelt es sich um eine retrospektive Analyse, bei der ausschließlich auf bereits vorliegende Dokumentationen zurückgegriffen werden konnte. Infolgedessen unterliegt die Datenqualität erheblichen Schwankungen, da sie stark von der Genauigkeit und Vollständigkeit der ursprünglichen klinischen Aufzeichnungen abhängig ist.

Ein relevanter Aspekt, der in der vorliegenden Analyse nicht abgebildet werden konnte, betrifft psychosoziale Einflussfaktoren, die postoperative Arbeitsfähigkeit sowie das langfristige klinische Outcome. Diese Aspekte wurden in der alltäglichen klinischen Dokumentation sowie in den Entlassungsberichten nur selten oder gar nicht erfasst, was eine umfassende Beurteilung der Patientensituation über den stationären Aufenthalt hinaus deutlich erschwert.

Zudem erfolgte die Datenerhebung ausschließlich in der Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie, wodurch eine selektive Stichprobe entstand. Patientinnen und Patienten aus anderen Fachdisziplinen, etwa der Gefäßchirurgie oder anderen operativen Bereichen, wurden nicht berücksichtigt. Diese Einschränkung kann zu einer begrenzten Übertragbarkeit der Ergebnisse auf ein breiteres Patientenkollektiv führen und mögliche Verzerrungen in der Datenlage begünstigen. Somit ist nicht auszuschließen, dass sich die Ergebnisse von vergleichbaren Studien mit anderen Patientenkollektiven oder in interdisziplinären Kontexten unterscheiden.

4.3.2 Schlussfolgerung

Die grundlegende Ursache einer Majoramputation liegt häufig in bestehenden Vorerkrankungen wie der pAVK, dem Diabetes Mellitus, Infektionen, sowie traumatischen Ereignissen. Die deutliche Mehrheit der Majoramputationen wird folglich an den unteren Extremitäten durchgeführt. Die Analyse ergab, dass Oberschenkelamputationen im Vergleich zu anderen Majoramputationen am häufigsten mit einem ungünstigen Outcome assoziiert sind. Weiterhin konnten akute Nierenschädigungen und postoperative Wundheilungsstörungen als signifikante Risikofaktoren für ein negatives Outcome identifiziert werden. Der postoperative Verlauf von Majoramputationen ist häufig von zahlreichen Komplikationen geprägt. Wundheilungsstörungen, häufig auch einhergehend mit bestehenden bakteriellen Infektionen, führen zu verlängerten

Krankenhausverweildauern und im Verlauf zu einem verschlechterten Outcome. Es zeigt sich zusätzlich, dass durch häufige Re-Operationen und dem Nachweis von multiresistenten Keimen das Outcome negativ beeinflusst wird. Man kann als Konsequenz formulieren, dass im Rahmen drohender Majoramputationen in Zukunft eine Ausweitung der mikrobiologischen Diagnostik bei jedem Patienten standardisiert frühzeitig erfolgen sollte. Weiterhin sollte die postoperative Therapie hinsichtlich bestehender Wundheilungsstörungen intensiviert werden. Möglicherweise gilt hier ein erhöhtes postoperatives CRP als infrage kommender Marker. Weiterhin sollten postoperativ regelmäßig laborchemische und klinische Kontrollen erfolgen, um negativ beeinflussende Faktoren wie eine akute Nierenschädigung und erhöhte Entzündungsparameter schnell behandeln zu können. Die Rate der rezidivierenden stationären Aufenthalte ist sehr hoch, sie könnte unter Umständen durch eine ambulante Nachsorge in spezialisierten Zentren verringert werden. Möglicherweise könnte die Hospitalisierungsrate durch die Implementierung eines standardisierten Nachsorgekonzepts in spezialisierten Zentren reduziert werden. Es verbleibt die Frage, ob eine frühzeitige Majoramputation gegenüber dem Versuch einer Gliedmaßen-erhaltenden Therapie Vorteile hat. In diesem Kontext erscheint eine optimierte Datenqualität mittels einer prospektiven Studie sinnvoll, bei der Patienten in Abhängigkeit von ihrer Therapie kontinuierlich begleitet werden und deren Lebensqualität und Arbeitsfähigkeit regelmäßig anhand eines standardisierten Fragebogens dokumentiert werden. Schließlich sollte auch die Beurteilung des psychischen Wohlbefindens der Patienten eine Berücksichtigung finden.

5. Zusammenfassung

Eine Majoramputation ist definiert als eine Abtrennung einer Gliedmaße oberhalb der Knöchel- oder Handregion. Es handelt sich hierbei um Operationen, die in Folge von Infektionen, Ischämien, Tumoren oder traumatischen Ereignissen durchgeführt werden. Es werden jährlich ca. 16.000 Majoramputationen in Deutschland durchgeführt. Dabei kann eine Majoramputation ein lebensveränderndes Ereignis sein, das das körperliche und geistige Wohlbefinden eines Menschen erheblich beeinträchtigen kann. Eine große Anzahl an Patienten leiden unter Infektionen, wiederholenden Operationen und postoperativen Wundheilungsstörungen. Der Rehabilitationsverlauf ist schwer vorhersehbar und der klinische Entscheidungspfad bis zur Majoramputation gestaltet sich als komplex.

Ziel dieser Arbeit war die Beschreibung der Epidemiologie und des klinischen Verlaufs dieser Art von Majoramputation. Weiterhin wurde die Frage nach Risikofaktoren und Prädispositionen für ein negatives Outcomes gestellt, um möglicherweise Aussagen zur optimierten Nachsorge stellen zu können. Der Analysezeitraum der retrospektiven Studie lag zwischen 2009 und 2020. Es wurden 81 Patienten untersucht. Neben der deskriptiven Statistik wurde eine Interferenzstatistik mit Signifikanztestungen durchgeführt. Dabei wurde die Krankenhausverweildauer gegenüber unabhängigen Variablen getestet. Nach Möglichkeit wurden parametrische Testverfahren angewendet. Bei Abweichungen von einer annähernden Normalverteilung der jeweiligen Daten oder Nichterfüllung anderer Testvoraussetzungen wurden nichtparametrische Tests angewendet. Ein p-Wert von $<0,05$ wurde als signifikant definiert.

Die Studienergebnisse zeigen, dass Oberschenkelamputationen im Vergleich zu anderen Majoramputationen häufiger mit einem negativen Outcome verbunden sind. Akute Nierenschäden und postoperative Wundheilungsstörungen wurden als signifikante Risikofaktoren für ein negatives Outcome identifiziert. Der postoperative Verlauf von Majoramputationen ist durch zahlreiche Komplikationen, insbesondere Wundheilungsstörungen mit bakteriellen Infektionen, gekennzeichnet. Daraus resultierend entstehen verlängerte Krankenhausverweildauern. Re-Operationen und der Nachweis multiresistenter Keime beeinflussen das Ergebnis ebenfalls negativ.

Eine Schlussfolgerung dieser Studie ist einerseits die frühzeitige Standardisierung der mikrobiologischen Diagnostik und andererseits eine Intensivierung der postoperativen Therapie und Überwachung bei bestehenden Wundheilungsstörungen. Ein erhöhter

postoperativer CRP-Wert sollte dabei als ein zusätzlich hinweisender Marker dienen. Die hohe Rate rezidivierender stationärer Aufenthalte könnte möglicherweise durch eine ambulante Nachsorge in spezialisierten Zentren reduziert werden. In diesem Zusammenhang erscheint eine Optimierung der Datenqualität durch eine prospektive Studie sinnvoll zu sein, bei der Patienten kontinuierlich begleitet werden. Die bisher schwierig retrospektiv zu beurteilenden Aspekte, wie Lebensqualität, Arbeitsfähigkeit und psychisches Wohlbefinden der Patienten sollten folglich regelmäßig dokumentiert und ausgewertet werden.

6. Literaturverzeichnis

Literaturprogramm: Mendeley Reference Manager

- Aday, A. W., & Matsushita, K. (2021). Epidemiology of peripheral artery disease and polyvascular disease. *Circulation Research*, 128(12), 1818–1832.
- Alberts, M., Bhatt, D., Mas, J., Ohmann, M., Hirsch, A., Röther, J., Salette, G., Goto, S., & Steg, G. (2009). Three-year follow-up and event rates in the international reduction of atherothrombosis for continued health registry. *European Heart Journal*, 30(19), 2318–2326.
- Ammendola, M., Sacco, R., Butrico, L., Sammarco, G., de Franciscis, S., & Serra, R. (2016). The care of transmetatarsal amputation in diabetic foot gangrene. *International Wound Journal*, 14(1), 9–15.
- Armstrong, E. J., & Armstrong, D. G. (2021). Critical limb ischemia. *Vascular Medicine (United Kingdom)*, 26(2), 228–231.
- Bauer, H., Germann, G., Gries, A., Imig, H., Morbach, S., Riepe, G., Rothe, U., Rümenapf, G., Stiegler, H., Tepe, G., Uebel, T., Weck, M., & Witte, M. (2010). *Nationale Versorgungsleitlinie: Typ-2-Diabetes Präventions- und Behandlungsstrategien für Fußkomplikationen* (Version 2.8). Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften (AWMF), Bundesärztekammer (BÄK), Kassenärztliche Bundesvereinigung (KBV) . <http://www.baek.de>
- Beyene, R. T., Derryberry, S. L., & Barbul, A. (2020). The effect of comorbidities on wound healing. *Surgical Clinics of North America*, 100(4), 695–705.
- Borges, W. R., de Carvalho, A. T. Y., & Junior, R. A. (2017). Predictors of major amputation. *Internal and Emergency Medicine*, 12(7), 1079–1080.
- Bosse, M. J., MacKenzie, E. J., Kellam, J. F., Burgess, A., Webb, L. X., Swiontkowski, M. F., Sanders, R., Jones, A. L., MacAndrew, M. P., Patterson, B. M., MacCarthy, M. L., Trivison, T. G., & Castillo, R. C. (2002). An analysis of outcomes of reconstruction or amputation of leg-threatening injuries. *The New England Journal of Medicine*, 347(24), 1924–1931.
- Bouwstra, H., Smit, E. B., Wattel, E. M., van der Wouden, J. C., Hertogh, C. M. P. M., Terluin, B., & Terwee, C. B. (2019). Measurement properties of the Barthel Index in geriatric rehabilitation. *Journal of the American Medical Directors Association*, 20(4), 420-425.e1.

- Casali, P. G., Blay, J. Y., Bertuzzi, A., Bielack, S., Bjerkeheggen, B., Bonvalot, S., Boukovinas, I., Bruzzi, P., Tos, A. P. D., Dileo, P., Eriksson, M., Fedenko, A., Ferrari, A., Ferrari, S., Gelderblom, H., Grimer, R., Gronchi, A., Haas, R., Hall, K. S., ... Vleggert-Lankamp, C. L. A. (2014). Bone sarcomas: ESMO clinical practice guidelines for diagnosis, treatment and follow-up. *Annals of Oncology*, 25, iii113–iii123.
- Cecconi, M., Evans, L., Levy, M., & Rhodes, A. (2018). Sepsis and septic shock. *The Lancet*, 392(10141), 75–87.
- Cheng, H., Clymer, J. W., Po-Han Chen, B., Sadeghirad PhD, B., Ferko, N. C., Cameron, C. G., & Hinoul, P. (2018). Prolonged operative duration is associated with complications: a systematic review and meta-analysis. *Journal of Surgical Research*, 229, 134–144.
- Chopra, A., Azarbal, A. F., Jung, E., Abraham, C. Z., Liem, T. K., Landry, G. J., Moneta, G. L., & Mitchell, E. L. (2018). Ambulation and functional outcome after major lower extremity amputation. *Journal of Vascular Surgery*, 67(5), 1521–1529.
- Christiansen, C. L., Fields, T., Lev, G., Stephenson, R. O., & Stevens-Lapsley, J. E. (2015). Functional outcomes after the prosthetic training phase of rehabilitation after dysvascular lower extremity amputation. *PM and R*, 7(11), 1118–1126.
- Claessen, H., Narres, M., Haastert, B., Arend, W., Hoffmann, F., Morbach, S., Rümenapf, G., Kvitkina, T., Friedel, H., Günster, C., Schubert, I., Ullrich, W., Westerhoff, B., Wilk, A., & Icks, A. (2018). Lower-extremity amputations in people with and without diabetes in germany, 2008–2012 – an analysis of more than 30 million inhabitants. *Clinical Epidemiology*, 10, 475–488.
- Conte, M. S., Bradbury, A. W., Kolh, P., White, J. V., Dick, F., Fitridge, R., Mills, J. L., Ricco, J. B., Suresh, K. R., Murad, M. H., Aboyans, V., Aksoy, M., Alexandrescu, V. A., Armstrong, D., Azuma, N., Belch, J., Bergoeing, M., Bjorck, M., Chakfé, N., ... Wang, S. (2019). Global vascular guidelines on the management of chronic limb-threatening ischemia. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 58(1), S1-S109.e33.
- D'Agata, E. M. C., Dupont-Rouzeyrol, M., Magal, P., Olivier, D., & Ruan, S. (2008). The impact of different antibiotic regimens on the emergence of antimicrobial-resistant bacteria. *PLoS ONE*, 3(12), 1–9.
- Darter, B. J., Hawley, C. E., Armstrong, A. J., Avellone, L., & Wehman, P. (2018). Factors influencing functional outcomes and return-to-work after amputation: A review of the literature. *Journal of Occupational Rehabilitation*, 28(4), 656–665.

- Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information (DIMDI) im Auftrag des Bundesministeriums für Gesundheit. (2020). Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) Operationen und Prozeduren der vollstationären Patientinnen und Patienten in Krankenhäusern (4-Steller) - 2019. In <https://www.dimdi.de/static/de/klassifikationen/ops/kode-suche/opshtml2019/> (pp. 1–71).
- Diehm, C., Allenberg, J. R., Pittrow, D., Mahn, M., Tepohl, G., Haberl, R. L., Darius, H., Burghaus, I., & Trampisch, H. J. (2009). Mortality and vascular morbidity in older adults with asymptomatic versus symptomatic peripheral artery disease. *Circulation*, 120(21), 2053–2061.
- Dillingham, T. R., & Pezzin, L. E. (2008). Rehabilitation setting and associated mortality and medical stability among persons with amputations. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 89(6), 1038–1045.
- Dirksen, U., & Jürgens, H. (2014). Leitlinie Ewing-Sarkome des Kindes-und Jugendalters. *Deutsche Gesellschaft Für Pädiatrische Onkologie Und Hämatologie - AWMF Online*, 1–14. <http://clinicaltrials.gov/show/NCT00987636>
- El-Sabbagh, A. H. (2017). Negative pressure wound therapy: An update. *Chinese Journal of Traumatology - English Edition*, 20(2), 103–107.
- Essien, S. K., & Zucker-Levin, A. (2021). Factors associated with prolonged post-operative acute care length of stay in limb amputation patients in Saskatchewan, Canada. *BMC Health Services Research*, 21(1), 1–9.
- Fleischmann-Struzek, C., Mellhammar, L., Rose, N., Cassini, A., Rudd, K. E., Schlattmann, P., Allegranzi, B., & Reinhart, K. (2020). Incidence and mortality of hospital- and ICU-treated sepsis: results from an updated and expanded systematic review and meta-analysis. In *Intensive Care Medicine* Vol. 46, Issue 8, pp. 1552–1562.
- Gaillard, J., Fouasson-Chailloux, A., Eveno, D., Bokobza, G., Da Costa, M., Heidar, R., Pouedras, M., Nich, C., Gouin, F., & Crenn, V. (2022). Rotationplasty salvage procedure as an effective alternative to femoral amputation in an adult with a history of osteosarcoma: a case report and review. *Frontiers in Surgery*, 8, 1–9.
- Geldner, G., Karst, J., Wappler, F., Zwissler, B., Kalbe, P., Obertacke, U., Schwenk, W., & Pauschinger, M. (2017). Präoperative Evaluation erwachsener Patienten vor elektiven, nicht herz-thoraxchirurgischen Eingriffen. Gemeinsame Empfehlung der DGAI, DGCH und DGIM. *Anesthesiologie Und Intensivmedizin*, 58(6), 349–364.

- Greitemann, B., Bork, H., Braatz, F., Büttner, C., Brückner, L., Grünther, R. A., Kaiser, H., Kokegei, D., Middeldorf, St., Möller, M., Panning, S., Rohland, D., Schröter, J., Seckler, M., Stein, N., & Sonnenberg, D. (2019). Leitlinie: Rehabilitation nach Majoramputation an der unteren Extremität (proximal des Fußes). In *AWMF online* (pp. 1–43). Projektgruppe der Sektion Physikalische Medizin und Rehabilitation und Vereinigung Technische Orthopädie der DGOOC.
- Greitemann, B., Brückner, L., Schäfer, M., & Baumgartner, R. (2016). *Amputation und Prothesenversorgung* (Vol. 4-pp. 98–104). Georg Thieme Verlag KG - Stuttgart.
- Gul, F., & Janzer, S. (2023). *Peripheral vascular disease*. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557482/> .
- Hecker-Nolting, S., Baumhoer, D., Bielack, S., Dirksen, U., Drewes, S., Franzius, C., Harges, J., Heim, N., Hillmann, A., Hoffmann, J., Kager, L., von Kalle, T., Langer, T., Nathrath, M., Reichardt, P., Schönnagel, B., Schwarz, R., & Werner, M. (2021). S1 Leitlinie Osteosarkome. In *AWMF online: Vol. Nr. 025/005* (pp. 1–30). Gesellschaft für Pädiatrische Onkologie und Hämatologie.
- Heidemann, C., Kuhnert, R., Born, S., & Scheidt-Nave, C. (2017). 12-Monats-Prävalenz des bekannten Diabetes mellitus in Deutschland. *Journal of Health Monitoring*, 2(1), 48–56.
- Higgins, T. F., Klatt, J. B., & Beals, T. C. (2010). Lower extremity assessment project (LEAP) - the best available evidence on limb-threatening lower extremity trauma. *Orthopedic Clinics of North America*, 41(2), 233–239.
- Hirsch, A. T., & Duval, S. (2013). Effective vascular therapeutics for critical limb ischemia: A role for registry-based clinical investigation. *Circulation: Cardiovascular Interventions*, 6(1), 8–11.
- Huh, J., Stinner, D. J., Burns, T. C., & Hsu, J. R. (2011). Infectious complications and soft tissue injury contribute to late amputation after severe lower extremity trauma. *Journal of Trauma - Injury, Infection and Critical Care*, 71, 47–51.
- Isaacs-Itua, A., & Sedki, I. (2018). Management of lower limb amputations. *British Journal of Hospital Medicine*, 79, 205–210.
- Kahle, J. T., Highsmith, M. J., Schaepper, H., Johannesson, A., Orendurff, M. S., & Kaufman, K. (2016). Predicting walking ability following lower limb amputation: an updated systematic literature review. *Technology & Innovation*, 18(2), 125–137.

- Kalbaugh, C. A., Strassle, P. D., Paul, N. J., McGinagle, K. L., Kibbe, M. R., & Marston, W. A. (2020). Trends in surgical indications for major lower limb amputation in the USA from 2000 to 2016. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 60(1), 88–96.
- Kelly, D. A., Pedersen, S., Tosenovsky, P., & Sieunarine, K. (2017). Major lower limb amputation: outcomes are improving. *Annals of Vascular Surgery*, 45, 29–34.
- Kim, T. G., Moon, S. Y., Park, M. S., Kwon, S. S., Jung, K. J., Lee, T., Kim, B. K., Yoon, C., & Lee, K. M. (2016). Factors affecting length of hospital stay and mortality in infected diabetic foot ulcers undergoing surgical drainage without major amputation. *Journal of Korean Medical Science*, 31(1), 120–124.
- Klaphake, S., de Leur, K., Mulder, P. G. H., Ho, G. H., de Groot, H. G., Veen, E. J., Verhagen, H. J. M., & Van Der Laan, L. (2017). Mortality after major amputation in elderly patients with critical limb ischemia. *Clinical Interventions in Aging*, 12, 1985–1992.
- Klompas, M. (2019). Prevention of intensive care unit-acquired pneumonia. *Seminars in Respiratory and Critical Care Medicine*, 40(4), 548–557.
- Krauth, C., & Bartling, T. (2017). Lohnt sich Rehabilitation? - Überblick über gesundheitsökonomische Analysen der Rehabilitation in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt - Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 60(4), 394–401.
- Krettek, C., Lerner, A., Giannoudis, P., Willy, C., & Müller, C. W. (2016). Extremitäten-erhalt und Amputation nach Trauma - Entscheidungskriterien und Management-module. In *Unfallchirurg* (Vol. 119, Issue 5). Springer Verlag Berlin.
- Kückelhaus, M., Hirsch, T., Lehnhardt, M., & Daigeler, A. (2017). Nekrotisierende Faszitis der oberen und unteren Extremität. In *Der Chirurg* (Vol. 88, Issue 4, pp. 353–366). Springer Verlag.
- Laupland, K. B., Kirkpatrick, A. W., Kortbeek, J. B., & Zuege, D. J. (2006). Long-term mortality outcome associated with prolonged admission to the ICU. *Chest Journal*, 129(4), 954–959.
- Lawall, H., Huppert, P., Rümenapf, G., Espinola-Klein H-J Trampisch, E. C., Tacke H Stiegler, D. J., allgemein Lawall P Huppert, T. H., Rümenapf, G., Therapie Lawall A Creutzig, K. H., Dohmen, A., Therapie Huppert K-L Schulte, I. H., Tacke, J., Therapie Rümenapf, C. G., Dohmen J Falk, N. A., Luedemann Schmidt-Trucksäss, C. A., & Ploenes, G. C. (2015). S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit. In *AWMF online*.

Deutsche Gesellschaft für Angiologie - Gesellschaft für Gefäßmedizin.
<http://awmf.org/>

- Lehmann, P., Hartung, W., & Fleck, M. (2013). Rhabdomyolyse und Erhöhung der Kreatinkinase. *Zeitschrift Für Rheumatologie*, 72(3), 236–241.
- Leiblein, M., Marzi, I., Sander, A. L., Barker, J. H., Ebert, F., & Frank, J. (2018). Necrotizing fasciitis: treatment concepts and clinical results. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 44(2), 279–290.
- Lombardo, F. L., Maggini, M., De Bellis, A., Seghieri, G., & Anichini, R. (2014). Lower extremity amputations in persons with and without diabetes in Italy: 2001-2010. *PLoS ONE*, 9(1), 1–7.
- Madsen, U. R., Bååth, C., Berthelsen, C. B., & Hommel, A. (2017). A prospective study of short-term functional outcome after dysvascular major lower limb amputation. *International Journal of Orthopaedic and Trauma Nursing*, 28, 22–29.
- Marcolini, E. G., Albrecht, J. S., Sethuraman, K. N., & Napolitano, L. M. (2019). Gender disparities in trauma care: How sex determines treatment, behavior, and outcome. *Anesthesiology Clinics*, 37(1), 107–117.
- Markatos, K., Karamanou, M., Saranteas, T., & Mavrogenis, A. F. (2019). Hallmarks of amputation surgery. *International Orthopaedics*, 43(2), 493–499.
- Mavroforou, A., Malizos, K., Karachalios, T., Chatzitheofilou, K., & Giannoukas, A. D. (2014). Punitive limb amputation. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, 472(10), 3102–3106.
- Mitchell, S. L., Hayda, R., Chen, A. T., Carlini, A. R., Ficke, J. R., & Mackenzie, E. J. (2019). The military extremity trauma amputation/limb salvage (METALS) study - outcomes of amputation compared with limb salvage following major upper-extremity trauma. *Journal of Bone and Joint Surgery - American Volume*, 101(16), 1470–1478.
- Modest, J. M., Raducha, J. E., Testa, E. J., & Eberson, C. P. (2020). Management of post-amputation pain. *Rhode Island Medical Journal*, 19–22.
- Muscedere, J. G., Day, A., & Heyland, D. K. (2010). Mortality, attributable mortality, and clinical events as end points for clinical trials of ventilator-associated pneumonia and hospital-acquired pneumonia. *Clinical Infectious Diseases*, 51(SUPPL. 1), 120–125.

- Nagarajan, R., Neglia, J. P., Clohisy, D. R., & Robison, L. L. (2002). Limb salvage and amputation in survivors of pediatric lower-extremity bone tumors: What are the long-term implications? *Journal of Clinical Oncology*, 20(22), 4493–4501.
- Norgren, L., Hiatt, W. R., Clement, D., Creager, M., Fowkes, G., Harries, K., Jaff, M., Mohler, E., Nehler, M., Rutherford, R. B., Sheehan, P., Sillesen, H., Rosenfield, K., & Bell, K. (2007). Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 33, 1–75.
- op't Hoog, S. A., Eskes, A. M., Johanna van Mersbergen-de Bruin, M. P., Pelgrim, T., van der Hoeven, H., Vermeulen, H., & Maria Vloet, L. C. (2022). The effects of intensive care unit-initiated transitional care interventions on elements of post-intensive care syndrome: A systematic review and meta-analysis. *Australian Critical Care*, 35(3), 309–320.
- Padgett, D. E., Silverman, A., Sachjowicz, F., Simpson, § R Bruce, Rosenberg, A. G., & Galante, J. O. (1995). Efficacy of intraoperative cultures obtained during revision total hip arthroplasty. *The Journal of Arthroplasty*, 10(4), 420–426.
- Ramseier, L. E., Dumont, C. E., & Ulrich Exner, G. (2008). Rotationplasty (Borggreve/Van Nes and modifications) as an alternative to amputation in failed reconstructions after resection of tumours around the knee joint. *Scandinavian Journal of Plastic and Reconstructive Surgery and Hand Surgery*, 42(4), 199–201.
- Reinecke, H., Unrath, M., Freisinger, E., Bunzemeier, H., Meyborg, M., Luders, F., Gebauer, K., Roeder, N., Berger, K., & Malyar, N. M. (2015). Peripheral arterial disease and critical limb ischaemia: Still poor outcomes and lack of guideline adherence. *European Heart Journal*, 36(15), 932–938.
- Rooke, T. W., Hirsch, A. T., Misra, S., Sidawy, A. N., Beckman, J. A., Findeiss, L. K., Golzarian, J., Gornik, H. L., Halperin, J. L., Jaff, M. R., Moneta, G. L., Olin, J. W., Stanley, J. C., White, C. J., White, J. V., & Zierler, R. E. (2011). 2011 ACCF/AHA - Focused update of the guideline for the management of patients with peripheral artery disease (Updating the 2005 Guideline): A report of the american college of cardiology foundation/American Heart Association task force on practice guidelines. *Circulation*, 2020–2045.
- Rümenapf, G., Morbach, S., Rother, U., Uhl, C., Görtz, H., Böckler, D., Behrendt, C. A., Hochlenert, D., Engels, G., & Sigl, M. (2021). Diabetisches Fußsyndrom - Teil 1. In *Chirurg* (Vol. 92, Issue 1). Springer Medizin.

- Santy J. (2008). Recognising infection in wounds. *Nursing Standards - Tissue Viability Supplement*, 54–60.
- Shin, W. C., Do, M. U., Woo, S. H., Choi, S. H., Moon, N. H., & Suh, K. T. (2018). C-reactive protein for early detection of postoperative systemic infections in intertrochanteric femoral fractures. *Injury*, 49(10), 1859–1864.
- Singh, D., Chopra, K., Sabino, J., & Brown, E. (2020). Practical things you should know about wound healing and vacuum-assisted closure management. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 839E-854E.
- Slovut, D. P., & Sullivan, T. M. (2008). Critical limb ischemia: Medical and surgical management. *Vascular Medicine*, 13(3), 281–291.
- Spoden, M. (2019). Amputationen der unteren Extremität in Deutschland - Regionale Analyse mit Krankenhausabrechnungsdaten von 2011 bis 2015. *Zentralinstitut Für Die Kassenärztliche Versorgung in Deutschland (Zi). Versorgungsatlas-Bericht Nr. 19/03. Berlin 2019*, 1–13.
- Sproston, N. R., & Ashworth, J. J. (2018). Role of C-reactive protein at sites of inflammation and infection. *Frontiers in Immunology*, 9(APR), 1–11.
- Stahel, P. F., Oberholzer, A., Morgan, S. J., & Heyde, C. E. (2006). Concepts of transtibial amputation: Burgess technique versus modified Brückner procedure. *ANZ Journal of Surgery*, 76(10), 942–946.
- Steg, P. G., Bhatt, D. L., Wilson, P. W. F., Agostino, R. D. ', Ohman, E. M., Rö, J., Liao, C.-S., Hirsch, A. T., Mas, J.-L., Ikeda, Y., Pencina, M. J., & Goto, S. (2007). One-year cardiovascular event rates in outpatients with atherothrombosis. *Journal of the American Medical Association*, 1197–1206.
- Thorud, J. C., Plemmons, B., Buckley, C. J., Shibuya, N., & Jupiter, D. C. (2016). Mortality after nontraumatic major amputation among patients with diabetes and peripheral vascular disease: A systematic review. *Journal of Foot and Ankle Surgery*, 55(3), 591–599.
- Trautner, C., Haastert, B., Mauckner, P., Gätcke, L. M., & Giani, G. (2007). Reduced incidence of lower-limb amputations in the diabetic population of a German City, 1990-2005: Results of the Leverkusen Amputation Reduction Study (LARS). *Diabetes Care*, 30(10), 2633–2637.
- Van Netten, J. J., Fortington, L. V., Hinchliffe, R. J., & Hijmans, J. M. (2016). Early post-operative mortality after major lower limb amputation: A systematic review of

- population and regional based studies. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*, 51(2), 248–257.
- Varma, P., Stineman, M. G., & Dillingham, T. R. (2014). Epidemiology of limb loss. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 25(1), 1–8.
- Vaznaisiene, D., Beltrand, E., Laiskonis, A. P., Yazdanpanah, Y., Migaud, H., & Senneville, E. (2013). Major amputation of lower extremity: Prognostic value of positive bone biopsy cultures. *Orthopaedics and Traumatology: Surgery and Research*, 99(1), 88–93.
- Vincent, J. L., Marshall, J. C., Namendys-Silva, S. A., François, B., Martin-Loeches, I., Lipman, J., Reinhart, K., Antonelli, M., Pickkers, P., Njimi, H., Jimenez, E., Sakr, Y., Tomas, E., Bibonge, E. A., Charra, B., Faroudy, M., Doedens, L., Farina, Z., Adler, D., ... Brealey, D. (2014). Assessment of the worldwide burden of critical illness: The Intensive Care Over Nations (ICON) audit. *The Lancet Respiratory Medicine*, 2(5), 380–386.
- Williams, R., Colagiuri, S., Almutairi, R., Montoya, P., Basit, A., Beran, D., Besancon, S., Bommer, C., Borgnakke, W., Boyko, E., Bright, D., Chan, J., Dahlquist, G., Divakar, H., Esteghamati, A., Forouhi, N., Franco, L., Gregg, E., Guariguata, L., ... Zhang, P. (2019). International Diabetes Federation - Diabetes Atlas Ninth edition 2019. *Www.Diabetesatlas.Org.*, 1–170.
- Wise, E. S., McMaster, W. G., Williamson, K., Wergin, J. E., Hocking, K. M., & Brophy, C. M. (2016). Preoperative predictors of 30-day mortality and prolonged length of stay after above-knee amputation. *Annals of Vascular Surgery*, 31, 124–133.

Elektronische Quellen:

URL 1: Klassifikation der ICD-10:

<https://www.who.int/standards/classifications/classification-of-diseases>

(Stand: 05.03.2021; 12:00 Uhr)

URL 2: Klassifikation der OPS

<https://www.dimdi.de/dynamic/de/klassifikationen/ops/>

(Stand 14.03.2021 18:00)

7. Anhänge

7.1 Votum der Ethik-Kommission

MEDIZINISCHE FAKULTÄT DER CHRISTIAN-ALBRECHTS-UNIVERSITÄT ZU KIEL		 A.D. 1665
ETHIK-KOMMISSION		
Universitäts-Kinderklinik · Schwanebergweg 20 · 24105 Kiel		Postadresse: Arnold-Heller-Straße 3 / Haus 9 D-24105 Kiel Telefon 0431 / 500-14 191 Telefax 0431 / 500-14 195 ethikkomm@email.uni-kiel.de
PD Dr. med. Matthias Weuster UKSH Campus Kiel Klinik für Orthopädie und Unfallchirurgie Arnold-Heller-Straße 3 24105 Kiel		Datum: 28.2.2019
AZ.:	D 434/19 (bitte stets angeben)	
Studienplan:	Komplikationen im klinischen Verlauf von Major Amputationen der oberen und unteren Extremitäten - Eine retrospektive Untersuchung eines überregionalen Traumazentrums Basisformular für einen Ethik-Antrag vom 19.02.19	
Studienleiter:	PD Dr. Matthias Weuster, UKSH Campus Kiel	
Antrag vom:	19. Februar 2019 (Eingang: 26. Februar 2019)	
Sehr geehrter Herr Kollege Weuster, wir bestätigen den Eingang des obengenannten Antrages gemäß § 15 Berufsordnung (BO) der Ärztekammer Schleswig-Holstein. Nach Durchsicht der Unterlagen durch die Geschäftsstelle und durch mich als Vorsitzenden der Ethik-Kommission bestehen gegen die Durchführung der Studie keine berufsethischen und berufsrechtlichen Bedenken. Die im Folgenden aufgeführten Hinweise müssen beachtet werden: 1. Es wird darauf hingewiesen, dass Patientendaten für die Studie nur ausgewertet dürfen, wenn eine allgemeine Einwilligungserklärung zur Forschung mit routinemäßig erhobenen Patientendaten sowie Restmaterial unterschrieben wurde oder wenn vor der Weitergabe/Auswertung der Daten eine Anonymisierung erfolgt. Ist dies nicht der Fall, ist eine Verarbeitung der Patientendaten zu Forschungszwecken nur zulässig, wenn ein überwiegendes Forschungsinteresse besteht und der Forschungszweck nicht oder nur mit unverhältnismäßigem Aufwand auf andere Weise erreicht werden kann (Art. 89 Abs. 1 DSGVO i.V.m. § 13 Abs. 1 LDSG). Dies muss gegenüber der Ethik-Kommission dargelegt werden. 2. Es wird darauf hingewiesen, dass datenschutzrechtliche Aspekte grundsätzlich nur kursorisch durch die Ethik-Kommissionen geprüft werden. Dieses Votum ersetzt nicht die Konsultation des zuständigen Datenschutzbeauftragten. 3. Es wird darauf hingewiesen, dass künftige Änderungen der Studie der Ethik-Kommission anzuzeigen sind und gegebenenfalls eine erneute Beratung erforderlich machen. 4. Die ethische und rechtliche Verantwortung für die Durchführung dieser Studie verbleibt beim Studienleiter. 5. Die Ethik-Kommission weist darauf hin, dass für eventuell in Zukunft weitere teilnehmende Zentren eine berufsrechtliche Beratung bei der jeweils für sie zuständigen Ethik-Kommission erforderlich ist.		

6. Gemäß Deklaration von Helsinki muss der Ethik-Kommission nach Studienende ein Abschlussbericht vorgelegt werden, der eine Zusammenfassung der Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Studie enthält.

Wir wünschen Ihnen für die Durchführung der Studie viel Erfolg

Mit freundlichen kollegialen Grüßen


Prof. Dr. med. H. M. Mehdorn
Vorsitzender der Ethik-Kommission


Dr. med. Christine Glincke
Geschäftsführung der Ethik-Kommission

Danksagung

Die Entstehung dieser Arbeit wurde durch die Unterstützung einer Vielzahl von Menschen ermöglicht, denen ich herzlich danken möchte.

Ein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater, Herrn PD Dr. Matthias Weuster, für sein Engagement und seine hervorragende Unterstützung. Vor allem danke ich für die ständige Erreichbarkeit und die intensiven Diskussionen auf einer persönlichen Ebene, die wesentlich zum erfolgreichen Abschluss dieser Arbeit beigetragen haben.

Weiterhin möchte ich Frau Deike Misfeldt für die Unterstützung im Bereich der Statistik danken.

Mein großer Dank gilt meiner Mutter Doris, meinem Bruder Jan Niklas und meiner Frau Fiona für das sorgfältige Korrekturlesen und ihre liebevolle Unterstützung sowohl bei der Dissertation als auch in allen anderen Lebenslagen.

Diese Dissertation widme ich meinem Vater Uwe. Ich weiß, wie stolz er gewesen wäre.