

Aus der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie
(Prof. Dr. med. W. Lehmann)
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

Behandlungsverlauf nach Amputationen an der unteren Extremität

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät der
Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

Laura Bemmer, geb. Mackerodt

aus

Nordhausen

Göttingen 2020

Dekan: Prof. Dr. med. W. Brück

Betreuungsausschuss

Betreuer/in Prof. Dr. med. S. Sehmisch

Ko-Betreuer/in: Prof. Dr. rer. nat. S. Blumentritt

Prüfungskommission

Referent/in Prof. Dr. med. S. Sehmisch

Ko-Referent/in: Prof. Dr. rer. nat. S. Blumentritt

Datum der mündlichen Prüfung: 17.11.2020

Hiermit erkläre ich, die Dissertation mit dem Titel "Behandlungsverlauf nach Amputationen an der unteren Extremität" eigenständig angefertigt und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet zu haben.

Göttingen, den
.....
(Unterschrift)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis	III
--	------------

Abkürzungsverzeichnis	IV
------------------------------------	-----------

1 Einleitung	1
1.1 Ätiologie.....	2
1.1.1 Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK).....	2
1.1.2 Diabetes mellitus	3
1.1.3 Trauma.....	3
1.2 Diagnostik und Verfahren zur Revaskularisation	4
1.2.1 Farbkodierte Duplexsonographie.....	4
1.2.2 Intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie (DSA)	4
1.2.3 Magnetresonanztomographie (MRA)	5
1.2.4 Endovaskuläre Angioplastie.....	5
1.2.5 Periphere Bypasschirurgie.....	5
1.3 Indikationen – Wahl der bestmöglichen Amputationshöhe	7
1.4 Prinzipien der Amputationschirurgie.....	8
1.4.1 Definitionen.....	8
1.4.2 Spezielle Amputationschirurgie am Beispiel der Unterschenkelamputation	9
1.5 Postoperative Wundbehandlung und Nachsorge	12
1.5.1 Lagerungsmaßnahmen	12
1.5.2 Wundverband	12
1.5.3 Kompressionstherapie.....	13
1.5.4 Physiotherapie mit provisorischer Prothesenversorgung	13
1.6 Postoperative Komplikationen nach amputativen Maßnahmen	13
1.6.1 Wundinfektion.....	14
1.6.2 Wunddehiszenz	14
1.6.3 Hämatom- und Serombildung	14
1.6.4 Neurombildung	15
1.6.5 Hautlappenthrombose.....	15
1.6.6 Durchblutungsstörung	15
1.6.7 Haut- oder Muskelnekrose	15
1.7 Therapieansätze bei postoperativen Komplikationen nach amputativen Maßnahmen.....	16
1.7.1 Wundbeurteilung.....	16
1.7.2 Infektkontrolle.....	16
1.7.3 Chirurgisches Débridement mit Nekrosektomie	17
1.7.4 Vakuumtherapie	17
1.7.5 Therapielarven und Blutegel.....	17
1.7.6 Nachamputation.....	18
1.8 Zielstellung.....	18

2	Material und Methoden	19
2.1	Patientengut	19
2.2	Datenerhebung	19
2.3	Datenverarbeitung	22
2.4	Statistische Auswertung	22
3	Ergebnisse	24
3.1	Epidemiologische Daten	24
3.1.1	Altersverteilung	24
3.1.2	Geschlechterverteilung	26
3.1.3	Alters- und Geschlechtsverteilung unabhängig der Amputationshöhe	26
3.1.4	Lebensstil	27
3.2	Amputationshöhen bei Primäramputation	29
3.3	Ursachen für Primäramputation	30
3.4	Komorbiditäten	32
3.5	Komplikationen nach Primäramputation	34
3.5.1	Chirurgische Komplikationen	34
3.5.2	Nachamputation aufgrund chirurgischer Komplikationen bei Ersteingriff	39
3.5.3	Medizinische Komplikationen	45
3.6	Krankenhausverweildauer	46
3.6.1	Krankenhausverweildauer in Bezug auf die Amputationshöhen	46
3.6.2	Krankenhausverweildauer bei chirurgischen Komplikationen	47
3.6.3	Krankenhausverweildauer bei medizinischen Komplikationen	47
3.6.4	Krankenhausverweildauer bei Rauchern	48
3.7	Präoperative gefäßchirurgische Interventionen	48
3.8	Vormedikation	48
3.8.1	Einnahme von ASS 100	48
3.9	Prothetische Hilfsmittelversorgung zum Zeitpunkt der Entlassung	49
3.10	Beantwortung der Fragen	50
4	Diskussion	53
4.1	Alters- und Geschlechtsverteilung	53
4.2	Lebensstil	54
4.3	Ursachen für Primäramputation	55
4.4	Chirurgische Komplikationen	56
4.4.1	Nachamputationen	58
4.5	Krankenhausverweildauer	59
4.6	Präoperative gefäßchirurgische Interventionen	61
4.7	Antikoagulanzen und ASS-100-Einnahme	62
5	Zusammenfassung	64
6	Literaturverzeichnis	66

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildung 1: Markierung des Hautschnittes.....	10
Abbildung 2: Präparation des Hinterlappens.....	11
Abbildung 3: Wundverschluss.....	11
Abbildung 4: Altersverteilung bei Minor- und Majoramputation	25
Abbildung 5: Geschlechterverteilung.....	26
Abbildung 6: Altersverteilung bei Männern und Frauen unabhängig von der Amputationshöhe.....	27
Abbildung 7: Amputationshöhen	29
Abbildung 8: Amputationsursachen.....	31
Abbildung 9: Amputationsursachen bei Minor- und Majoramputation.....	31
Abbildung 10: Komorbiditäten.....	32
Abbildung 11: Aufgliederung der Begleiterkrankungen "mehrere"	33
Abbildung 12: Komorbiditäten bei atraumatischer und traumatischer Amputation	33
Abbildung 13: Chirurgische Komplikationen bei Minor- und Majoramputation.....	34
Abbildung 14: Chirurgische Komplikationen aufgegliedert nach Amputationshöhen.....	36
Abbildung 15: Chirurgische Komplikationen nach Ersteingriff und Folge-Amputation.....	39
Abbildung 16: Erste Nachamputation aufgegliedert nach Amputationshöhen	40
Abbildung 17: Erste Nachamputation mit chirurgischen Komplikationen.....	40
Abbildung 18: Zweite Nachamputation mit chirurgischen Komplikationen.....	41
Abbildung 19: Zweite Nachamputation aufgegliedert nach Amputationshöhen	41
Abbildung 20: Dritte Nachamputation aufgegliedert nach Amputationshöhen.....	42
Abbildung 21: Amputationshöhen nachamputierter Patienten bei Primär- und nach Nachamputationen	43
Abbildung 22: Übergang von Minor- zu Majoramputation	44
Abbildung 23: Aufenthaltsdurchschnitt in Tagen aufgegliedert nach Amputationshöhe	47
Abbildung 24: Prothetische Hilfsmittelversorgung zum Zeitpunkt der Entlassung	50
Tabelle 1: Mögliche Amputationshöhen der unteren Extremität.....	9
Tabelle 2: Amputationsursachen.....	20
Tabelle 3: Gruppe der Komorbiditäten.....	21
Tabelle 4: Amputationshöhen bei Nichtrauchern und Rauchern.....	28
Tabelle 5: Altersdurchschnitt in Jahren aufgegliedert nach Amputationshöhen	30
Tabelle 6: Chirurgische Komplikationen aufgegliedert nach Amputationshöhen.....	35
Tabelle 7: Komorbiditäten bei Patienten mit chirurgischen Komplikationen	38
Tabelle 8: Aufenthaltsdurchschnitt in Tagen aufgegliedert nach Amputationshöhen.....	46

Abkürzungsverzeichnis

AVK	Arterielle Verschlusskrankheit
BMI	Body-Mass-Index
CT	Computertomographie
DRG	<i>Diagnosis Related Groups</i>
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
MRA	Magnetresonanz-Angiographie
OPS	Operation- und Prozedurenschlüssel
PAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PTA	Perkutane transluminale Angioplastie

1 Einleitung

Der Begriff Amputation stammt aus dem Lateinischen von *amputare* und wird als die operative Abtrennung eines Körperteils (Weichteile, Gliedmaßen oder Gliedmaßenanteile) vom Körper bezeichnet (Arnold et al. 2014).

Eine Amputation stellt keine alleinige Diagnose dar. Sie ist immer die Folge eines Traumas oder einer Erkrankung. Jede Art der Amputation, auch wenn sie noch so peripher ist, bedeutet einen irreversiblen Verlust der körperlichen Integrität (Baumgartner 2016b), da sich die anatomische Situation und die biomechanischen Verhältnisse massiv verändern (Greitemann 2015a).

Trotz der deutlich verbesserten Prävention und Erfolge in der Therapie von Risikofaktoren ist die Anzahl an Amputationen der unteren Extremität in Deutschland im Vergleich zu anderen Ländern relativ hoch und stellt nach wie vor eine Herausforderung für das Gesundheitswesen dar.

Seit Einführung des DRG- (*diagnosis related groups*) und OPS-Systems (Operation- und Prozedurenschlüssel) liegen auch in Deutschland genauere Ergebnisse zu den Amputationszahlen vor. Eine Analyse von DRG-Daten des Statistischen Bundesamtes im Zeitraum von 2005 bis 2014 zeigte, dass die absolute Zahl der Amputationen in Deutschland von 55.689 im Jahr 2005 auf 57.637 (+3,5%) im Jahr 2014 leicht angestiegen ist (Kröger et al. 2017).

Werden nur die erfassten Angaben betrachtet, bei denen eine periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) und/oder ein Diabetes mellitus als Diagnose kodiert waren, stieg die Zahl der Minoramputationen von 28.854 im Jahr 2005 auf 35.513 im Jahr 2014. Die Amputationsrate erhöhte sich damit um 23,1%. Die Zahl der Majoramputationen sank von 19.189 auf 13.048 ab. Dies bedeutet, bezogen auf die Amputationszahlen aus dem Jahr 2005, eine Abnahme um 32%. Trotz der Überalterung der Gesellschaft und der steigenden Anzahl an Patienten mit Diabetes mellitus zeigen die erhobenen Daten einen deutlichen Rückgang der Majoramputation in Deutschland seit 2005 bei hingegen gleichzeitigem Anstieg der Minoramputationen. Die Gründe für diese Veränderungen sind noch nicht im Detail geklärt (Kröger et al. 2017).

In dieser Arbeit soll auf die unterschiedlichen präoperativen Einflussfaktoren, die eine Amputation zur Folge haben können, eingegangen werden. Ein Schwerpunkt wird in der Betrachtung der postoperativen Versorgung des Amputationsgebietes liegen, da bereits R.

Watson-Jones, ein angesehenen Chirurg, in der Mitte des 20. Jahrhunderts die Amputation als Anfang und nicht als Ende einer Behandlung beschrieb (Baumgartner 2016a).

1.1 Ätiologie

Die Amputation stellt kein eigenes Krankheitsbild dar, sondern die unausweichliche Endsituation bei verschiedensten Erkrankungen oder Verletzungen ohne Aussicht auf Erhalt der betroffenen Extremität. Es werden im folgenden Abschnitt die wichtigsten Ursachen erläutert, welche die Wahrscheinlichkeit einer Amputation an der unteren Extremität steigern oder deren Durchführung implizieren können.

Über 90% der Amputationen an der unteren Extremität sind auf vaskuläre Ursachen, Traumata oder Tumoren zurückzuführen. Weitere Ursachen wie lebensbedrohliche (Gasbrand, Fasziiitis) oder nicht mehr beherrschbare Infektionen (Osteomyelitis, Gangrän), Erfrierungen, Verbrennungen oder Fehlbildungen verteilen sich auf insgesamt 7%. Bei den vaskulären Ursachen (arteriell, venös und lymphatisch) handelt es sich in 98% der Fälle um Patienten, die an arteriellen Zirkulationsstörungen leiden (Taeger und Nast-Kolb 2000). Die arterielle Durchblutungsstörung stellt einen Sammelbegriff für über 50 verschiedene Ursachen dar, wobei jede Ursache eine eigene Charakteristik für die Wahl der Amputationshöhe und der daraus resultierenden Prognose aufweist (Baumgartner 2014). Zu den verschiedenen arteriellen Durchblutungsstörungen zählen u. a. die arterielle Verschlusskrankheit (AVK), diabetische Mikroangiopathie, Embolie, Arteriitis, Sepsis, Schock und Aneurysma. Zu den weitaus häufigsten Krankheitsursachen zählen mit über 50% die AVK und mit über 40% die Angiopathie im Rahmen eines Diabetes mellitus. Eine klare Abgrenzung zwischen beiden Angiopathien ist oft schwer. Dennoch weisen beide deutliche morphologische Unterschiede auf, die nicht nur für die vorbeugende Behandlung und die Revaskularisation, sondern auch für die Wahl der Höhe und des entsprechenden Verfahrens bei unausweichlicher Amputation von Bedeutung sind (Taeger und Nast-Kolb 2000). Bedeutsam ist auch ein Zusammenspiel zwischen dem Auftreten einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK) und eines Diabetes mellitus, da 49,7% aller Patienten mit einer pAVK auch an einem Diabetes mellitus leiden (Silbernagel et al. 2015).

1.1.1 Periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK)

Die pAVK ist definiert als chronisch fortschreitende Einschränkung der Extremitätendurchblutung durch Engstellen oder Verschlüsse der versorgenden Arterien (Espinola-Klein 2011). In über 90% der Fälle ist die pAVK unabhängig der klinischen Manifestation ein

Zeichen einer bereits fortgeschrittenen Atherosklerose in anderen Gefäßregionen, wie bspw. den koronaren und hirnversorgenden Arterien. Als Risikofaktoren für die Atherosklerose in den Becken- und Beinarterien gelten u. a. Zigarettenkonsum, Diabetes mellitus, männliches Geschlecht, Hypertonie, Alter und Hypercholesterinämie.

Männer sind im Vergleich zu Frauen doppelt so häufig von einer pAVK betroffen. Diese erkranken im Durchschnitt zehn Jahre später (Karasch 2004). Die kumulative Fünfjahresmortalitätsrate der Patienten mit pAVK ist doppelt so hoch wie bei der Vergleichsbevölkerung ohne pAVK (Harnoss 2016).

1.1.2 Diabetes mellitus

Die diabetische Angiopathie stellt den zweithäufigsten Grund für eine Amputation dar. Hierbei handelt es sich primär nicht um eine Angiopathie der kleinen Arterien und Arteriolen, sondern um ein sehr komplexes Krankheitsbild. Das diabetische Fußsyndrom fasst die primären Veränderungen der großen und kleinen arteriellen Gefäße sowie die diabetische Neuropathie mit ihren Folgeerscheinungen zusammen (Taeger und Nast-Kolb 2000). Diabetiker mit Makroangiopathien bedingt durch Artherosklerose sind deutlich häufiger von Amputationen betroffen als Nichtdiabetiker (Schweiger et al. 2008). 50-70% aller Amputationen an der unteren Extremität sind laut Studien einer diabetischen Stoffwechsellage zuzuschreiben. Bei 85% aller Amputationen, die bei Diabetikern durchgeführt wurden, ging ein Fußulkus voraus, welches im weiteren Verlauf eine schwere Infektion oder Gangrän ausbildete (Apelqvist 2012).

1.1.3 Trauma

Die Verletzungsarten und Unfallmechanismen, welche zu einer Amputation führen können, sind sehr vielfältig und bedürfen genauer Kenntnis, da dies für das weitere Vorgehen und die Prognose von großer Bedeutung ist. Zu den wichtigsten Unfallmechanismen und Ursachen zählen u. a. Säge-, Stich-, Schnitt-, Trümmer-, Ausriss-, Biss- und Explosionsverletzungen, Verbrennungen, Verbrühungen und Erfrierungen. Eine Studie von Anderson (2010) zeigte, dass 2010 in den USA die Industrieproduktion gefolgt von Montage- und Konstruktionsarbeiten, Landwirtschaft mit Forst und Jagd sowie die Arbeit in der Küche und im Hotel die am stärksten gefährdeten Arbeitsbereiche sind. Traumatisch bedingte Amputationen finden in mehr als 90% der Fälle an der oberen Extremität und in nur ca. 5% an der unteren Extremität statt. Die Gesamtzahl der Amputationen, welche aufgrund eines Traumas durchgeführt werden mussten, konnte in den Jahren zwischen 1997 und 2005 deutlich reduziert werden,

dank verbesserter Sicherheitsmaßnahmen in nahezu allen Arbeitsbereichen (Anderson et al. 2010; Baumgartner 2016b).

1.2 Diagnostik und Verfahren zur Revaskularisation

Ziel der Diagnostik ist es, durch revaskularisierende Maßnahmen mittels endovaskulärer oder gefäßchirurgischer Techniken Amputationen zu vermeiden oder so lang wie möglich aufzuschieben. Im Idealfall kann durch ausführliche Diagnostik die Höhe der Amputation verlagert und die Prognose der Wundheilung verbessert werden (Köhler und Baumgartner 2016).

Das Ergebnis der angiologischen Diagnostik entscheidet über die Möglichkeit einer extremitätenerhaltenden Revaskularisation. Gut tastbare Fuß- und Knöchelpulse schließen eine relevante Durchblutungsstörung mit großer Wahrscheinlichkeit aus (Schweiger et al. 2008). Nicht nur der Pulsstatus, sondern auch Muskelatrophie, Deformitäten, Temperatur, Hautintegrität, -turgor und -farbe spielen eine Rolle bei der klinischen Untersuchung und entscheiden maßgeblich über den Lokalbefund (Nationale Versorgungsleitlinie Diabetes 2010). So können bspw. durch die Beininspektion des Patienten Zeichen einer Ischämie (Hautblässe bis hin zu livider Verfärbung, fehlende Behaarung, Ulzera, Nekrosen) erkannt werden. In jedem Fall sollte vor einer Amputation die Durchblutung mittels objektiver Verfahren untersucht und dokumentiert werden. Hierfür stehen u. a. die farbkodierte Duplexsonographie, intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie, Phlebographie, computertomographische und Magnetresonanz-Angiographie (MRA) zur Verfügung (Balzer und Rümenapf 2008).

1.2.1 Farbkodierte Duplexsonographie

Die farbkodierte Duplexsonographie gilt als diagnostische Methode der Wahl zur Untersuchung und Abklärung der Becken- und Beinarterien. Diese Untersuchung ermöglicht die Darstellung von Stenosen und Verschlüssen arterieller Gefäße. Ebenso kann die Morphologie der Gefäßwände nichtinvasiv beurteilt werden. Auch lassen sich arterielle Thrombosen und Embolien mit diesem diagnostischen Medium gut erkennen, welche die Indikation für eine interventionelle oder operative Therapie stellen können (Lawall et al. 2015).

1.2.2 Intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie (DSA)

Die intraarterielle digitale Subtraktionsangiographie gilt zwar unverändert als der Goldstandard in Bezug auf die Genauigkeit der Gefäßdarstellung, wird aber als rein diagnostische Methode zunehmend von der MRA und ggf. CT-Angiographie verdrängt. Der Vorteil der

intraarteriellen DSA besteht in der möglichen Kombination von Diagnostik und Intervention in gleicher Sitzung. Nachteile dieses diagnostischen Mediums ergeben sich aus der Invasivität der Untersuchung und der Strahlenbelastung (Lawall et al. 2015).

1.2.3 Magnetresonanzt-Angiographie (MRA)

Die MR-Angiographie ist zur Therapieplanung vor invasiven Eingriffen aufgrund der umfassenden Darstellung des Gefäßbaums und umliegender Strukturen geeignet. Die Vorteile der MRA liegen in der schnellen Akquisition aussagekräftiger angiologischer Bilder ohne die Verwendung von potentiell nephrotoxischem Kontrastmittel und einer fehlenden Strahlenexposition (Lawall et al. 2015).

1.2.4 Endovaskuläre Angioplastie

Die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) ist heutzutage bei hämodynamisch relevanten Gefäßstenosen und kurzstreckigen Verschlüssen die Methode der ersten Wahl (Balzer und Rümenapf 2008). Sie stellt eine sichere und effektive Therapiemaßnahme der symptomatischen peripheren Verschlusskrankheit dar. Arterielle Gefäßverschlüsse und -stenosen können mit Hilfe dünner Führungsdrähte und Ballons unter Röntgenkontrolle rekanalisiert werden. Standardtechniken der perkutanen endovaskulären Behandlung sind die Ballondilatation, Einsatz von Stents (flexible Gefäßstützen), lokale kathetergesteuerte Fibrinolyse und die mechanische Thrombektomie.

Alle genannten interventionell-radiologischen Therapieverfahren verfolgen die Ziele der möglichst langen Erhaltung nativer Gefäßstrukturen, die Optimierung der Durchblutung um eine Wundheilung zu erreichen, Amputationen so lange wie möglich zu vermeiden und die Amputationsgrenze nach distal zu verlagern (Köhler 2016).

Endovaskulären Techniken soll der Vorrang gegeben werden, wenn kurz- und langfristig die gleiche symptomatische Verbesserung erzielt werden kann wie mit einem gefäßchirurgischen Eingriff (Schweiger et al. 2008).

1.2.5 Periphere Bypasschirurgie

Die Bypassanlage, sprich die chirurgische Umgehung eines obliterierten Gefäßabschnitts mit Hilfe eines Blutleiters, stellt eine wichtige operative Technik dar. Anwendung findet die operative Bypassanlage bei langstreckigen Gefäßverschlüssen, multiplen langstreckigen Stenosen oder bei Rezidivischämien nach gescheiterten endovaskulären Verfahren (Neufang 2015).

Bei der operativen Bypassanlage können eigene oberflächliche Venen (z. B. Vena saphena magna), Kunststoffprothesen oder Bioimplantate verwendet werden (Espinola-Klein 2011).

1.3 Indikationen – Wahl der bestmöglichen Amputationshöhe

Die untere Extremität ist in ihrem Erhalt bedroht, wenn der Lokalbefund wie bspw. ein offenes Gelenk, ein freiliegender Knochen (mit Zeichen einer Osteitis), eine feuchte Gangrän oder trockene Nekrose vorliegen, eine bestehende Infektion weiter fortschreitet (aszendierende Sepsisquelle), eine akut oder chronisch verminderte arterielle Durchblutung zum Untergang von Muskelgewebe führt und daraus resultierend andere Organfunktionen gefährdet werden. Therapieresistente, vom Patienten nicht mehr tolerierbare Ruheschmerzen in der betroffenen Extremität sowie schwerste Deformitäten mit Osteomyelitis am Fuß ohne Aussicht auf Funktionserhalt des Fußskelettes stellen ebenfalls eine Bedrohung für den Erhalt der unteren Extremität dar (Nationale Versorgungsleitlinie Diabetes 2010). Weiterhin limitieren Tumore, Traumata, Verätzungen, Verbrennungen und Erfrierungen den Erhalt der betroffenen Extremität (Baumgartner 2011).

Macht der Lokalbefund eine Amputation erforderlich und besteht in der Absetzungslinie, die durch den Lokalbefund (Gangrän, Nekrose, zerstörtes Gewebe) bestimmt wird, eine normale arterielle Durchblutung (Knöchelpulse tastbar bei Amputationen im Fußbereich), kann eine Amputation auch ohne zuvor durchgeführte Angiographie erfolgen. Somit ist die Ausdehnung der geschädigten Gewebzone alleiniger Indikator für die Höhe der Amputation.

Liegen hingegen arterielle Durchblutungsstörungen vor, ist die Angiographie eine nicht ersetzbare Voraussetzung für die Amputation (Schweiger et al. 2008). Entscheidend für die Bestimmung der Amputationshöhe ist jedoch auch hier der klinische Befund präoperativ und in situ (Baumgartner 2011).

Besteht die klinische Indikation für eine Minoramputation, ist die Wiederherstellung der arteriellen Durchblutung unabdingbar vor der Durchführung einer Amputation. Werden dabei vorgeschaltete Gefäßverschlüsse im Unterschenkel festgestellt, so ist in einem hohen Prozentsatz mit gestörter Wundheilung, rascher Progredienz des Lokalbefundes sowie darauf folgend notwendiger Unterschenkelamputation zu rechnen.

Bestehen zusätzlich zur Obliteration der Unterschenkelarterie proximal gelegene Gefäßstenosen bzw. -verschlüsse (z. B. kein kräftig tastbarer Puls der Arteria poplitea), ist es zwingend notwendig, vor Minoramputationen eine Revaskularisation durchzuführen. Ist dies nicht möglich, sollte eine Unterschenkelamputation der Minoramputation vorgezogen werden, um das Risiko einer Nachamputation zu minimieren.

Wird die Indikation für eine Majoramputation gestellt, so sind alle Maßnahmen zu treffen, um die Amputationshöhe so peripher wie möglich zu halten. Im Vorfeld müssen auch hier

alle angiographischen und interventionellen Maßnahmen ergriffen werden, um die Durchblutungssituation im Bereich der Amputationsstelle zu verbessern (Schweiger et al. 2008).

Stellen maligne Tumoren an der unteren Extremität eine Amputationsindikation dar, so richtet sich die Amputationshöhe nach dem Malignitätsgrad sowie deren Ausbreitung. Auch in diesen Fällen sollte eine minimale Sicherheitsdistanz festgelegt werden, um so viel Länge wie möglich zu belassen (Baumgartner 2011).

Bei Amputationen am Bein gilt prinzipiell, so viel Länge (Gewebe) wie möglich zu erhalten. Es ist heute nicht mehr gerechtfertigt, Amputationen wegen der Bedürfnisse orthopädiotechnischer Versorgungen höher anzusetzen als aus chirurgischer Sicht notwendig. Jede Amputationshöhe kann durch den Orthopädiotechnik-Mechaniker versorgt werden, wenn ein prothesengerechter Stumpf geschaffen wurde. Nur die Ätiologie und anatomische Voraussetzungen können den Chirurgen dazu zwingen, die Amputation höher als geplant anzusetzen. Dies richtet sich nach der intraoperativ bewerteten Vitalität und Perfusion des Gewebes im Stumpfbereich. So kann bspw. bei einem Patienten mit AVK und muskulärer Atrophie die Wahl der proximaleren Amputationshöhe (z. B. Kniegelenksexartikulation) im Einzelfall sinnvoll sein, um die Rehabilitation zu ermöglichen, die mit einem atrophen und problematischen Unterschenkelstumpf gefährdet wäre (Taeger und Nast-Kolb 2000).

1.4 Prinzipien der Amputationschirurgie

1.4.1 Definitionen

Zu den Minoramputationen zählten früher alle Amputationen bis unterhalb der Knöchelregion, also einschließlich der Chopart-Amputation. Seit Einführung des DRG-Systems zählen hierzu nur noch die Zehenamputation und Zehenstrahlresektion.

Bei den Grenzzonenamputationen liegt die Absetzungslinie exakt an der Nekroselinie. Der Begriff beschreibt die Kombination aus Minoramputation und Schonung von vitalem Gewebe, Nekrosektomie und Débridement.

Majoramputationen schließen alle Amputationen ab der transmetatarsalen Ebene ein (Götz 2011).

Mögliche Amputationshöhen an der unteren Extremität verdeutlicht folgende Tabelle (Wozniak und Baumgartner 2012).

Tabelle 1: Mögliche Amputationshöhen der unteren Extremität

Minoramputation	Majoramputation
<ul style="list-style-type: none"> • Zehenexartikulation • Zehenstrahlresektion 	<ul style="list-style-type: none"> • Transmetatarsal distal/proximal • Lisfranc-Gelenklinie • Bona-Jaeger-Gelenklinie • Chopart-Gelenklinie • Kalkanektomie partiell/total • Pirogoff • Syme • Unterschenkelamputation nach Burgess oder Brückner • Kniegelenksexartikulation • Oberschenkelamputation distal/proximal • Hüftexartikulation

1.4.2 Spezielle Amputationschirurgie am Beispiel der Unterschenkelamputation

Die Amputation auf Unterschenkelhöhe, auch transtibiale Amputation genannt, wird durchgeführt, wenn eine Amputation auf Fußhöhe nicht mehr möglich ist (Baumgartner 2006).

Das Operationsziel einer Unterschenkelamputation ist die Bildung eines möglichst peripheren, schmerzlosen und prothetisch versorgbaren Stumpfes mit einer ausreichend belastbaren Stumpfspitze und frei beweglichem Kniegelenk. Für die Zukunft des Patienten ist der Erhalt des Kniegelenks von entscheidender Bedeutung. Hierbei spielen nicht allein die biomechanischen, sondern auch die propriozeptiven Eigenschaften des Kniegelenks eine wichtige Rolle (Baumgartner 2011).

Die Amputationstechnik nach Burgess stellt die geeignetste Methode dar, die für jede Ätiologie anwendbar ist: Die Narbe lässt sich durch die Schnittführung (siehe Abbildung 1) mit Bildung eines sehr kurzen Vorder- und eines sehr langen Hinterlappens außerhalb der Belastungszone legen. Diese Schnittführung ermöglicht die Kompression der Narbe bei Belastung und nicht deren Auseinanderweichen.

Nach Inzision von Haut und Subkutis wird die Peronealmuskulatur quer durchtrennt (Baumgartner 2011). Nach Durchtrennung und Kürzung der fibularen Gefäße und Nerven wird zuerst die Fibula und dann die Tibia mit Hilfe einer Säge abgesetzt. Die Fibulavorderkante wird angeschrägt und die Knochenenden abgerundet. Abbildung 2 zeigt die darauffolgende Präparation des dorsalen Weichteilmantels, welcher in Richtung der dorsalen Hautinzision erfolgt und entlang der Hinterkante der Unterschenkelknochen verläuft (Taeger und Nast-Kolb 2000). Hierbei ist es wichtig, den Nervus suralis, welcher sich an der Spitze des Hinterlappens befindet, glatt zu durchtrennen. Kommt dieser in der Hautnarbe zu liegen, kann er lokale Schmerzen hervorrufen (Baumgartner 2011).

Es wird als sinnvoll erachtet, eine Volumenreduktion der Tricepsmuskulatur durchzuführen. Dafür bietet sich der Musculus soleus besonders an, da dieser schlechter arteriell perfundiert ist als die Köpfe des Musculus gastrocnemius, was bei Patienten mit AVK besondere Relevanz hat (Taeger und Nast-Kolb 2000). Auch wird der Amputationsstumpf durch die Resektion des Musculus soleus zylindrisch statt birnenförmig, was die Prothesenversorgung erleichtert (Baumgartner 2011).

Anschließend wird die verbliebene Muskulatur ventral über die abgerundete Tibia- und Fibulaknochenkante geschlagen und die Muskulatur von dorsal nach ventral am Periost der Tibiakante festgenäht (siehe Abbildung 3) (Brückner 2007). Ein spannungsfreier Wundverschluss mit Vereinigung von Vorder- und Hinterlappen unter ausreichender Drainage des Wundgebiets sollte stets angestrebt werden (Schofer et al. 2002), wobei auf die gleichmäßige Verteilung der Überlänge des Hinterlappens zu achten ist (Baumgartner 2011).

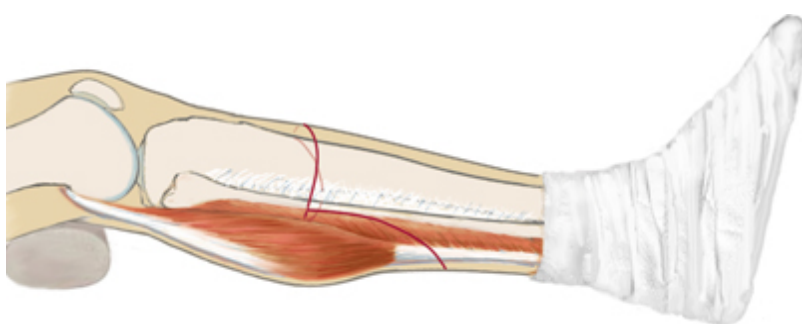


Abbildung 1: Markierung des Hautschnittes

Baumgartner 2011, S. 282. Mit freundlicher Genehmigung von Springer Nature (Springer-Verlag)

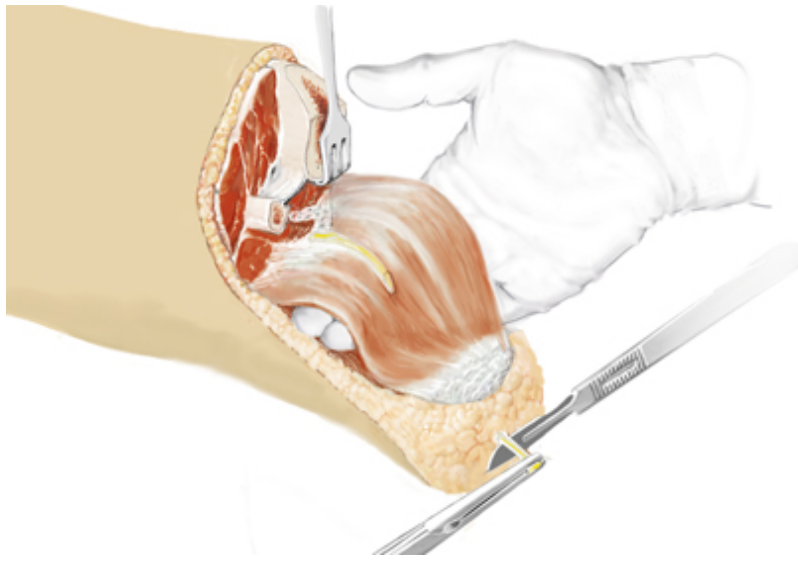


Abbildung 2: Präparation des Hinterlappens

Baumgartner 2011, S. 284. Mit freundlicher Genehmigung von Springer Nature (Springer-Verlag)

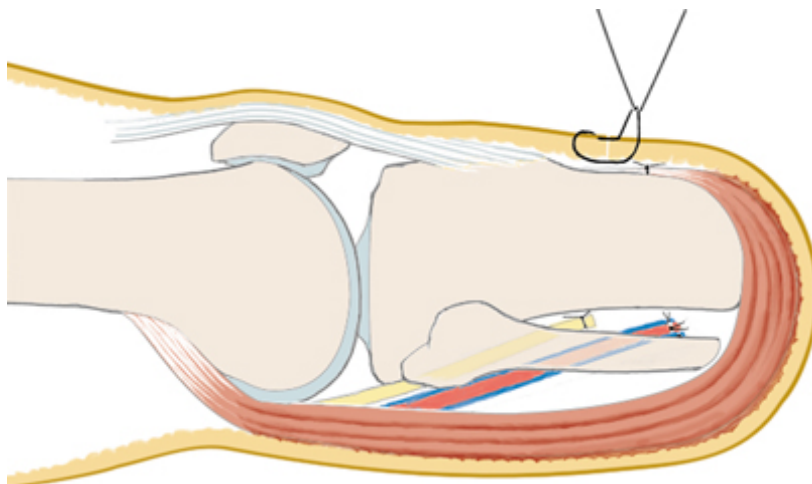


Abbildung 3: Wundverschluss

Baumgartner 2011, S. 285. Mit freundlicher Genehmigung von Springer Nature (Springer-Verlag)

Die standardisierte Unterschenkelamputation nach Brückner stellt eine Weiterentwicklung der Unterschenkelamputation nach Burgess dar. Hierbei erfolgt die vollständige Entfernung der Fibula und aller Muskeln bis auf den Musculus gastrocnemius medialis sowie Teile des Musculus gastrocnemius lateralis. Mit dieser standardisierten Operationstechnik kann in 93% der Fälle ein Erhalt des Kniegelenks erzielt werden. Ein Nachteil stellt jedoch die geringe Stumpflänge dar (Brückner 2007).

1.5 Postoperative Wundbehandlung und Nachsorge

Nach der erfolgreichen Operation liegt das Augenmerk postoperativ in der suffizienten Wundbehandlung und frühfunktionellen Formung des Stumpfes. Die Wundtherapie unterscheidet sich nicht von der einer primär heilenden chirurgischen Wunde und wird im nachfolgenden Abschnitt kurz beschrieben. Adjuvant sollte auch für eine suffiziente Analgesie gesorgt werden.

1.5.1 Lagerungsmaßnahmen

Da sich postoperativ häufig ein Ödem und eine Lymphabflussstauung im Stumpfgebiet entwickelt, sollte der Stumpf in den ersten Tagen nach der OP frei gelagert und gut gepolstert werden. Als abschwellende Maßnahme hat sich die Hochlagerung des Beins bewährt. Eine Lagerung über Herzhöhe sollte allerdings kritisch abgewägt werden, da die meisten Amputationen aufgrund von Durchblutungsstörungen erfolgen und so die Gefahr einer Minderperfusion entstehen könnte. Die Anwendung von Kühlaggregaten oder Eiskompressen als abschwellende Maßnahme hat sich nicht bewährt (Ramczykowski und Schildhauer 2017).

1.5.2 Wundverband

Die Wunde und Drainage müssen am Operationstag inspiziert werden, um pathologische Veränderungen im Wundgebiet frühzeitig zu erkennen. Wundverbände sollten täglich bis zum Abschluss der Wundheilung erneuert werden. Spätestens am fünften postoperativen Tag ist mit einem Rückgang der Sekretion zu rechnen, die zu jedem Zeitpunkt serös erscheinen sollte. Eine blutige oder zellreiche Sekretion gibt Hinweise auf einen Wundinfekt oder eine Nachblutung, welche eine frühzeitige operative Revision erfordert (Ramczykowski und Schildhauer 2017). Die Fadenentfernung sollte nach zwei, bei verminderter Durchblutung nach drei, Wochen erfolgen (Baumgartner 2014).

1.5.3 Kompressionstherapie

Wundbandagen haben das Ziel, die Wundnaht zu komprimieren und die Weichteile auf das knöcherne Stumpfenende zu fokussieren, sodass ein Stumpf geformt wird, der eine optimale Passform für eine spätere Prothesenanpassung bietet. Die Kompressionstherapie erfolgt stadienadaptiert anhand der Wundverhältnisse und kann bereits in der ersten postoperativen Woche begonnen werden. Die Kompression soll nach proximal hin abnehmen, damit Blut und Lymphe ungestört abfließen können. Eine Strangulation ist hierbei auf jeden Fall zu vermeiden (Jokuszies 2011).

1.5.4 Physiotherapie mit provisorischer Prothesenversorgung

Erst nach Abschluss der Wundheilung ist es möglich, mit Übungsprothesen ein sogenanntes Prothesentraining zu beginnen. Diese benötigen keine individuelle Anpassung und kommen zum Einsatz, wenn der Stumpf noch stark geschwollen ist. Diese Prothesen, welche auch Interimsprothesen genannt werden, dienen der Krankengymnastik und Stumpfformung. Ebenso haben Interimsprothesen das Ziel der Volumenreduktion des Stumpfes, eine Verbesserung der Hauttrophik und der Hautverschieblichkeit. Eine Mobilisation ist mit diesen Therapiegeräten nicht vorgesehen.

Die Erstellung einer vorläufigen Gehprothese erfolgt erst nach vollständiger Stumpfkonsolidierung. Es vergehen auch bei regulärem Verlauf mindestens vier bis sechs Wochen bis sich ein fester Stumpf geformt hat, der einer Prothesenversorgung standhält (Ramczykowski und Schildhauer 2017; Jokuszies 2011).

1.6 Postoperative Komplikationen nach amputativen Maßnahmen

Die Komplikationsrate ist wegen der überproportionalen Häufigkeit der Amputationsursachen „AVK“ und/oder Diabetes mellitus an der unteren Extremität generell erhöht. Hierbei handelt es sich nicht nur um lokale, sondern auch um systemische Komplikationen. Lokale Komplikationen treten in Form von Wundheilungsstörungen und/oder damit verbundenen Infektionen auf, die ihre Ursache in lokalen Durchblutungsstörungen mit eingeschränkter Vitalität der Gewebe im Operationsgebiet finden. Bei den systemischen Komplikationen liegen die Ursachen in zusätzlichen, durch die Grunderkrankung ausgelösten Folgeerkrankungen, einem reduzierten Allgemeinzustand oder fortgeschrittenem Alter (Taeger und Nast-Kolb 2000).

Bei Amputationen ist das Risiko von Wundheilungsstörungen deutlich größer als bei anderen Operationen. Die Ursachen dafür sind große Wundflächen, geschädigtes Gewebe,

verminderte Blutversorgung und nicht selten Infektionen. Im Zweifelsfall und bei Infektionen immer, ist die Wunde offen zu behandeln und sollte erst bei sauberen Wundverhältnissen sekundär verschlossen werden. Um postoperative Wundheilungsstörungen schnell zu erkennen, muss bei jedem Verbandswechsel auf die Anzeichen einer gestörten Wundheilung geachtet werden (Debrunner 2005).

Im Folgenden werden einige Aspekte genannt, die zu den sogenannten Frühkomplikationen zählen.

1.6.1 Wundinfektion

Wundinfektionen entstehen durch intraoperative Kontamination des Operationsgebietes oder durch ein infiziertes Hämatom, Serom oder einen Fremdkörper. Als klinisches Erscheinungsbild dominieren Rötung, Schwellung, Fieber und Lymphangitis (Röthlin 2012). Der Verlauf einer Wundinfektion wird durch Qualität, Quantität und Virulenz des Erregers bestimmt. Neben der Gewinnung einer Gewebeprobe zur mikrobiologischen Untersuchung spielen auch die Resistenzlage des Organismus und die örtlichen Gewebeverhältnisse eine Rolle (Thiede und Debus 2008). Therapeutisch sollte eine Wundrevision erfolgen (Röthlin 2012). Die Wundrevision beinhaltet die Exploration der Wunde bezüglich der Tiefe, Ausdehnung, Durchblutung, Kontamination, Fremdkörper und Begleitverletzung (Weise 2008).

1.6.2 Wunddehiszenz

Eine Wunddehiszenz wird als ein postoperatives Auseinanderweichen der Gewebeschichten einer Wunde bezeichnet. Durch tiefer gelegene Wundheilungsstörungen infolge von Hämatomen, Seromen oder auch Nahtspannungen können solche Wunddehiszenzen verursacht werden. Auch hohe mechanische Beanspruchung und mangelnde Ruhigstellung spielen eine ätiologische Rolle. Oberflächliche Wunddehiszenzen werden durch Ruhigstellung (zur Entlastung von Zugspannungen) und Klammerpflaster behandelt (Thiede und Debus 2008).

1.6.3 Hämatom- und Serombildung

Bei der Ausbildung eines Hämatoms/Seroms am Amputat besteht die Gefahr, dass Weichteile unter Spannung gesetzt werden und damit ein innerer Dekubitus entstehen kann. Das Hämatom/Serom sollte sofort ausgeräumt oder punktiert werden, da sich ansonsten das Risiko für Nekrosen und Infekte erhöht und die Wundheilung verlängert wird (Baumgartner und Brückner 2016).

1.6.4 Neurombildung

Auch ein Nerv bildet nach Durchtrennung eine typische Narbe, welche mit einer Verdickung einhergeht. Kommt es intraoperativ zu einer fehlenden Kürzung der Nerven, welche dann in der Muskulatur verbleiben und knapp unter der Haut oder auf dem Knochen zum Liegen kommen, werden diese einem unphysiologischem Druck ausgesetzt. Dieser Druck auf die sogenannten Nervennarben kann schmerzhaft elektrisierend sein. Der Nervenstumpf ist oft die Ursache für das Auftreten von Stumpf- und Phantomschmerzen (Baumgartner und Brückner 2016).

1.6.5 Hautlappenthrombose

Lappenthrombosen werden an der lividen Verfärbung der Haut erkannt, woraus eine insuffiziente Durchblutung des Amputationsgebietes resultiert. Strangulierende Hautnähte sollten entfernt und gegebenenfalls durch Steristrips ersetzt werden (Baumgartner 2014). Blutegel können, wenn sie rechtzeitig eingesetzt werden, frische Hautlappenthrombosen auflösen (Wozniak und Baumgartner 2012).

1.6.6 Durchblutungsstörung

Die postoperative Ischämie des Stumpfes entsteht durch eine unzureichende Kollateralkreislaufbildung bei chronisch arterieller Verschlusskrankheit. In solchen Fällen sollte die gewählte Amputationshöhe kritisch bewertet und hinterfragt werden. Die Bildung von Thrombosen in den Venen, vor allem beim Belassen des M. soleus bei Unterschenkelamputation, kann eine weitere Ursache für eine Zirkulationsstörung am Amputat sein (Baumgartner und Brückner 2016).

Liegt die Kausalität einer Wundheilungsstörung in einer nicht angemessenen Perfusion und ist diese nicht änderbar, kann der drohende Gewebsverlust kaum verhindert werden (Wozniak und Baumgartner 2012).

1.6.7 Haut- oder Muskelnekrose

Für die Entstehung von Nekrosen stellen arterielle und venöse Durchblutungsstörungen und Druckulzera entscheidende Risikofaktoren dar. Oberflächliche, kleinflächige Nekrosen können zunächst konservativ behandelt werden. Bei tiefen Nekrosen (Haut- und Muskelnekrosen) ist die operative Stumpfrevision jedoch immer indiziert und durch ein ausgedehntes Débridement therapierbar. Bei verspäteter chirurgischer Therapie steigt die Letalität der Patienten auf über 50% an. Nach dem Débridement ist eine offene Wundbehandlung mit ggf.

Vakuumtherapie und sekundärem Wundverschluss indiziert. Ebenso ist nach Bestimmung der Resistenzlage eine gezielte antibiotische Therapie erforderlich (Hoffmann 2013). Die Exzision en bloc und die spannungsfreie Adaptation der Haut (wenn nötig unter Kürzen der Knochen) stellen ebenfalls therapeutische Alternativen dar (Baumgartner 2014).

1.7 Therapieansätze bei postoperativen Komplikationen nach amputativen Maßnahmen

Zusätzlich zu den grundlegenden postoperativen Maßnahmen der Wundbehandlung und Nachsorge wird im folgenden Abschnitt auf weitere Therapieoptionen bei chirurgischen Komplikationen nach einer Amputation eingegangen.

Vorrangiges Ziel der Therapie einer Wundheilungsstörung bzw. chronischen Wunde ist die Schaffung eines infektfreien, vitalen Areals ohne Nekrosen. Nach der Wundbeurteilung beginnt die Therapie daher oft mit einem chirurgischen Débridement zur Reinigung der Wunde und Infektbegrenzung, wobei auf die Schonung des umliegenden Weichteilgewebes geachtet werden muss. Sobald die Infektsituation beherrscht ist, schließt sich die lokale Wundtherapie an, mit der die Wunde möglichst optimal zur Abheilung gebracht werden soll (Weidenhagen und Koeppel 2013).

1.7.1 Wundbeurteilung

Am Beginn der Therapie steht das Erkennen und Beschreiben des Zustandes und des Heilungsprozesses der chronischen Wunde. Dies ist essenziell für das weitere therapeutische Vorgehen. Eine entscheidende Rolle bei der Beschreibung der Wunde spielen Lokalisation, Größe, Tiefe, Einbeziehung von umgebenden Strukturen und das Heilungsstadium. Ebenso sollten der Grad der Infektion und das Vorliegen einer Exsudation erfasst werden. Die Entscheidung, inwiefern eine chirurgische Wundreinigung forciert werden muss, obliegt der klinischen Einschätzung (Weidenhagen und Koeppel 2013).

1.7.2 Infektkontrolle

Chronische oder sekundär heilende Wunden sind häufig mit einer Vielzahl von Bakterien besiedelt. Steigt die Keimlast in einer Wunde an, führt die daraus resultierende Infektion zu einer Beeinträchtigung der Wundheilung. Eine gezielte systemische antibiotische Therapie nach Antibiogramm ist dringend indiziert, wenn klinische Zeichen einer manifesten Infektion (z. B. Phlegmone), ausgehend von der Wunde, vorliegen (Weidenhagen und Koeppel 2013).

1.7.3 Chirurgisches Débridement mit Nekrosektomie

Das Débridement ist definiert als Entfernung von avitalen, nekrotischen oder schwer traumatisiertem Gewebe aus einer Wunde (Dissemond und Goos 2004). Hierbei werden Nekrosen und feste Beläge mit einem scharfen Löffel oder einem Skalpell auskürettiert. Die richtige Tiefe gilt als erreicht, wenn das verbleibende Gewebe blutet. Aufgrund der Schmerzhaftigkeit erfolgt das Débridement meist operativ mit Anästhesie. Die Wundfläche sollte nach dem Débridement chemisch oder mechanisch durch Unterdrucktherapie zur Granulation angeregt werden (Hanke 2016).

1.7.4 Vakuumtherapie

Die Vakuumtherapie, auch VAC (vacuum-assisted-closure) genannt, gilt als unverzichtbarer Bestandteil einer offen geführten Wundreinigung, temporären Wundokklusion und Ödemreduktion. Hierbei wird subatmosphärischer Druck auf die Wundoberfläche ausgeübt, indem man einen offenporigen Schwamm flächig auf der gesamten Wundfläche verteilt und mittels einer Pumpe eine Sogwirkung erzeugt. Um die Ansaugung von Umgebungsluft zu vermeiden, wird die Wunde durch eine wasserundurchlässige, transparente und keimdichte Polyurethanfolie abgeklebt. Das System der Vakuumtherapie dient der Angiogeneese, Neubildung von Granulationsgewebe und Absaugung von Wundsekret. Die so geschaffene Konditionierung ermöglicht ein sauberes Wundbett für eine spontane Epithelialisierung (Aust 2011).

1.7.5 Therapielarven und Blutegel

Die Madentherapie ist als ein wirksames und gewebeschonendes Débridement anerkannt. Bei dieser Therapieform geben die Maden Verdauungssäfte ab, die im Wundbereich nekrotisches Gewebe verflüssigen und von ihnen aufgenommen werden. Die Akzeptanz des Patienten entscheidet im Wesentlichen über die Praktikabilität dieses Therapieverfahrens.

Die Therapie mit Blutegeln zählt zu den ältesten Therapieformen der Welt. Pro Anwendung werden vier bis sechs Blutegel verwendet. Diese beißen sich durch die Dermis und injizieren dort ein Antikoagulum, welches so die Blutzirkulation in Gang setzt. Ihre Wirkstoffe Hirudin und Eglin wirken antiphlogistisch und antiödematös. Die Blutegeltherapie findet vor allem Anwendung bei postoperativen Lappenthrombosen, wobei ein frühzeitiger Therapiebeginn entscheidend ist (Ziegenthaler und Baumgartner 2016).

1.7.6 Nachamputation

Erreichen alle oben genannten Maßnahmen nicht das Ziel einen schmerzfreien und funktionsstüchtigen Stumpf zu schaffen, ist eine wiederholte Amputation im Sinne einer höheren Amputation oder einer Stumpfkorrektur notwendig. Eine Nachamputation ist indiziert bei Stumpfproblemen, welche durch Neuromschmerzen, Muskelnekrosen, insuffizient abgerundete Knochenkanten, Entzündungen bzw. Durchblutungsstörungen hervorgerufen werden. Eine Nachresektion im Sinne einer höheren Amputation sollte stets so peripher wie möglich oder bei Stumpfkorrekturen kombiniert mit Neuromresektion, Nervenverkürzung, Stumpfabbildung und Entfernung nekrotischer Muskelanteile erfolgen (Greitemann 2017).

1.8 Zielstellung

Ziel dieser Studie ist es, die chirurgische Komplikationsrate und somit den Behandlungsverlauf nach einer Amputation an der unteren Extremität anhand eines Patientenkollektivs aus der Klinik für Unfallchirurgie, Orthopädie und Plastische Chirurgie an der Universitätsmedizin in Göttingen zu ermitteln. Des Weiteren soll die Abhängigkeit chirurgischer Komplikationen von Alter, Amputationshöhe, Ursachen und Komorbiditäten sowie Medikamenteneinnahme untersucht werden. Auch spielen in diesem Zusammenhang der Lebensstil, präoperative gefäßchirurgische Interventionen sowie die Krankenhausverweildauer eine Rolle, die in die Auswertung dieser Studie miteinbezogen wurden.

Es ergeben sich folgende Fragen, die in diesem Zusammenhang auftreten und im Rahmen dieser Studie beantwortet werden sollen:

1. Was sind die Ursachen für eine Amputation an der unteren Extremität am Patientenkollektiv der Universitätsmedizin Göttingen?
2. Wie häufig treten postoperativ chirurgische Komplikationen auf? Welche Rolle spielen dabei das Alter, die Amputationshöhe und Begleiterkrankungen?
3. Wie viel Prozent der Patienten müssen aufgrund chirurgischer Komplikationen nachamputiert werden? Wie häufig gehen Minoramputationen in eine Majoramputation über?
4. Inwiefern verändert sich die Krankenhausverweildauer bei chirurgischen und medizinischen Komplikationen?
5. Haben präoperative gefäßchirurgische Interventionen sowie die Einnahme von ASS 100 einen Einfluss auf die Komplikationsrate?

2 Material und Methoden

2.1 Patientengut

In einer retrospektiven Studie wurden Amputationen im Bereich der unteren Extremität am Klinikum der Georg-August-Universität in Göttingen untersucht. Das Zeitintervall der Betrachtung lag zwischen den Jahren 2011 und 2014. Das Patientenkollektiv umfasste 109 Patienten. Auswahlkriterien für die Teilnahme an dieser Studie waren Patienten jeglichen Alters und Geschlechts mit Amputationen an der gesamten unteren Extremität. Wurden Patienten schon vor 2011 an der unteren Extremität amputiert, wurde dies berücksichtigt, jedoch nicht weiter in die Auswertung miteinbezogen. Daher gilt eine in diesen Zeitraum an der Universitätsklinik Göttingen durchgeführte Amputation als Primäramputation.

2.2 Datenerhebung

Noch vor Beginn der Studie wurde ein Antrag zur Aufnahme in die Liste der Promotionskandidaten der Universitätsmedizin Göttingen gestellt. Der Promotionsausschuss bewilligte die Datenauswertung laut des Bescheids vom 23.06.2016 und erhob keine rechtlichen Bedenken bezüglich dieses Forschungsprojekts.

Mittels Aktenanforderung im Archiv der Universitätsmedizin wurden die entsprechenden Operations- sowie Pflegeberichte und ärztlichen Entlassungsbriefe gesichtet und auf verschiedenste Aspekte untersucht. Diese wurden kodiert und analysiert, sodass eine standardisierte, anonymisierte Datenerfassung erfolgen konnte.

Neben epidemiologischen Daten wie Alters- und Geschlechtsverteilung wurden auch die Amputationshöhen sowie deren Ursachen, chirurgische Komplikationen, Nachamputationen, präoperative gefäßchirurgische Interventionen, die Vormedikation und die Rate der prothetischen Hilfsmittelversorgung analysiert. Ausgewertet wurden neben den bereits genannten Daten auch die Krankenhausverweildauer, der Lebensstil (Body-Mass-Index und Zigarettenkonsum) sowie Komorbiditäten zur Feststellung etwaiger Zusammenhänge mit den eben genannten Aspekten.

Das Hauptaugenmerk dieser Analyse lag auf den postoperativen Komplikationen nach Primäramputation. Um diese genauer eruieren zu können, wurden alle Patienten auf Begleiterkrankungen und oben genannte Kriterien geprüft und anschließend nach ihrer Amputationshöhe in „Minor“- oder „Majoramputation“ als Primäramputation eingeteilt.

Zu der Gruppe der Minoramputationen wurden die Zehe(n)- bzw. Zehenstrahlamputationen gezählt. Zu den Majoramputationen gehören die Vorfußamputation nach Chopart und Lisfranc, distale bzw. proximale Unterschenkelamputation, Knieexartikulation, proximale bzw. distale Oberschenkelamputation und die Hüftgelenksexartikulation.

Die Ursachen für eine Amputation sind in Tabelle 2 aufgelistet. Diese wurden in den Arztbriefen und OP-Berichten als Amputationsursachen erwähnt. Da die periphere arterielle Verschlusskrankheit den Großteil der arteriellen Zirkulationsstörungen ausmacht, wurde diese in einem separaten Unterpunkt aufgeführt. Alle Arten der Zirkulationsstörungen sowie Diabetes mellitus gingen mit Entzündungsgeschehen bzw. einer drohenden Sepsis einher, die einen wichtigen Aspekt in der Indikationsstellung für eine Amputation darstellten. Sowohl bei den Entzündungen und Zirkulationsstörungen als auch bei den Traumata wurden nur die wichtigsten Unterpunkte genannt.

Tabelle 2: Amputationsursachen

Ursache für eine Amputation	Dazu zählen:	Drohende Sepsis durch begleitende Entzündungsgeschehen
Arterielle Zirkulationsstörungen	pAVK bei Arteriosklerose	Nekrosen, Gangrän, Phlegmone, Ulceration
Diabetes mellitus	Typ 1 + Typ 2	
(Weitere) Zirkulationsstörungen arteriell, venös, lymphatisch	u. a. Allgemeine Atherosklerose, diabetische Angiopathie, venöse Insuffizienz, thrombembolische Geschehen	
Entzündungen (drohende Sepsis)	u. a. Chronische Osteitis / Osteomyelitis mit Fistelbildung, Wundheilungsstörungen nach Voramputationen, nekrotisierende Faziitis	-
Traumata	u. a. Schnitt-, Säge- und Walzenverletzungen, Polytrauma nach Verkehrsunfall	-

Um die Auswertung zu erleichtern, wurden die Vorerkrankungen, wie in Tabelle 3 dargestellt, in verschiedene Gruppen eingeordnet. War ein Patient bspw. an mehreren kardiovaskulären Komorbiditäten erkrankt, wird die Gruppe der kardiovaskulären Erkrankungen in den Ergebnissen dennoch nur einmal erwähnt. Jede Gruppe kommt pro Patient maximal einmal vor, wohingegen jeder Patient an maximal acht Begleiterkrankungen leiden konnte.

Die genannten Begleiterkrankungen wurden in den Arztbriefen als Nebendiagnosen aufgelistet.

Tabelle 3: Gruppe der Komorbiditäten

Vorerkrankungen
1.) Kardiovaskuläre Erkrankungen
2.) Diabetes mellitus
3.) Pulmonale Erkrankungen
4.) Thrombembolische Geschehen
5.) Neurologische Erkrankungen
6.) Stoffwechselstörungen
7.) Nephrologische Erkrankungen
8.) Erkrankungen der Schilddrüse

Um das Komplikationsspektrum genauer betrachten zu können, erfolgte die Einteilung der chirurgischen Komplikationen in Wundheilungsstörungen, entzündliche Prozesse und sonstige. Sonstige Komplikationen bedeuten Blutungen, Hämatome sowie die Ausbildung von Wundseromen oder Neuromen. In die Kategorie der entzündlichen Prozesse wurden Ulkusbildungen, Abszesse und Nekrosen gezählt. Zu den Wundheilungsstörungen zählt die alleinige Wunddehiszenz bzw. prolongierte Wundheilung ohne zusätzliche Angaben von entzündlichen Begleitprozessen. Da entzündliche Prozesse in einigen Fällen mit Wundheilungsstörungen einhergehen, wurden diese in einer gesonderten Kategorie, die beide Komplikationsformen zusammenfasst, gewertet.

Neben chirurgischen Komplikationen wurden auch medizinische Komplikationen analysiert. Zu den hämatologischen Komplikationen zählten die Blutungsanämie und die Elektrolytverschiebung. Gastrointestinale Beschwerden traten am ehesten bei antibiotikaassoziierten Diarrhoen, Koprostasen oder Ileus auf. Kardiovaskuläre Komplikationen waren pektanginöse Beschwerden, Myokardinfarkte und die kardiale Dekompensation bei Herzinsuffizienz.

Urologische (Harnwegsinfekt und Harnverhalt) und pulmonale (Pneumonie) sowie nephrologische (Niereninsuffizienz, Nierenversagen) Komplikationen wurden ebenfalls in die Analyse einbezogen. Eine dermatologische Komplikation trat im Sinne eines antibiotikainduzierten Hautausschlages auf.

Zu den gefäßchirurgischen Interventionen im Vorfeld einer Amputation zählten die interventionelle Angioplastie und die Bypassoperation.

Die Einteilung der Vormedikation erfolgte in Wirkstoffklassen.

Bei traumatischer Amputationsgenese kamen der Stumpfstrumpf, die Vorfußprothese, die Interims-Prothese, die Unterarmgehstützen und der Rollstuhl als postoperative prothetische Hilfsmittelversorgung in Betracht.

2.3 Datenverarbeitung

Die gewonnenen Daten wurden mit Hilfe von Microsoft Office Excel 2007 (Mac) tabellarisch aufgearbeitet. Für die statistische Auswertung wurde das Programm Statistica® (Version 13.1) genutzt. Mit der freundlichen Unterstützung des Instituts für medizinische Statistik der Universitätsmedizin Göttingen erfolgte sowohl die deskriptive Auswertung als auch die Berechnung verschiedener Korrelationen.

2.4 Statistische Auswertung

Die deskriptive Auswertung umfasste die Häufigkeitsverteilungen von allen ordinalen, nominalen und metrischen Daten. Zur optischen Veranschaulichung wurden Histogramme, Box-Plots, Kreisdiagramme und Häufigkeitstabellen verwendet. Für quantitative Merkmale wurden des Weiteren auch der Median, Mittelwert, das obere und untere Quartil, Minimum und Maximum bestimmt.

Zur Berechnung von Korrelationen zwischen zwei Variablen wurden unterschiedliche Tests verwendet. Zum Einsatz kamen u. a. der t-Test für unabhängige Stichproben, Spearman-Rangkorrelation und die binäre logistische Regression.

Der t-Test für unabhängige Stichproben diente zur Analyse der Altersverteilungen, Krankenhausverweildauer und des Body-Mass-Indexes.

Die Erstellung von Spearman-Rangkorrelationen diente der Beschreibung von Zusammenhängen zwischen zwei Variablen. In dieser Studie wurde die Amputationshöhe mit

chirurgischen Komplikationen sowie die Amputationshöhe mit verschiedenen Vorerkrankungen korreliert.

Eine binäre logistische Regression wurde für die Auswertung des Einflusses der perioperativen Antikoagulation, der Thrombozytenaggregationshemmer und der ASS-100-Einnahme sowie zur Betrachtung präoperativer gefäßchirurgischer Diagnostik erstellt. Die logistische Regression bildet ein Modell zur Vorhersage einer binären Outcome-Variable ab. In diesem Fall bezieht sich die Outcome-Variable auf das Eintreten chirurgischer Komplikationen in Abhängigkeit verschiedener Einflussgrößen, wie bspw. der ASS-100-Einnahme und der gefäßchirurgischen Diagnostik. Die Untersuchung aller möglichen Kombinationen der Einflussvariablen erfolgte nach dem *Best-subset*-Algorithmus. Das signifikanteste Modell wurde herausgesucht und mittels Odds Ratio näher betrachtet. Die Odds Ratio schätzt in diesem Fall die Chance auf chirurgische Komplikationen im Vergleich von zwei Gruppen ein. (Exner 2002).

3 Ergebnisse

3.1 Epidemiologische Daten

Die Auswertung des Patientenkollektivs von 2011 bis 2014 ergab 109 Patienten, davon 72% Männer (78/109) und 28% Frauen (31/109), die in die Studie miteingeschlossen wurden. Bei 72 Patienten (66%) erfolgte eine Major- und bei 37 Patienten (34%) eine Minoramputation.

3.1.1 Altersverteilung

Das Durchschnittsalter der Patienten lag bei 63 Jahren, unabhängig davon, ob eine Minor- oder Majoramputation durchgeführt wurde. Der jüngste Patient war 18 Jahre, der Älteste hingegen 94 Jahre alt (siehe Abbildung 4).

Betrachtet man die Amputationen getrennt, lag das Durchschnittsalter bei Majoramputationen bei 64 Jahren (Median 66 Jahre). Der jüngste Patient wurde im Alter von 23 Jahren majoramputiert, der Älteste im Alter von 94 Jahren. 50% der Patienten waren zwischen 55 und 75 Jahre alt.

Bei Minoramputationen lag das Durchschnittsalter bei 61 Jahren (Median 65 Jahre). Der jüngste Patient war hier 18 Jahre alt und der Älteste hingegen 90 Jahre. 50% der Patienten befanden sich in einem Bereich zwischen 52 bis 71 Jahren.

Anhand des t-Tests für unabhängige Stichproben konnte mit einem errechneten p-Wert von 0,394 kein signifikanter Zusammenhang zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen werden.

Das Durchschnittsalter der Patienten, die aufgrund eines Traumas amputiert werden mussten, lag bei 53 Jahren. Patienten, welche eine atraumatische Amputationsgenese aufweisen sind im Durchschnitt 64 Jahre alt.

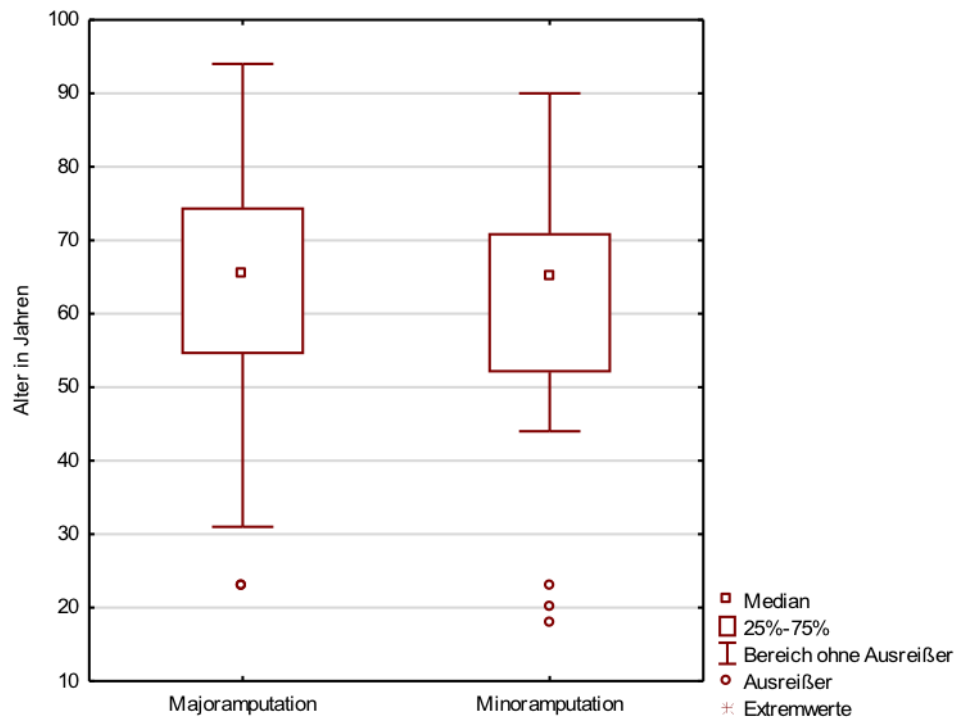


Abbildung 4: Altersverteilung bei Minor- und Majoramputation

3.1.2 Geschlechterverteilung

Die Geschlechterverteilung verhielt sich bei den Primäramputationen folgendermaßen (n=109):

Minoramputation: 26% = 28 Männer

8% = 9 Frauen

Majoramputation: 46% = 50 Männer

20% = 22 Frauen

Die Auswertung ergab, dass sowohl bei den Minor- als auch bei den Majoramputationen überwiegend männliche Personen amputiert wurden. Von 109 Patienten waren 72% männlichen (78/109) und 28% weiblichen Geschlechts (31/109) (siehe Abbildung 5).

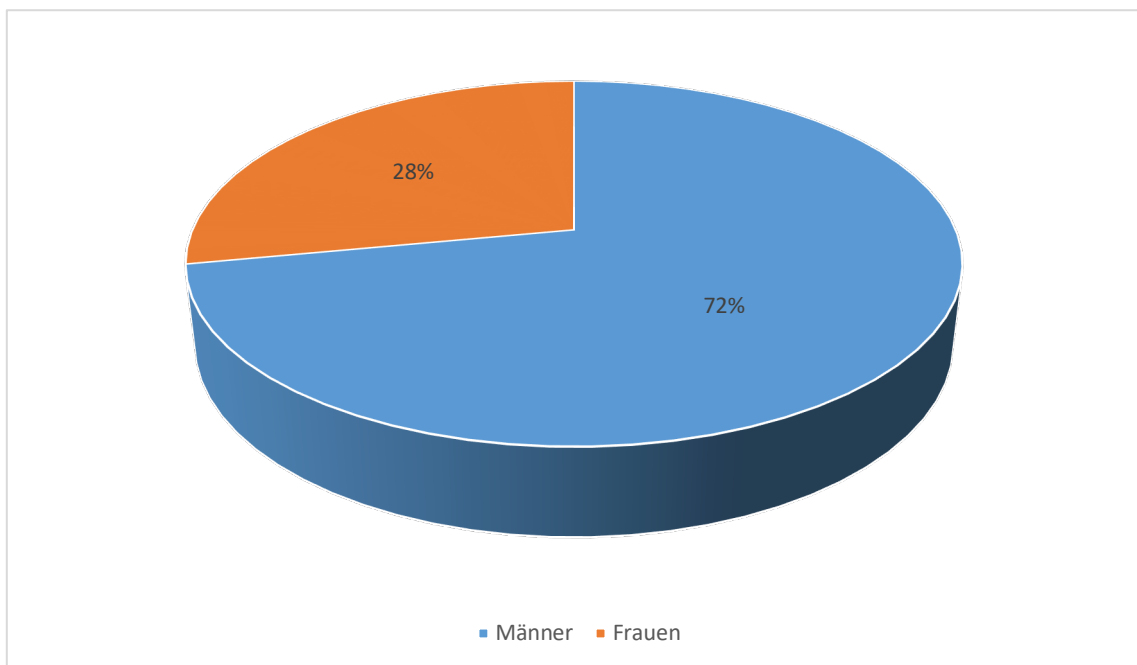


Abbildung 5: Geschlechterverteilung

3.1.3 Alters- und Geschlechtsverteilung unabhängig der Amputationshöhe

Wurde der Zusammenhang zwischen Alters- und Geschlechtsverteilung betrachtet, konnte festgestellt werden, dass Frauen eine breitere Verteilung (Spannweite) des Alters aufwiesen. Anhand des Box-Plots (siehe Abbildung 6) ist zu erkennen, dass die Altersverteilung bei Frauen zwischen 20 und 94 Jahren lag, wobei 50% der Patientinnen in einem Altersbereich zwischen 50 und 77 Jahren amputiert wurden. Der Mittelwert des Alters der Frauen in diesem Patientenkollektiv lag bei 67 Jahren.

Bei den männlichen Patienten hingegen lag die Altersverteilung zwischen 18 Jahren und 90 Jahren. Berücksichtigt werden muss jedoch, dass nur zwei der 78 Männer zum Zeitpunkt der Amputation jünger als 31 Jahre waren. Der Altersmittelwert lag bei 64 Jahren und damit im Verhältnis zu den weiblichen Patientinnen um drei Jahre geringer. Der Wertebereich, in dem sich die mittleren 50% der männlichen Patienten befanden, lag zwischen 55 und 72 Jahren. Es lässt sich erkennen, dass dieser Bereich deutlich schmaler ist als der der weiblichen Patientinnen.

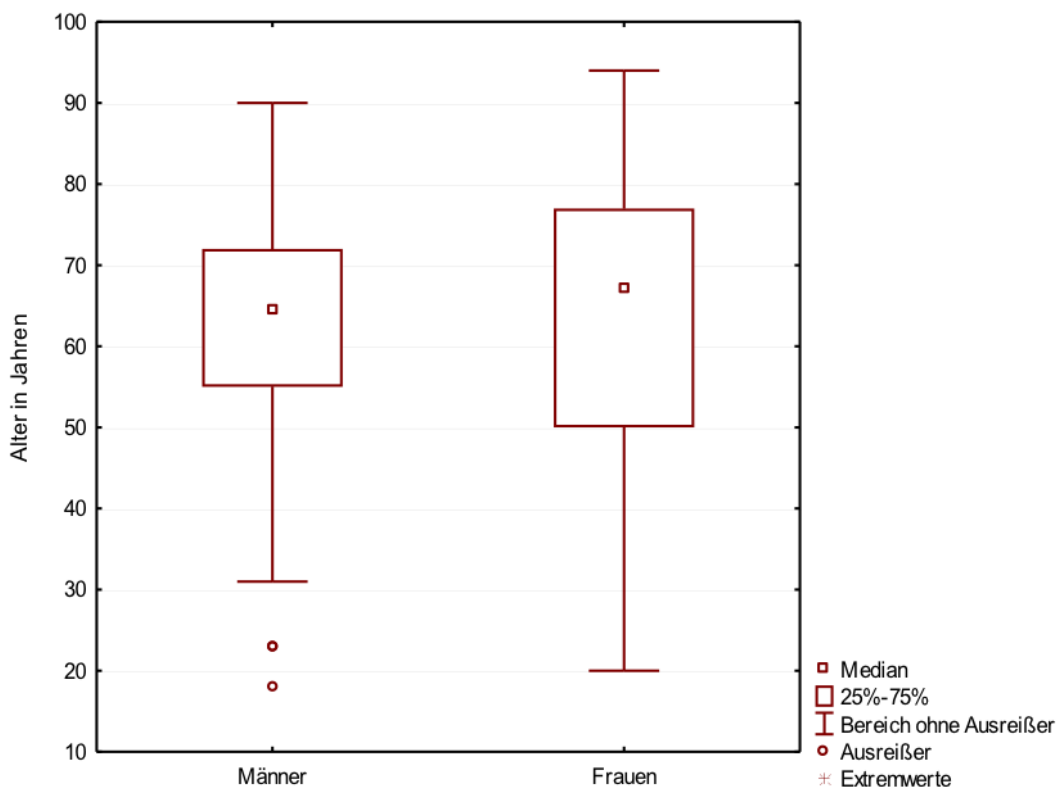


Abbildung 6: Altersverteilung bei Männern und Frauen unabhängig von der Amputationshöhe

3.1.4 Lebensstil

Um einen Teil der Risikofaktoren im Bereich des Lebensstils zu eruieren, wurden der Body-Mass-Index und das Rauchen einbezogen.

Der durchschnittliche BMI betrug bei Minoramputationen $27,5 \text{ kg/m}^2$ und bei Majoramputationen $29,0 \text{ kg/m}^2$. Der angewendete t-Test für unabhängige Stichproben ergab bei einem p-Wert von 0,383 keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Höhe des Body-Mass-Indexes und der Amputationshöhe.

Nur bei 51 Patienten konnten Aussagen zu ihrem Rauchverhalten eruieren werden. Bei den restlichen 58 Patienten fanden sich hingegen bezüglich dessen keinerlei Angaben. Die Anzahl

der definitiven Raucher betrug 18% (9/51) bei Minoramputationen und 27% (14/51) bei Majoramputationen. 45% der Patienten (23/51) waren somit Raucher. 55% der Patienten (28/51) gaben zum Zeitpunkt des Krankenhausaufenthaltes an, Nichtraucher zu sein, dabei 22% (11/51) bei Minoramputation und 33% (17/51) bei Majoramputation.

Das durchschnittliche Alter der Raucher bei Primäramputation betrug 57 Jahre, das der Nichtraucher lag bei 60 Jahren. Es konnte kein signifikanter Altersunterschied zwischen der Gruppe der Raucher- und der Nichtraucherkohorte gezeigt werden (p-Wert 0,535).

Auffallend war, dass die Zahl der Nichtraucher gegenüber den Rauchern dominiert.

Wie in Tabelle 4 ersichtlich ist, war die am häufigsten durchgeführte Amputation bei Rauchern die Unterschenkelamputation, gefolgt von der Zehe(n)amputation. Auch in der Gruppe der Nichtraucher wurden am häufigsten Zehe(n)- und Unterschenkelamputationen durchgeführt. Die Amputationshöhen unterschieden sich nicht deutlich zwischen den beiden Gruppen.

Tabelle 4: Amputationshöhen bei Nichtrauchern und Rauchern

Amputationshöhe	Nichtraucher	Raucher
Zehe(n)	9	6
Zehenstrahl	2	3
Vorfuß	4	3
Unterschenkel	9	7
Knie	3	2
Oberschenkel	1	2
Hüfte	0	0
Gesamtanzahl der Patienten	28	23

In dieser Arbeit wurde auch der Zusammenhang zwischen Rauchverhalten und dem Auftreten chirurgischer Komplikationen betrachtet. Von den 28 rauchenden Patienten hatten 6 Patienten postoperativ chirurgische Komplikationen. Die Gruppe der Nichtraucher verzeichnete bei 12 der 28 Patienten postoperative chirurgische Komplikationen. Somit konnte in diesem Patientenkollektiv keine höhere postoperative Komplikationsrate bei den Rauchern im Vergleich zu den Nichtrauchern bewiesen werden.

3.2 Amputationshöhen bei Primäramputation

Wie im oberen Abschnitt schon erwähnt, wurde das Patientenkollektiv in Minor- und Majoramputationen unterteilt. Um einen allgemeinen Überblick zu erhalten, erfolgte auch die explizite Auftrennung der Amputationshöhen (n=109).

Zehe(n): 27% = 29/109

Zehenstrahl: 7% = 8/109

Vorfuß: 12% = 13/109

Unterschenkel: 28% = 31/109

Knie: 16% = 17/109

Oberschenkel: 9% = 10/109

Hüfte: 1% = 1/109

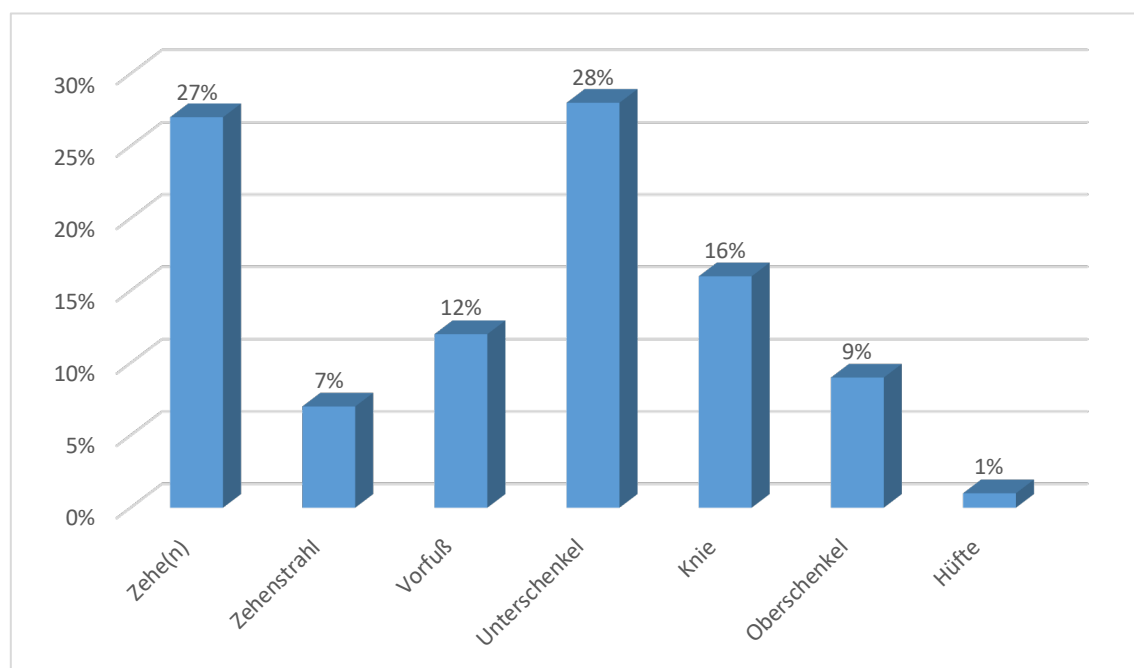


Abbildung 7: Amputationshöhen

Wie anhand des Diagrammes in der Abbildung 7 ersichtlich ist, überwogen die Amputationen einer oder mehrerer Zehen (27%) bzw. die Unterschenkelamputation (28%). Die Hüftgelenksexartikulation hingegen war eine Amputationshöhe, die selten durchgeführt wurde (1%).

In Tabelle 5 ist der Altersdurchschnitt der Patienten, aufgegliedert nach den verschiedenen Amputationshöhen, abgebildet.

Tabelle 5: Altersdurchschnitt in Jahren aufgegliedert nach Amputationshöhen

Amputationshöhe	Patientenzahl	Altersdurchschnitt in Jahren
Zehe(n)	29	66
Zehenstrahl	8	53
Vorfuß	13	63
Unterschenkel	31	62
Knie	17	64
Oberschenkel	10	68
Hüfte	1	61
Gesamt	109	63

3.3 Ursachen für Primäramputation

Im Folgenden werden die Ursachen für eine Amputation näher erläutert, die in Abbildung 8 grafisch dargestellt sind (n=109).

Hervorzuheben ist, dass der wesentliche Grund für eine Amputation (ausgenommen Trauma) mit einem Anteil von 80% eine drohende Sepsis darstellte, welche durch ein Entzündungsgeschehen ausgelöst wurde. Für die Entstehung einer drohenden Sepsis können verschiedene Grunderkrankungen ursächlich sein. Diese sind in Kapitel 3.2, Tabelle 2 näher erläutert und in der Abbildung 8 dargestellt. Zur Übersichtlichkeit wird im nachfolgenden Text die Grunderkrankung als Amputationsursache gewertet, ohne nochmals auf deren Komplikation (Entzündung/Sepsis) einzugehen.

In 36% der Fälle (39/109) konnte ein Zusammenspiel zwischen Diabetes mellitus und pAVK als eine der häufigsten Ursachen für eine Amputation ermittelt werden. In 16% der Fälle (17/109) stellte das Vorliegen einer pAVK die ursächliche Erkrankung dar, die zu einer Amputation führte. Weitere Zirkulationsstörungen (arterieller, venöser oder lymphatischer Genese) traten bei 16% der Patienten auf (17/109). Bei 12% der Patienten (13/109) wurde eine Amputation aufgrund eines Diabetes mellitus durchgeführt. Bei ebenfalls 12% der Patienten (13/109) konnte ein Trauma als eine direkte Indikation für eine Amputation eruiert werden. Den geringsten Anteil an den Amputationsursachen machten alleinig Entzündungs-

geschehen aus, die keiner der oben genannten Ursachen zuzuordnen waren (siehe Tabelle 2). Diese kamen bei 8% der Patienten (9/109) vor.

Auffallend ist, dass 88% der Amputationen aufgrund medizinischer Indikationen und 12% der Amputationen aufgrund eines Traumas durchgeführt wurden.

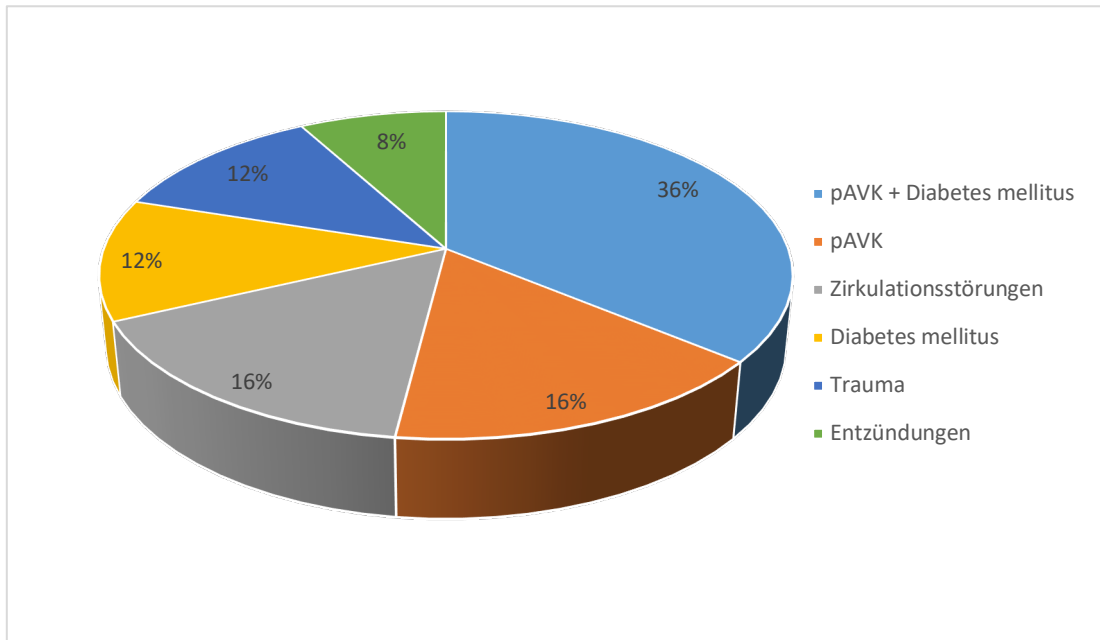


Abbildung 8: Amputationsursachen

Zur Veranschaulichung wurden die Amputationsursachen entsprechend Amputationshöhen nach Minor- und Majoramputation aufgeteilt (siehe Abbildung 9).

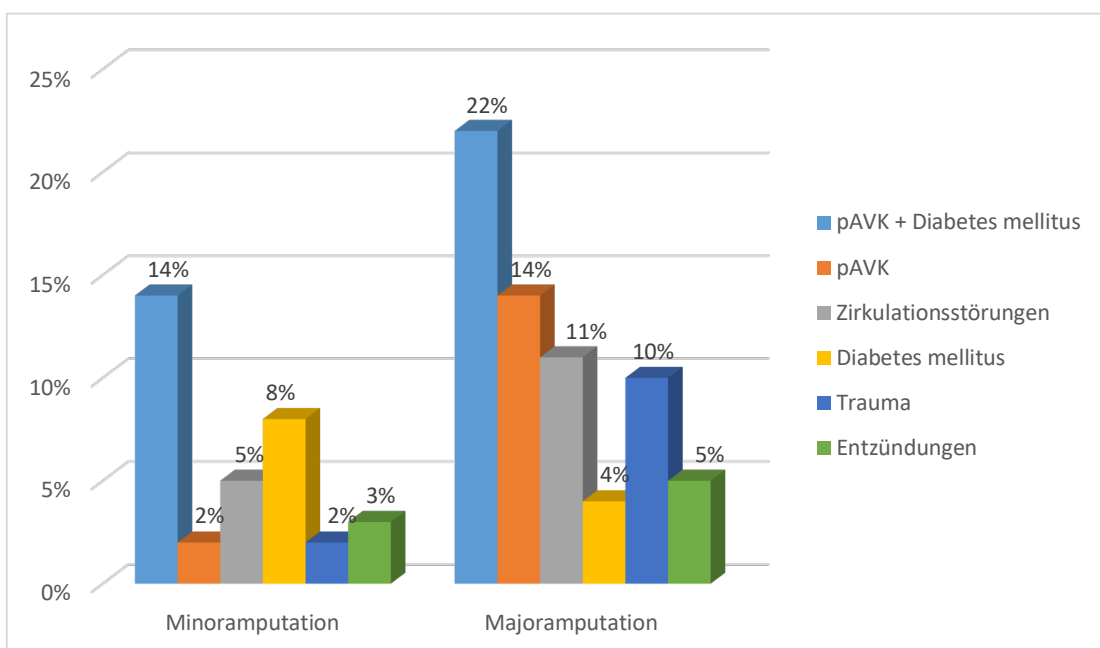


Abbildung 9: Amputationsursachen bei Minor- und Majoramputation

Anhand einer Spearman-Rangkorrelation konnte ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen Amputationshöhe und dem Vorliegen von Diabetes mellitus gezeigt werden (p -Wert 0,027). Dieser sagt aus, dass bei zunehmender Amputationshöhe eine Abnahme der Diabetes mellitus Erkrankung vorlag.

3.4 Komorbiditäten

Die meisten der Patienten, die an der unteren Extremität amputiert wurden, hatten Vor- bzw. Begleiterkrankungen (nähere Erläuterungen zu den Komorbiditäten siehe 3.2, Tabelle 3).

64% der Patienten (70/109) litten an mehreren Vorerkrankungen, die in der Abbildung 10 unter der Kategorie „mehrere“ zusammengefasst wurden.

22% der Patienten (24/109) litten an nur einer Vorerkrankung, davon hatten 15% (16/109) alleinig kardiovaskuläre Erkrankungen als Nebendiagnosen. Bei 6% der Patienten (6/109) spielten neurologische Erkrankungen eine Rolle und jeweils 1% der Patienten (1/109) litten alleinig an Diabetes mellitus oder konnten thrombembolische Geschehen vorweisen. 14% der Patienten (15/109) hatten hingegen keinerlei Begleiterkrankungen.

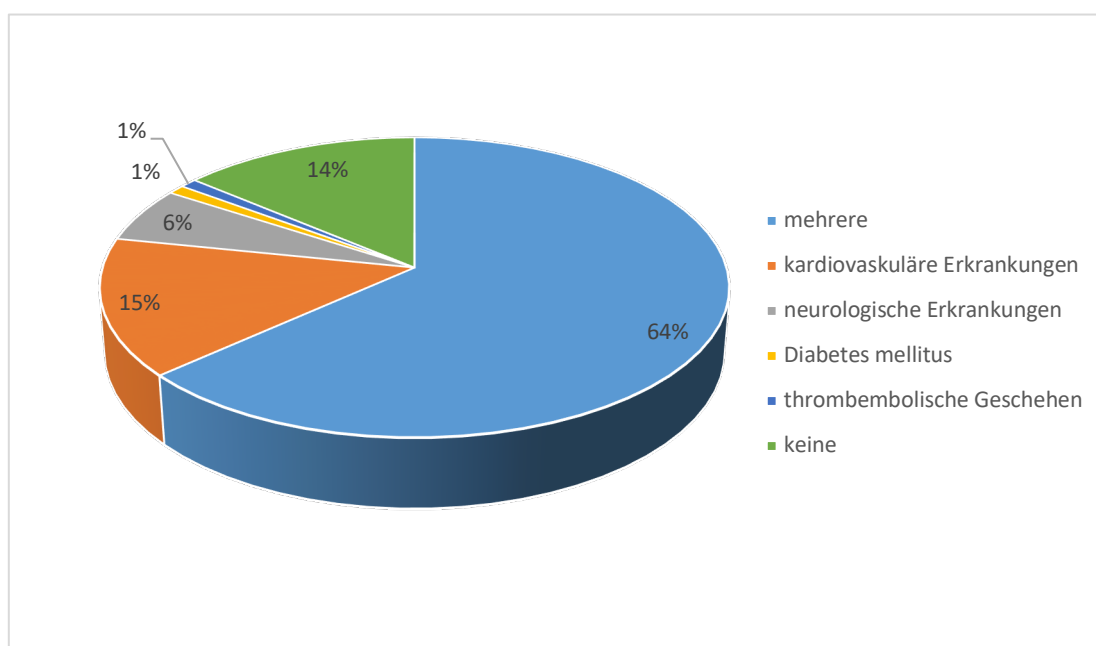


Abbildung 10: Komorbiditäten

Wie in der Abbildung 10 ersichtlich ist, stellte der größte Anteil der Komorbiditäten die Kategorie „mehrere“ dar. Im Folgenden (siehe Abbildung 11) wurden die häufigsten Kombinationen der Komorbiditäten dargestellt ($n=70$). Zu beachten ist jedoch, dass dies nur einen Auszug der zusammen auftretenden Vorerkrankungen darstellt. Die verbleibenden

Begleiterkrankungen lagen unter 5% und wurden deshalb in dieser Studie nicht weiter berücksichtigt.

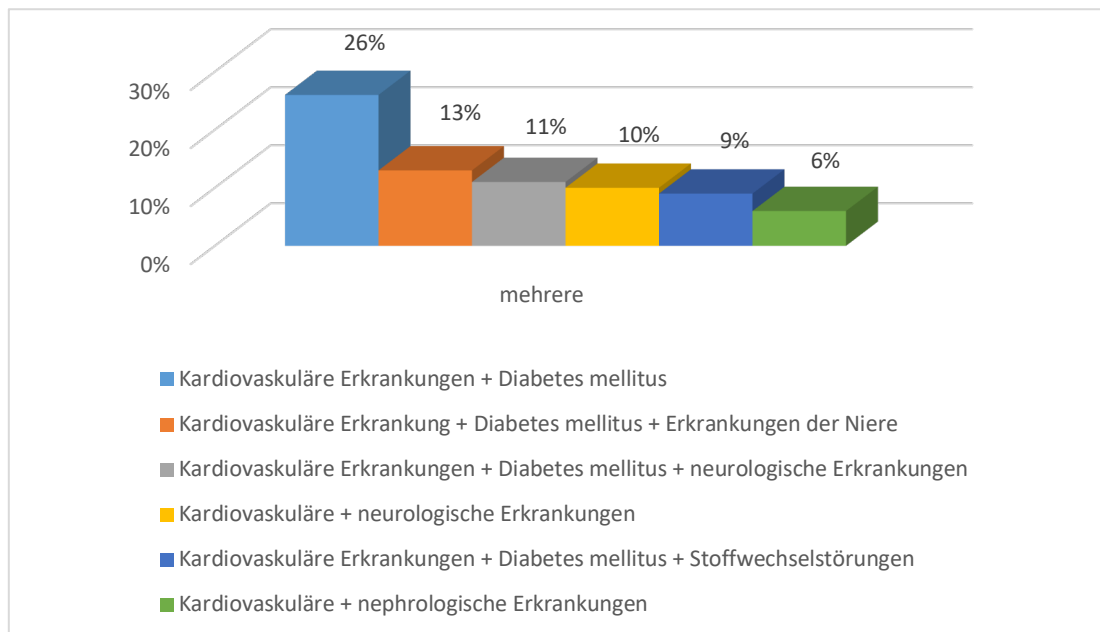


Abbildung 11: Aufgliederung der Begleiterkrankungen "mehrere"

Da 88% der Amputationen aufgrund medizinischer Indikationen und 12% aufgrund eines Traumas durchgeführt wurden, erfolgte noch einmal die separate Darstellung der Komorbiditäten bei atraumatischer und traumatischer Amputationsgenese (siehe Abbildung 12).

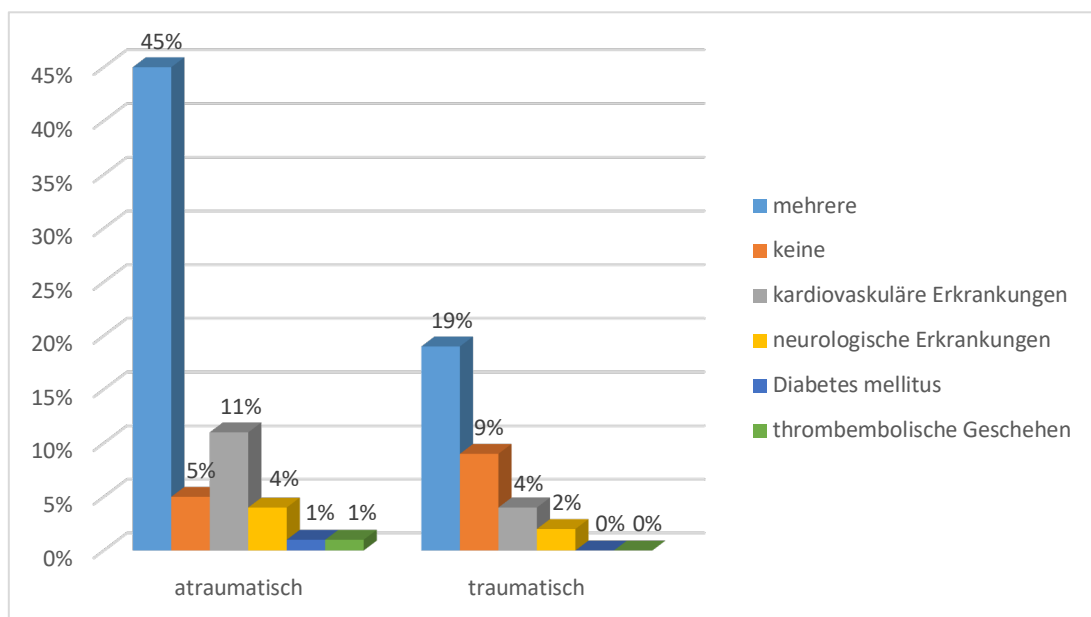


Abbildung 12: Komorbiditäten bei atraumatischer und traumatischer Amputation

3.5 Komplikationen nach Primäramputation

3.5.1 Chirurgische Komplikationen

Bei 58% der Patienten kam es zu keinerlei postoperativen chirurgischen Komplikationen (n=109).

Hingegen konnten bei 42% der Patienten (46/109) chirurgische Komplikationen nach einer Amputation festgestellt werden. 16% der Patienten (18/109) hatten Wundheilungsstörungen im Sinne einer prolongierten Wundheilung bzw. Wunddehiszenz. Mit 15% (16/109) stellte die Kategorie der entzündlichen Prozesse die zweithäufigste Komplikationsform dar. Bei 8% der Patienten (9/109) traten sowohl entzündliche Prozesse als auch Wundheilungsstörungen auf. Blutungen, Wundserome und Neurombildungen, die unter „sonstige“ gelistet wurden, bildeten mit 3% (3/109) den geringsten Anteil an den chirurgischen Komplikationen (siehe Abbildung 13). Von den 37 Patienten, bei denen eine Minoramputation durchgeführt wurde, hatten 13 postoperativ chirurgische Komplikationen (35%). Bei den Majoramputationen wiesen 46% der Patienten (33/72) postoperativ chirurgische Komplikationen auf.

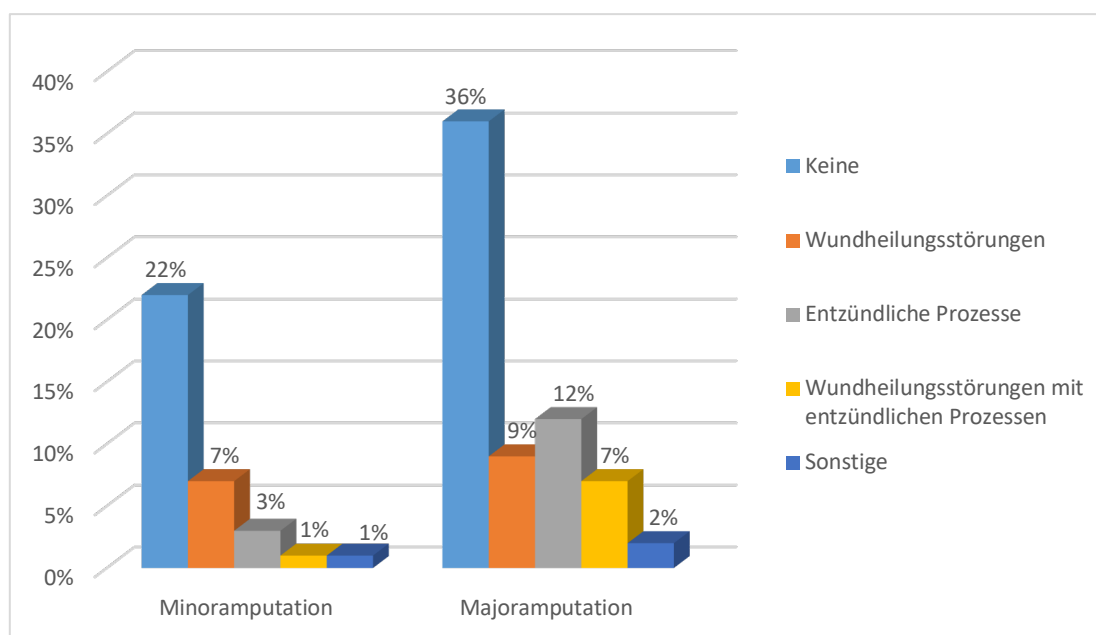


Abbildung 13: Chirurgische Komplikationen bei Minor- und Majoramputation

3.5.1.1 Altersverteilung

Der Altersdurchschnitt der Patienten, die postoperative chirurgische Komplikationen hatten, lag bei 62 Jahren. Patienten, die postoperativ keinerlei chirurgische Komplikationen erlitten, waren durchschnittlich 63 Jahre alt. Es konnte kein signifikanter Altersunterschied bei Patienten mit Komplikationen im Vergleich zu Patienten ohne Komplikationen gezeigt werden.

3.5.1.2 Amputationshöhen

Die häufigsten Amputationen wurden in Höhe des Unterschenkels und der Zehe(n) durchgeführt. 27% der Patienten (29/109) wurden auf Zehenhöhe amputiert. Bei neun Patienten traten postoperativ chirurgische Komplikationen auf. Dies entspricht einer Komplikationsrate von 20% aller Patienten mit chirurgischen Komplikationen. Die weiteren Amputationshöhen und deren Komplikationsrate sind der Tabelle 6 und Abbildung 14 zu entnehmen.

Tabelle 6: Chirurgische Komplikationen aufgegliedert nach Amputationshöhen

Amputationshöhe	Patientenzahl Gesamt	Patientenzahl mit chirurgischen Komplikationen	Patientenzahl mit chirurgischen Komplikationen und Anteil an Amputationshöhe
Zehe(n)	29 (27%)	9 (20%)	9/29 (31%)
Zehenstrahl	8 (7%)	4 (9%)	4/8 (50%)
Vorfuß	13 (12%)	6 (13%)	6/13 (46%)
Unterschenkel	31 (28%)	11 (24%)	11/31 (35%)
Knie	17 (16%)	9 (20%)	9/17 (53%)
Oberschenkel	10 (9%)	6 (13%)	6/10 (60%)
Hüfte	1 (1%)	1 (2%)	1/1 (100%)
Gesamt	109 (100%)	46 (100%)	46/109 (42%)

31% der Patienten (9/29) mit Zehe(n)amputationen wiesen postoperativ chirurgische Komplikationen auf. Bei der Zehenstrahlamputation waren 50% der Patienten (4/8) von chirurgischen Komplikationen betroffen. 46% der Patienten (6/13) mit Vorfuß- und 35% der Patienten (11/31) mit Unterschenkelamputationen hatten chirurgische Komplikationen. Bei Patienten, die auf Kniehöhe amputiert wurden, betrug die Komplikationsrate 53% (9/17). 60% der Patienten (6/10), die eine Oberschenkelamputation erhielten, hatten postoperativ chirurgische Komplikationen. Eine Hüftexartikulation, die bei einem Patienten durchgeführt wurde, wies ebenfalls postoperativ chirurgische Komplikationen auf (1/1).

Somit stellen neben der Amputation auf Höhe des Oberschenkels auch die Knieexartikulationen die Amputationshöhen mit den meisten chirurgischen Komplikationen dar. Die Hüftexartikulation kann mit einer einzigen Fallzahl nicht einbezogen werden. Die geringsten chirurgischen Komplikationen traten bei Zehe(n)- und Unterschenkelamputation auf (siehe Abbildung 14).

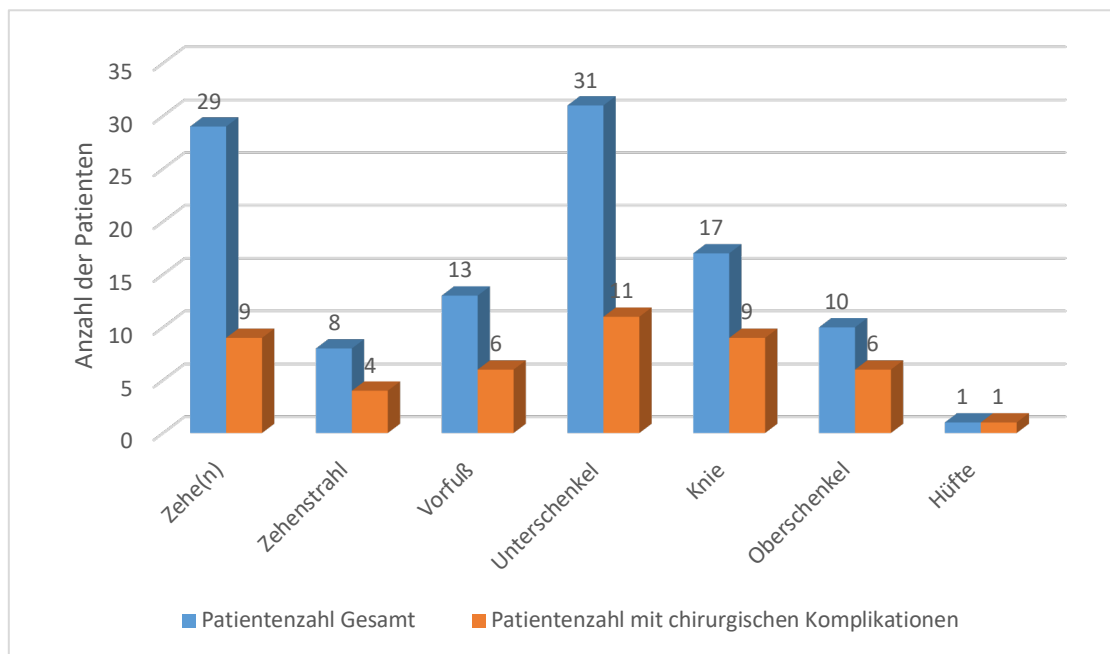


Abbildung 14: Chirurgische Komplikationen aufgegliedert nach Amputationshöhen

Anhand einer Spearman-Rangkorrelation konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Amputationshöhe und Häufung der chirurgischen Komplikationen gestellt werden. Betrachtet wurden auch die möglichen Formen von chirurgischen Komplikationen. Hier zeigte sich eine signifikante positive Korrelation zwischen steigender Amputationshöhe und der Zunahme von entzündlichen Prozessen (p-Wert 0,007). Eine signifikante negative Korrelation besteht bei der Betrachtung von Amputationshöhe und dem Auftreten von Wundheilungsstörungen (p-Wert 0,01). Das bedeutet, dass bei steigender Amputationshöhe eine signifikante Abnahme von Wundheilungsstörungen auftrat.

3.5.1.3 Amputationsursachen

Die häufigste Ursachenkombination bei Patienten mit postoperativ chirurgischen Komplikationen begründete sich in 30% der Fälle (14/46) durch ein gemeinsames Auftreten von pAVK und Diabetes mellitus. Die zweithäufigste Kombination der Amputationsursachen stellten pAVK und entzündliche Prozesse mit einem Anteil von 20% (9/46) dar. Bei 15% der Patienten (7/46) mit chirurgischen Komplikationen lag alleinig ein Trauma als

Amputationsursache vor. Bei 11% der Patienten (5/46) mit chirurgischen Komplikationen war ein entzündlicher Prozess im Rahmen verschiedener Zirkulationsstörungen ursächlich. Weitere Ursachenkombinationen traten mit einem Anteil von < 10% auf und wurden deshalb nicht weiter in die Auswertung miteinbezogen.

3.5.1.4 Débridements

Von den 46 Patienten mit postoperativ chirurgischen Komplikationen wurden bei 29 Patienten im stationären Verlauf ein oder mehrere Débridements durchgeführt. Von den 29 Patienten erhielten 17 Patienten einmalig ein Débridement. Bei 11 Patienten sind bis zu vier Débridements notwendig gewesen. Ein einziger Patient benötigte fünf Débridements im stationären Verlauf bis zum Eintritt einer adäquaten Wundheilung.

3.5.1.5 Komorbiditäten

Patienten mit chirurgischen Komplikationen wiesen im Schnitt 2,6 Begleiterkrankungen auf (n=46). Kardiovaskuläre Begleiterkrankungen stellten mit 80% (37/46) den größten Anteil der Komorbiditäten dar. 50% der Patienten (23/46) mit chirurgischen Komplikationen litten an Diabetes mellitus. Neurologische Begleiterkrankungen standen mit einem Anteil von 32% (14/46) an dritter Stelle. Pulmonale Komorbiditäten hatten 26% der Patienten (12/46) mit chirurgischen Komplikationen. Ein Anteil in Höhe von 22% (10/46) fiel auf thromboembolische Geschehen. Fettstoffwechselstörungen traten bei 20% der Patienten (9/46) mit postoperativ chirurgischen Komplikationen auf. Sowohl Nierenschädigungen als auch Erkrankungen der Schilddrüse stellten den geringsten Anteil der Komorbiditäten bei chirurgischen Komplikationen dar. Nierenschädigungen konnten bei 17% der Patienten (8/46) und Erkrankungen der Schilddrüse bei 15% der Patienten (7/46) ermittelt werden (siehe Tabelle 7).

Tabelle 7: Komorbiditäten bei Patienten mit chirurgischen Komplikationen

Komorbiditäten	Anzahl der Patienten	Angabe in Prozent
Kardiovaskuläre Erkrankungen	37	80%
Diabetes mellitus	23	50%
Neurologische Erkrankungen	14	32%
Pulmonale Erkrankungen	12	26%
Thrombembolische Geschehen	10	22%
Stoffwechselstörungen	9	20%
Nephrologische Erkrankungen	8	17%
Erkrankungen der Schilddrüse	7	15%
Gesamtzahl der Patienten	46	100%

3.5.1.6 Antikoagulanzen und ASS-100-Einnahme

Anhand einer logistischen Regression wurde der Zusammenhang zwischen der Einnahme von Antikoagulanzen und Thrombozytenaggregationshemmern und dem Auftreten chirurgischer Komplikationen ermittelt. 73% der Patienten (80/109) nahmen zum Zeitpunkt der Amputation Antikoagulanzen und Thrombozytenaggregationshemmer ein. Eine zusätzliche Medikation mit ASS 100 erhielten perioperativ 37 Patienten (37/80).

Hieraus ergab sich, dass sowohl bei der Einnahme von Antikoagulanzen und Thrombozytenaggregationshemmern, als auch speziell bei der Einnahme von ASS 100 ein Odds Ratio Wert von 2 ermittelt wurde. Obwohl beide logistische Regressionen nicht signifikant sind, bedeutet ein Odds Ratio Wert > 1 eine Risikozunahme für das Auftreten chirurgischer Komplikationen bei gleichzeitiger Einnahme von Antikoagulanzen/Thrombozytenaggregationshemmern und der Einnahme von ASS 100.

Statistisch signifikant hingegen war der Zusammenhang zwischen der Durchführung eines Débridements und der Einnahme von ASS 100. Anhand einer binären logistischen Regression konnte festgestellt werden, dass die perioperative Einnahme von ASS 100 das Risiko für eine chirurgische Komplikation (in dem Fall speziell Débridement) um das 4,12-fache im Vergleich zur Nicht-Einnahme steigerte (Odds Ratio 4,12). Der errechnete p-Wert lag bei 0,008.

3.5.2 Nachamputation aufgrund chirurgischer Komplikationen bei Ersteingriff

Bei 46 Patienten kam es nach Primäramputation postoperativ zu chirurgischen Komplikationen ($n=46$). Davon wurde bei 46% (21/46) der Patienten eine Nachamputation durchgeführt.

Am häufigsten litten Patienten postoperativ an Wundheilungsstörungen. Dies betraf 18 Patienten (18/46), siehe Abbildung 15. Von diesen Patienten mussten 12 (12/18) ein weiteres Mal amputiert werden. Postoperativ wiesen 16 Patienten entzündliche Prozesse auf, wovon 5 Patienten (5/16) nachamputiert wurden. Einen geringeren Anteil der chirurgischen Komplikationen machte die Kombination aus Wundheilungsstörungen (WHS) und entzündlichen Prozessen aus (9/46). Hier mussten vier der neun Patienten ein weiteres Mal amputiert werden. Bei Patienten, die „sonstige“ Komplikationen hatten, erfolgte keine Nachamputation.

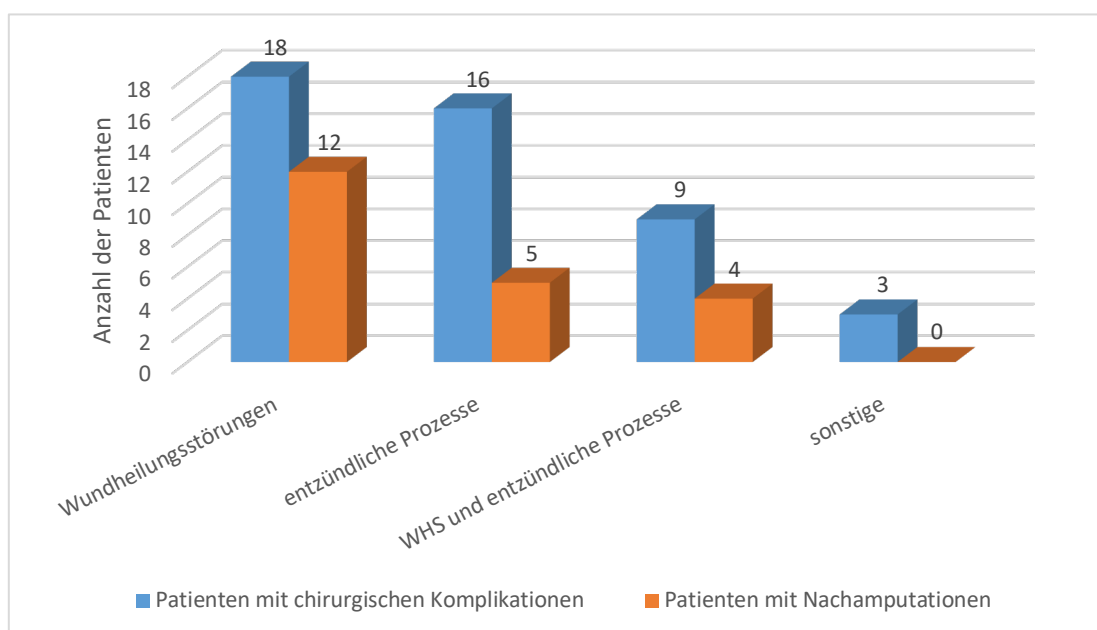


Abbildung 15: Chirurgische Komplikationen nach Ersteingriff und Folge-Amputation

3.5.2.1 Erste Nachamputation

Von den 21 Patienten, bei denen eine Nachamputation durchgeführt wurde, erhielten drei eine Minor- und 18 eine Majornachamputation (siehe Abbildung 16).

In Abbildung 21 erfolgte zusätzlich die Darstellung der Amputationshöhen sowohl bei Primär- als auch bei Nachamputationen.

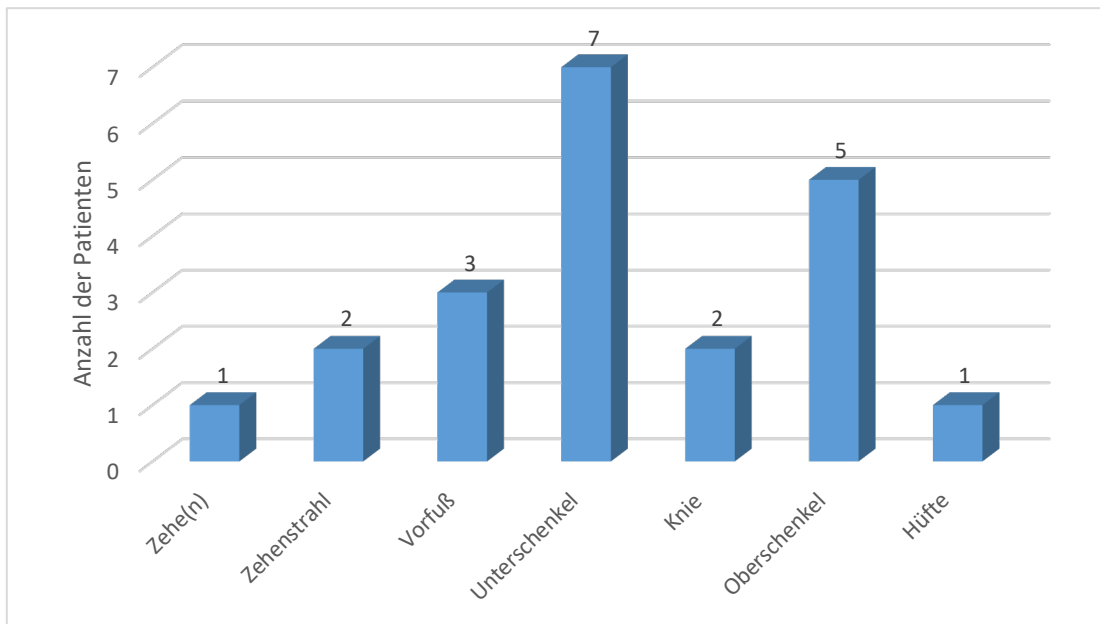


Abbildung 16: Erste Nachamputation aufgliedert nach Amputationshöhen

Wie in der Abbildung 17 zu sehen ist, stellten sich bei zehn Patienten nach der ersten Nachamputation postoperativ chirurgische Komplikationen ein. Von diesen zehn Patienten wurden bei vier Wundheilungsstörungen, bei zwei entzündliche Prozesse und bei vier eine Kombination aus Wundheilungsstörungen und entzündlichen Prozessen ermittelt.

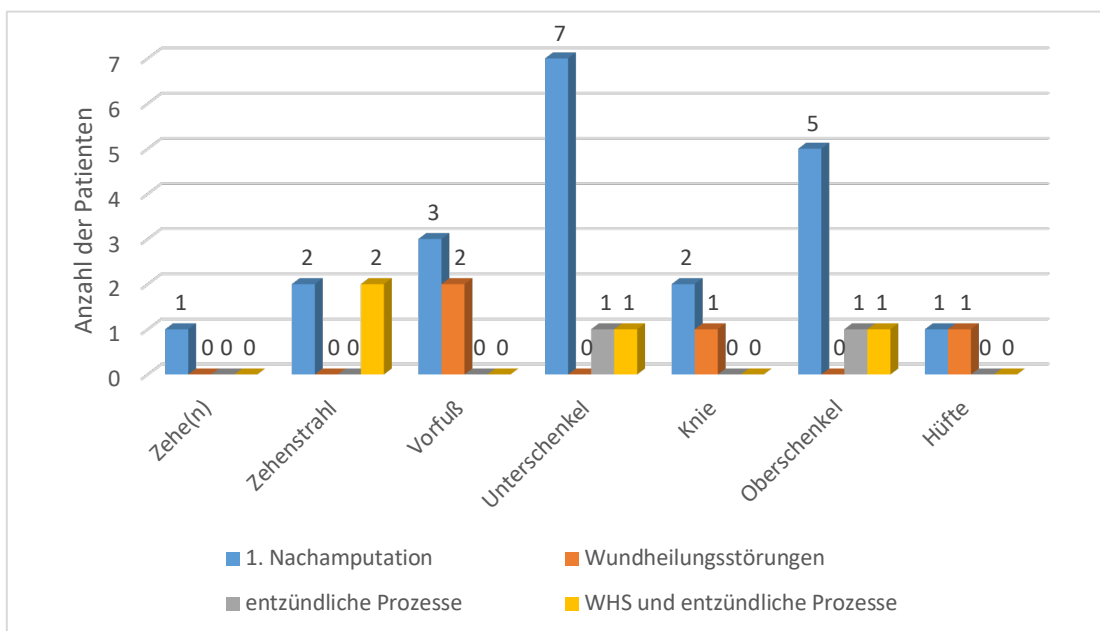


Abbildung 17: Erste Nachamputation mit chirurgischen Komplikationen

3.5.2.2 Zweite Nachamputation

Neun Patienten mussten sich einer zweiten Nachamputation unterziehen (siehe Abbildung 18). Sieben dieser Patienten erhielten eine zweite Re-Amputation aufgrund chirurgischer Komplikationen nach der ersten Re-Amputation (siehe Abbildung 19). Bei den anderen zwei Patienten bezog sich die Nachamputation auf ein vorheriges Amputationsgebiet im Rahmen von Voramputationen, die in dieser Arbeit nicht weiter betrachtet wurden.

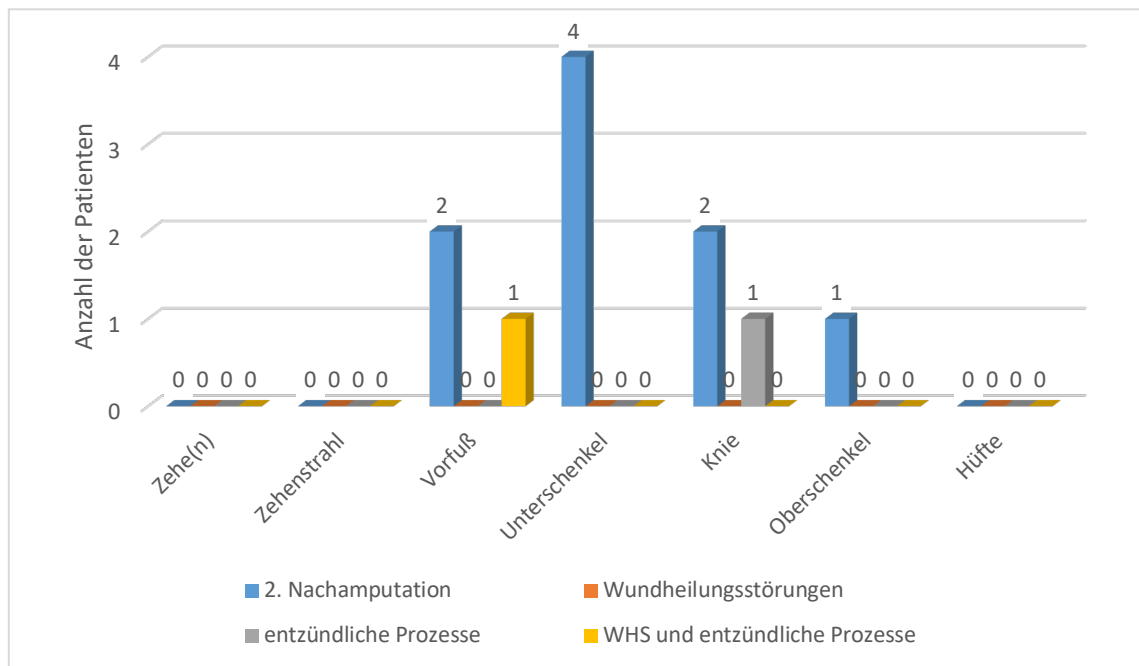


Abbildung 18: Zweite Nachamputation mit chirurgischen Komplikationen

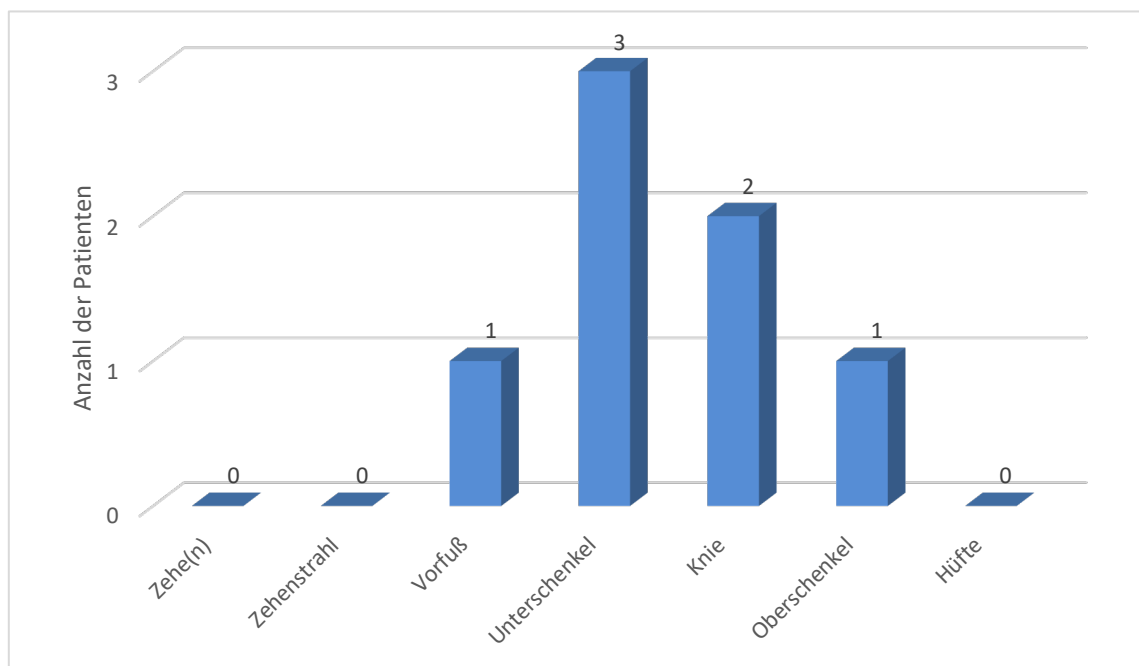


Abbildung 19: Zweite Nachamputation aufgedgliedert nach Amputationshöhen

3.5.2.3 Dritte Nachamputation

Einer dritten Nachamputation mussten sich zwei Patienten aufgrund von nicht konservativ beherrschbaren Komplikationen nach der zweiten Nachamputation unterziehen. Bei beiden Amputationen handelte es sich um Majoramputationen (siehe Abbildung 20). Postoperativ traten keine weiteren Komplikationen auf.

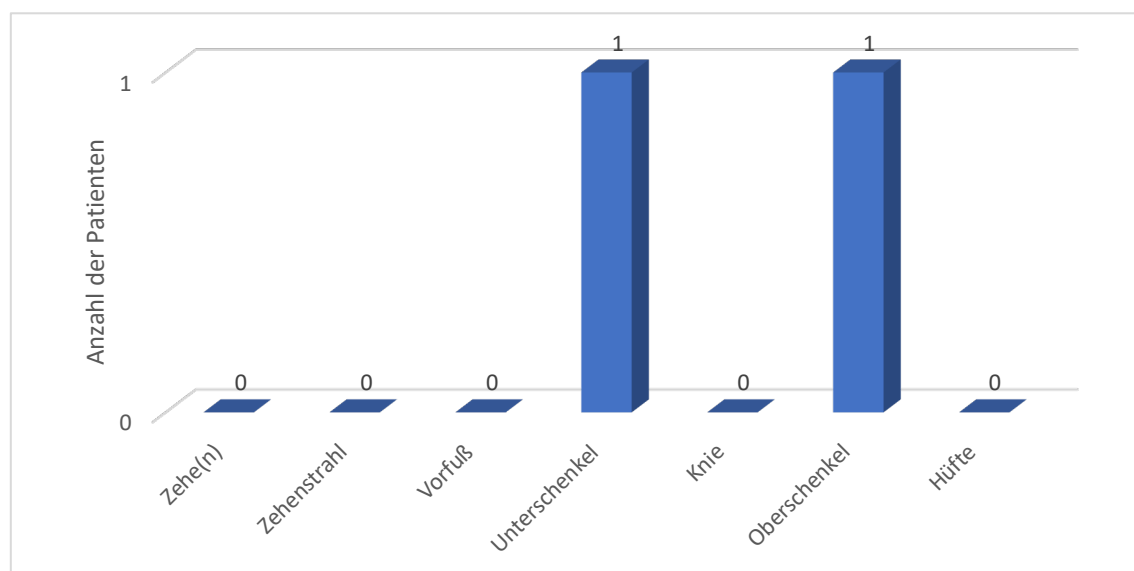


Abbildung 20: Dritte Nachamputation aufgliedert nach Amputationshöhen

Um die Amputationsabfolge sowohl bei den Primär- als auch bei den darauffolgenden Nachamputationen besser nachvollziehen zu können, erfolgte die Darstellung in einer separaten Abbildung mit jeweiliger Kennzeichnung der Patientenanzahl ($n=21$) (siehe Abbildung 21).

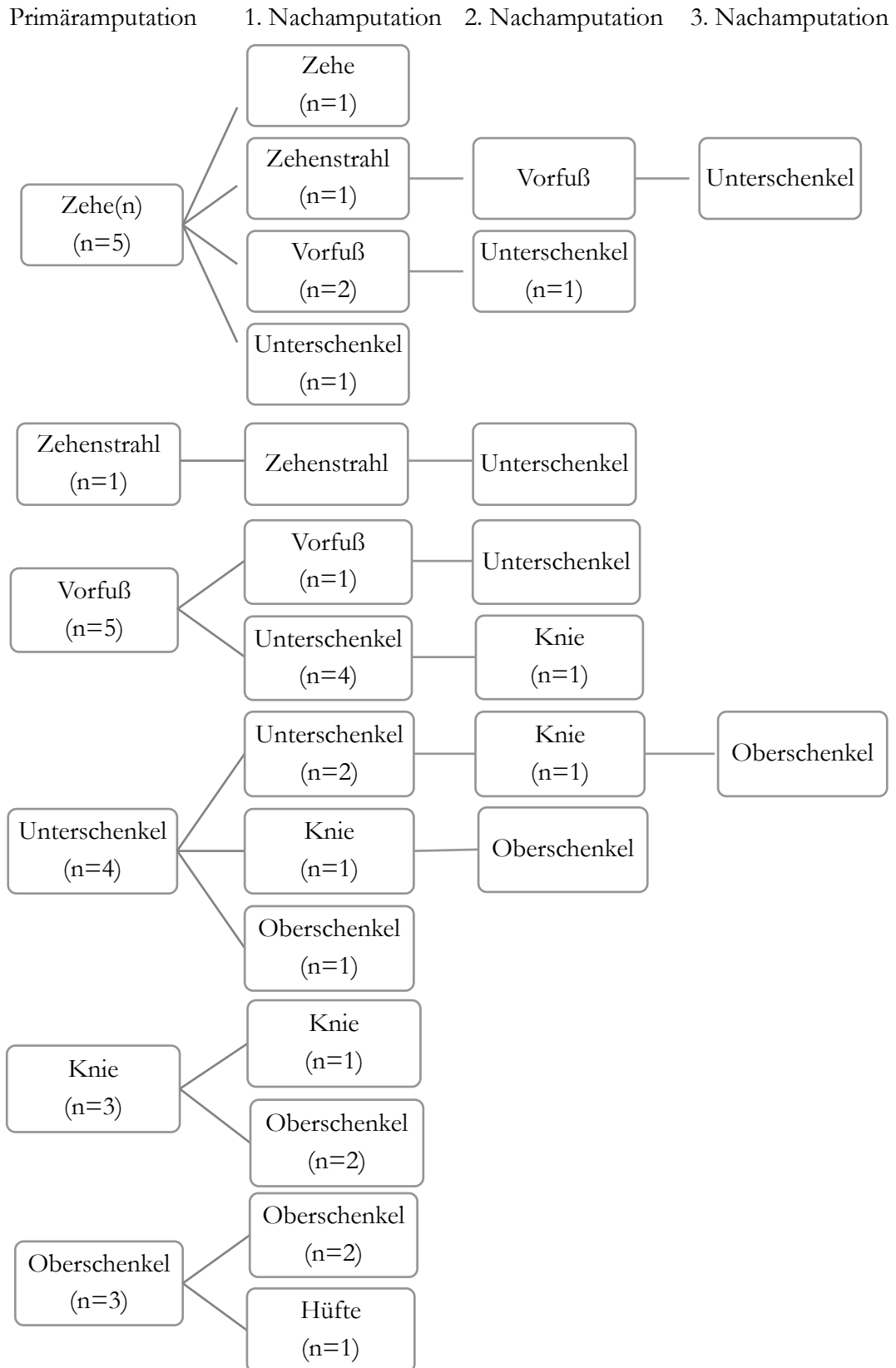


Abbildung 21: Amputationshöhen nachamputierter Patienten bei Primär- und nach Nachamputationen

3.5.2.4 Übergang von Minor- zu Majoramputation

Insgesamt erhielten 34% der Patienten (37/109) eine Minoramputation als Ersteingriff. Bei 84% der Patienten (31/37) kam es postoperativ zu keinerlei Komplikationen, die eine Nachamputation erforderlich machten. Von den sechs Patienten, die primär eine Minoramputation hatten, war eine weitere Minor-Nachamputation bei drei Patienten (3/37) notwendig. Bei den anderen drei Patienten (3/37) musste im stationären Verlauf eine Nachamputation im Sinne einer Majoramputation durchgeführt werden.

Eine Majoramputation als Primäramputation erfolgte bei 66% der Patienten (72/109). Dies war nahezu doppelt so häufig wie eine Minoramputation als Ersteingriff. Bei 79% der Patienten (57/72) war keine Nachamputation im stationären Verlauf notwendig. Eine erneute Majoramputation als Nachamputation musste in 21% der Fälle (15/72) durchgeführt werden (siehe Abbildung 22).

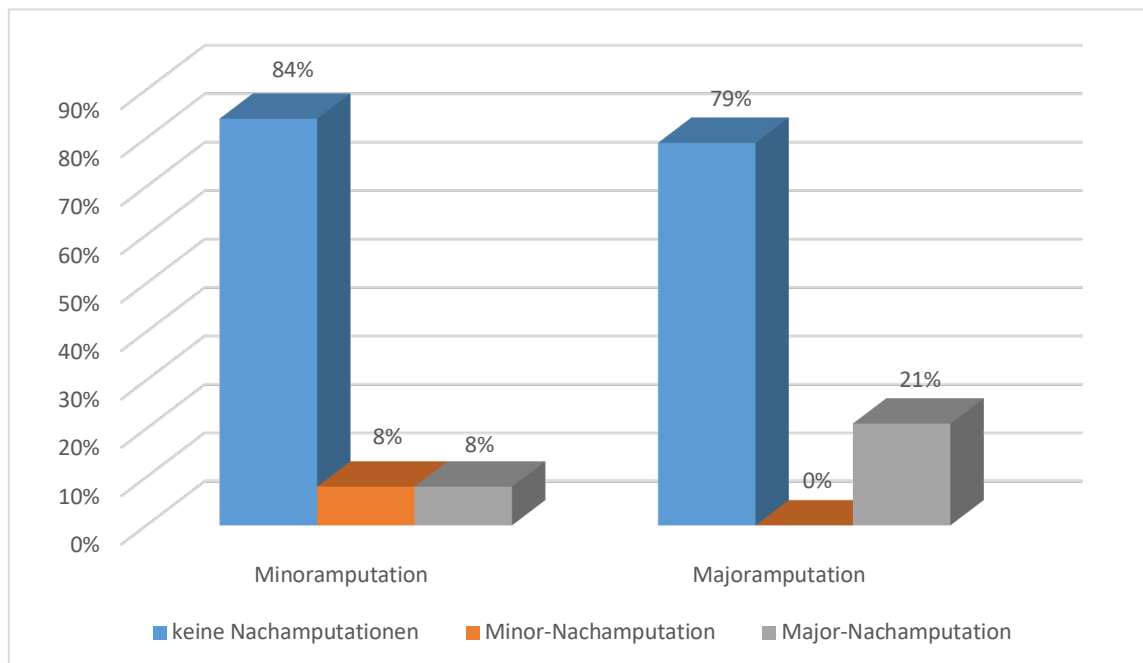


Abbildung 22: Übergang von Minor- zu Majoramputation

3.5.3 Medizinische Komplikationen

Medizinische Komplikationen traten postoperativ bei 28 von 109 Patienten (26%) auf. Von den 28 Patienten hatten 20 (71%) nur eine medizinische Komplikation. Sieben der 28 Patienten (25%) litten an zwei bis drei medizinischen Komplikationen, wohingegen nur ein Patient (4%) an bis zu sechs medizinische Komplikationen litt.

Die am häufigsten aufgetretene medizinische Komplikation betraf den hämatologischen Bereich im Sinne einer Blutungsanämie oder Elektrolytverschiebung. Dies trat in 57% der Fälle (16/28) auf. Gastrointestinale Beschwerden wie antibiotika-assoziierte Diarrhoen, Koprostasen oder Ileus entwickelten 21% der Patienten (6/28). Kardiovaskuläre (pektanginöse Beschwerden, Myokardinfarkt, kardiale Dekompensation) und urologische (Harnwegsinfekt und Harnverhalt) Komplikationen traten in 18% der Fälle (5/28) auf. 14% (4/28) der medizinischen Komplikationen basierten auf jeweils pulmonaler (Pneumonie) oder nephrologischer (Niereninsuffizienz, Nierenversagen) Genese. Ein einziger Patient (4%) hatte eine dermatologische Komplikation im Sinne eines antibiotika-induzierten Hautausschlages.

3.5.3.1 Altersverteilung

Der Altersdurchschnitt der Patienten, die an medizinischen Komplikationen litten, lag bei 72 Jahren und war signifikant höher als der Altersdurchschnitt der Patienten, die keinerlei medizinische Komplikationen aufwiesen (60 Jahre). Die Berechnung erfolgte mit dem t-Test für unabhängige Stichproben und ergab einen p-Wert von 0,0001.

3.6 Krankenhausverweildauer

Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer lag bei 35 Tagen. Der kürzeste stationäre Aufenthalt betrug zwei Tage und der Längste 144 Tage.

3.6.1 Krankenhausverweildauer in Bezug auf die Amputationshöhen

Wird der Aufenthalt anhand der Amputationshöhen betrachtet, betrug die durchschnittliche Aufenthaltsdauer bei Minoramputation 26 und bei Majoramputation 39 Tage. Zur Evaluation der Krankenhausverweildauer wurde der t-Test für unabhängige Stichproben genutzt. Dieser Test vergleicht den Mittelwert einer Variablen für zwei Fallgruppen (im vorliegenden Fall die Unterschiede der Liegedauer zwischen Minor- und Majoramputation). Der errechnete p-Wert von 0,004 liegt damit unter den geforderten 5%, das heißt die Variablen unterscheiden sich in ihren Mittelwerten signifikant.

In der Tabelle 8 und Abbildung 23 ist je nach Amputationshöhe die durchschnittliche Aufenthaltsdauer im Krankenhaus zu entnehmen. Die Unterschenkelamputation stellte die Amputationshöhe mit dem durchschnittlich längsten stationären Aufenthalt dar, wohingegen Patienten, die auf Zehenstrahlhöhe amputiert wurden, den durchschnittlich kürzesten stationären Aufenthalt vorwiesen.

Tabelle 8: Aufenthaltsdurchschnitt in Tagen aufgliedert nach primären Amputationshöhen

Amputationshöhe	Patientenzahl	Aufenthaltsdurchschnitt in Tagen
Zehe(n)	29	27
Zehenstrahl	8	24
Vorfuß	13	34
Unterschenkel	31	47
Knie	17	44
Oberschenkel	10	33
Hüfte	1	35
Gesamt/Durchschnitt	109	35

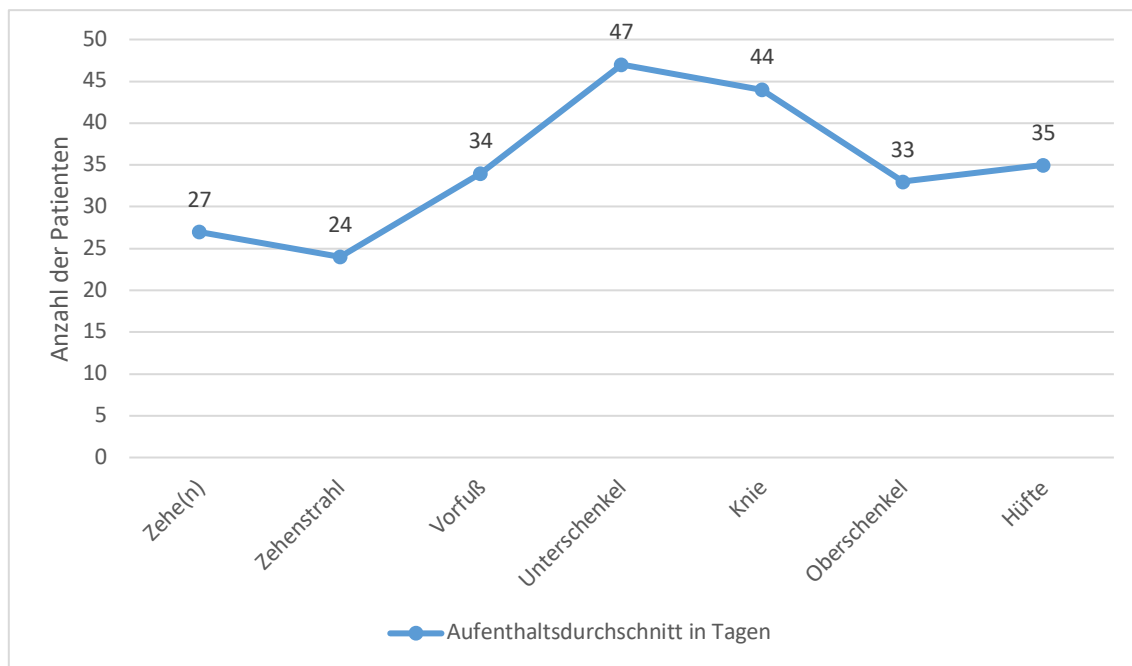


Abbildung 23: Aufenthaltsdurchschnitt in Tagen aufgliedert nach Amputationshöhe

3.6.2 Krankenhausverweildauer bei chirurgischen Komplikationen

Die durchschnittliche Hospitalisierungszeit bei Patienten mit postoperativ chirurgischen Komplikationen lag bei 46 Tagen. Die minimale Krankenhausverweildauer betrug acht und die maximale 95 Tage. Patienten ohne chirurgische Komplikationen lagen im Schnitt 26 Tage im Krankenhaus. Der Mindestaufenthalt betrug zwei Tage und die Maximalverweildauer 144 Tage. Wird die Aufenthaltsdauer der Patienten mit chirurgischen Komplikationen mit denen ohne chirurgischen Komplikationen verglichen, fiel auf, dass die Patienten mit Komplikationen im Durchschnitt 20 Tage länger im Krankenhaus verbrachten als die ohne Komplikationen. Dies stellt einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen dar. Anhand des t-Tests für unabhängige Stichproben ergab sich ein p-Wert von 0,0001.

3.6.3 Krankenhausverweildauer bei medizinischen Komplikationen

Bei der Betrachtung der medizinischen Komplikationen im Zusammenhang mit der Krankenhausverweildauer fiel auf, dass das Patientenkollektiv mit medizinischen Komplikationen durchschnittlich 38 Tage im Krankenhaus verbrachte und die Patienten ohne medizinische Komplikationen 34 Tage Durchschnittsaufenthaltsdauer aufwiesen. Dies ergibt keinen signifikanten Unterschied.

3.6.4 Krankenhausverweildauer bei Rauchern

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer im Krankenhaus bei rauchenden Patienten betrug 30 Tage. Nichtraucher blieben im Schnitt 39 Tage hospitalisiert. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Kohorte der Raucher und der Kohorte der Nichtraucher und einer sich daraus bedingten Verlängerung des Krankenhausaufenthaltes hergestellt werden.

3.7 Präoperative gefäßchirurgische Interventionen

Insgesamt hatten 42 Patienten im Vorfeld eine gefäßchirurgische Intervention im Sinne einer Angioplastie oder auch Bypassoperation erhalten. In der Gruppe der Minoramputationen waren dies 35% (13/37) und in der Gruppe der Majoramputationen 40% der Patienten (29/72). Das Risiko für chirurgische Komplikationen nach präoperativ durchgeführten gefäßchirurgischen Eingriffen war erhöht (Odds Ratio 1,680). Der errechnete p-Wert im Rahmen der logistischen Regression lag bei 0,193, wodurch kein signifikanter Zusammenhang dieser Stichproben gezeigt werden konnte.

3.8 Vormedikation

Zur Erfassung der Vormedikation wurden die fünf häufigsten präoperativ eingenommenen Medikamentengruppen erwähnt. 73% der Patienten (80/109) nahmen Thrombozytenaggregationshemmer/Antikoagulanzen ein, wovon 46% (37/80) eine Kombinationstherapie mit ASS 100 erhielten. 72% (79/109) nahmen Antihypertensiva, 71% (77/109) nichtsteroidale Antiphlogistika, 52% (57/109) Diuretika und 34% (37/109) Opiodanalgetika ein.

3.8.1 Einnahme von ASS 100

Im Rahmen der statistischen Auswertung konnte erhoben werden, dass 37 der 109 Patienten als Begleitmedikation zum Zeitpunkt der Amputation ASS 100 einnahmen. Das entspricht einem Anteil von 34%. Es konnte mit Hilfe einer binären logistischen Regression und Odds Ratio festgestellt werden, dass die perioperative Einnahme von ASS 100 das Risiko für eine chirurgische Komplikation (speziell Débridement) um das 4,12-fache im Vergleich zur Nicht-Einnahme steigerte. Der errechnete p-Wert lag bei 0,008. Somit besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Einnahme von ASS 100 und der Durchführung eines Débridements (siehe 4.5.1.6).

3.9 Prothetische Hilfsmittelversorgung zum Zeitpunkt der Entlassung

Anhand der Auswertung der Patientenakten konnte nur bei 68 von 109 Patienten eine prothetische Versorgung ermittelt werden, die im Rahmen des stationären Aufenthaltes begonnen wurde ($n=68$). Wie anhand der Abbildung 24 zu sehen ist, wurden insgesamt 21% der Patienten (14/68) postoperativ mit einem Stumpfstrumpf versorgt. Bei 7% (5/68) der mit einem Stumpfstrumpf versorgten Patienten konnte ein Trauma als Amputationsursache ermittelt werden. Eine weitere prothetische Hilfsmittelversorgung stellte die Vorfußprothese dar. Insgesamt 16% der Patienten (11/68) erhielten während des stationären Aufenthaltes eine Anpassung einer Vorfußprothese. Bei 3% (2/68) der damit versorgten Patienten lag ein Trauma als Amputationsursache vor.

Die Anpassung einer Interims-Prothese erfolgte bei 53% der Patienten (36/68), welches den größten Anteil der gesamten prothetischen Versorgung darstellte. 16% (11/68) hiervon wurden aufgrund eines Traumas behandelt.

18% der Patienten (12/68) wurden mittels Unterarmgehstützen mobilisiert. Davon wurden 6% der Patienten (4/68) aufgrund eines Traumas an der unteren Extremität amputiert. Nur bei insgesamt 13% (9/68) erfolgte die Mobilisation im Rollstuhl. In dieser Gruppe ist nur ein Patient aufgrund einer traumatisch bedingten Verletzung operiert worden.

Es lässt sich erkennen, dass der Großteil der Patienten (87%, 59/68), die eine prothetische Hilfsmittelversorgung erhielten, kein Trauma als primäre Ursache für eine Amputation an der unteren Extremität vorwiesen. Nur 33% der Patienten (23/68), die aufgrund eines Traumas amputiert wurden, erhielten eine prothetische Versorgung.

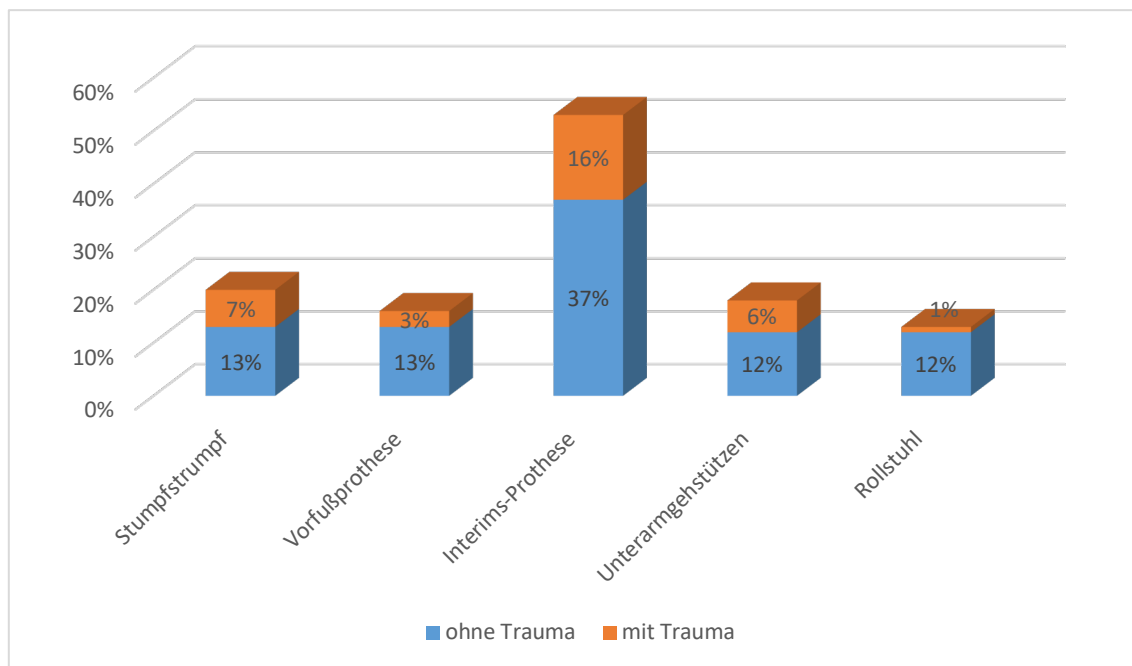


Abbildung 24: Prothetische Hilfsmittelversorgung zum Zeitpunkt der Entlassung

3.10 Beantwortung der Fragen

1. Was sind die Ursachen für eine Amputation an der unteren Extremität am Patientenkollektiv der Universitätsmedizin Göttingen?

In dieser Arbeit stellte der wesentliche Grund für eine Amputation eine drohende Sepsis dar, die vor allem durch das Vorliegen verschiedener Grunderkrankungen ausgelöst wurde. Ein gemeinsames Auftreten von pAVK und Diabetes mellitus als Grunderkrankungen lag in 36% der Fälle vor. Mit einem jeweils 16%igen Anteil stellten die pAVK sowie weitere Zirkulationsstörungen die zweithäufigste Indikation für eine Amputation dar. Die dritthäufigsten Ursachen Diabetes mellitus und Traumata waren, die mit einem jeweils 12%igen Anteil vorkamen. Den geringsten Anteil an den Amputationsursachen machten Entzündungen aus, die nicht den obig genannten Begleiterkrankungen zuzuordnen waren. Diese kamen bei 8% der Patienten vor.

2. Wie häufig treten postoperativ chirurgische Komplikationen auf? Welche Rolle spielen dabei das Alter, die Amputationshöhe und Begleiterkrankungen?

Bei 42% der Patienten traten postoperativ chirurgische Komplikationen auf.

Es konnte kein signifikanter Altersunterschied zwischen den Patienten mit chirurgischen Komplikationen und denen ohne gezeigt werden. Die beiden Gruppen unterschieden sich in nur einem Lebensjahr.

Amputationshöhen mit den meisten chirurgischen Komplikationen stellen die Oberschenkelamputation sowie die Knieexartikulation dar.

Anhand einer Spearman-Rangkorrelation konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Amputationshöhe und Häufung chirurgischer Komplikationen bewiesen werden. Jedoch zeigte sich, dass es bei steigender Amputationshöhe zu einer signifikanten Zunahme von entzündlichen Prozessen und einer Abnahme von Wundheilungsstörungen kam.

3. Wie viel Prozent müssen aufgrund chirurgischer Komplikationen nachamputiert werden? Wie häufig gehen Minoramputationen in eine Majoramputation über?

Bei 46 Patienten kam es postoperativ zu chirurgischen Komplikationen, von denen 21 Patienten nachamputiert werden mussten. Dementsprechend wurden 46% der Patienten mit chirurgischen Komplikationen nachamputiert.

Innerhalb dieses Patientenkollektivs ergab sich, dass in nur 3% der Fälle während des stationären Verlaufs eine Minoramputation in eine Majoramputation überging.

4. Inwiefern verändert sich die Krankenhausverweildauer bei chirurgischen und medizinischen Komplikationen?

Die durchschnittliche Krankenhausverweildauer lag bei 35 Tagen.

Es konnte in dieser Studie gezeigt werden, dass Patienten, die postoperativ chirurgische Komplikationen aufwiesen, im Durchschnitt 20 Tage länger im Krankenhaus blieben als solche, die keine chirurgischen Komplikationen hatten. Beim Auftreten chirurgischer Komplikationen betrug die durchschnittliche Hospitalisierungszeit 46 Tage und 26 Tage, wenn es zu keinen chirurgischen Komplikationen postoperativ kam. Dies stellt einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen dar.

Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen der Hospitalisierungszeit beim Auftreten und Nicht-Auftreten medizinischer Komplikationen gezeigt werden.

5. Haben präoperative gefäßchirurgische Interventionen sowie die Einnahme von ASS 100 einen Einfluss auf die Komplikationsrate?

Es konnte ermittelt werden, dass 39% der Patienten präoperativ gefäßchirurgische Interventionen im Sinne einer Angioplastie oder Bypassoperation erhalten haben. In diesen Patientenkollektiv wurde festgestellt, dass das Risiko für chirurgische Komplikationen nach Amputation bei präoperativ durchgeführten gefäßchirurgischen Eingriffen erhöht war, jedoch kein statistisch signifikanter Zusammenhang innerhalb dieser Stichprobe besteht.

34% der Patienten nahmen zum Zeitpunkt der Amputation ASS 100 ein. Es konnte gezeigt werden, dass die perioperative Einnahme von ASS 100 das Risiko für chirurgische Komplikationen, insbesondere das Risiko für die Durchführung eines Débridements, um das 4,12-fache im Vergleich zur Nicht-Einnahme steigerte. Somit besteht ein hochsignifikanter Zusammenhang zwischen der Einnahme von ASS 100 und dem Auftreten einer Komplikation.

4 Diskussion

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der retrospektiven Analyse von Minor- und Majoramputationen, die im Zeitraum von 2011 bis 2014 an der Universitätsmedizin in Göttingen durchgeführt wurden. Ziel dieser Arbeit war es, die chirurgische Komplikationsrate und somit den Behandlungsverlauf nach einer Amputation an der unteren Extremität zu untersuchen. Des Weiteren sollte die Abhängigkeit chirurgischer Komplikationen von Alter, Amputationshöhe, Ursachen, Komorbiditäten sowie Medikamenteneinnahme ermittelt werden. Auch spielten in diesem Zusammenhang der Lebensstil, präoperative gefäßchirurgische Interventionen sowie die Krankenhausverweildauer eine Rolle, die in die Auswertung dieser Studie miteinbezogen wurden.

4.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

In dem Patientenkollektiv waren 72% der Patienten (78/109) männlichen und 28% (31/109) weiblichen Geschlechts. In einer retrospektiven Studie aus Malaysia, die sich mit der Epidemiologie von Minor- und Majoramputationen beschäftigte, konnte ein ähnliches Geschlechterverhältnis festgestellt werden. In der malaysischen Studie, die ein Patientenkollektiv von 204 Patienten umfasste, waren 66% der Patienten männlich und 34% der Patienten weiblich (Hazmy et al. 2001). Somit ähnelt das eigene Patientenkollektiv dem in dieser Quelle angegebenen Geschlechterverteilung. Ein Grund für den deutlich höheren Anteil an männlichen Patienten konnte in dieser Arbeit nicht herausgearbeitet werden, jedoch belegen verschiedene Studien, dass Männer eine erhöhte Inzidenz für Amputationen an der unteren Extremität haben als Frauen (Amin et al. 2014). Leiden Männer an einem diabetischen Fußsyndrom, steigt ihr Risiko für eine Amputation an der unteren Extremität um das Doppelte im Gegensatz zu Frauen, die ebenfalls an einem diabetischen Fußsyndrom leiden, an (Brückner 2007; Tang et al. 2014).

Die Auswertung der Geschlechterverteilung bezüglich der Amputationshöhe ergab, dass bei beiden Geschlechtern nahezu doppelt so häufig eine Major- als eine Minoramputation durchgeführt wurde. Unabhängig der Geschlechterverteilung wurde in dieser Studie bei 72 Patienten eine Major- und bei 37 Patienten eine Minoramputation vorgenommen. Dies steht im umgekehrt proportionalen Verhältnis zu aktuellen Literaturangaben, die einen signifikanten Rückgang der Majoramputationsrate und eine Zunahme der Inzidenz kleinerer Amputationen beschreiben (Santosa et al. 2015). Im Jahr 2014 wurden in Deutschland ca. 13.000 Major-

und knapp 35.000 Minoramputationen durchgeführt (Kröger et al. 2017). Das in der Universitätsklinik Göttingen festgestellte Verhältnis zwischen Minor- und Majoramputation mag den Umständen geschuldet sein, dass die erste in diesem Zeitraum (2011 bis 2014) durchgeführte Amputation als Primäramputation gewertet wurde.

Das Durchschnittsalter der Patienten lag zum Zeitpunkt der Amputation bei 63 Jahren. Dies entspricht dem Durchschnittsalter bei Primäramputation in einer Studie von Yilmaz et al. (2016). Ebenso ermittelte eine Studie von Stinus et al. (1994), dass das mittlere Lebensalter von Patienten, bei denen eine Amputation an der unteren Extremität in Göttingen im Zeitraum zwischen 1983 und 1992 durchgeführt wurde, bei 61 Jahren lag (Stinus et al. 1994). Werden die Amputationshöhen getrennt betrachtet, lag das Durchschnittsalter bei Minoramputationen ebenfalls bei 61 Jahren. Patienten mit Majoramputation waren im Durchschnitt 64 Jahre alt. Demzufolge unterscheiden sich die Amputationshöhen in der Altersverteilung nicht signifikant.

4.2 Lebensstil

Um den Lebensstil beurteilen zu können, wurde ein besonderes Augenmerk auf den Body-Mass-Index und den Konsum von Zigaretten gelegt. Es konnte kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Höhe des Body-Mass-Indexes und der Amputationshöhe nachgewiesen werden. Nur circa die Hälfte der Patienten machten Angaben bezüglich ihres Rauchverhaltens. Patienten die rauchten, erhielten in diesem Patientenkollektiv häufiger eine Major- als eine Minoramputation. Dass Raucher zum Zeitpunkt der Primäramputation im Durchschnitt deutlich jünger waren als Nichtraucher (Liedberg und Persson 1983), konnte in dieser Studie nicht belegt werden, da kein signifikanter Altersunterschied bei Primäramputation zwischen der Kohorte der Nichtraucher und Raucher gezeigt werden konnte.

Da das Inhalieren von Tabakrauch zu einer erhöhten Konzentrationen von Nikotin führt, welches die Blutströmungsgeschwindigkeit in der Haut herabsetzt und das Risiko der Bildung von Mikrothromben erhöht, liegt die Annahme nahe, dass Raucher ein erhöhtes Risiko für Wundheilungsstörungen, postoperative Infektionen und Nachamputationen haben (Lind et al. 1991). Diese Hypothese konnte in dieser Studie nicht belegt werden. Einerseits handelte es sich hier um ein sehr kleines Patientenkollektiv von Rauchern, andererseits ist anzunehmen, dass nicht immer wahrheitsgetreue Angaben in der Anamneseerhebung mit dem Arzt zum Rauchverhalten gemacht wurden, sodass die Zahl der definitiven Raucher vermutlich höher lag als angegeben.

4.3 Ursachen für Primäramputation

Hervorzuheben ist, dass in diesem Patientenkollektiv die Hauptindikation für eine Amputation eine drohende Sepsis war, die sich aufgrund verschiedener Grunderkrankungen entwickelte. Zusammenfassend wurden jedoch 80% der Amputationen im eigenen Patientenkollektiv aufgrund von Zirkulationsstörungen einschließlich pAVK und Diabetes mellitus durchgeführt. Auch in verschiedenen Literaturangaben wird beschrieben, dass in etwa 90% der Fälle aufgrund chronisch arterieller Verschlusskrankheit mit oder ohne Vorliegen eines Diabetes mellitus und häufig hoher Multimorbidität der Patienten amputiert werden muss. Die restlichen 10% der Amputationsursachen verteilen sich auf Traumata, Tumoren oder in seltenen Fällen Fehlbildungen (Brückner 2007; Wozniak und Baumgartner 2012). Auch in dieser Studie wurden 12% der Amputationen an der unteren Extremität aufgrund von traumatischen Verletzungen durchgeführt. Eine Datenerhebung von Stinus et al. (1994), welche die operative Amputationsstatistik der Universitätsklinik Göttingen im Zeitraum von 1983 bis 1992 beleuchtete, zeigte, dass sich bei 78,9% der Patienten ätiologisch arterielle Durchblutungsstörungen fanden und davon 26,4% der Patienten an einem Diabetes mellitus litten (Stinus et al. 1994). Im Vergleich zum eigenen Patientenkollektiv fällt auf, dass nur 52% der Patienten aufgrund einer arteriellen Durchblutungsstörung im Sinne einer pAVK amputiert wurden, aber wiederum 36% dieser einen Diabetes mellitus als Komorbidität vorweisen konnten. Der Vergleich dieser Daten zeigt eine Abnahme der arteriellen Verschlusskrankheit als Amputationsursache, was auf die Verbesserung von angiologischen und revaskularisierenden Therapieoptionen im Laufe der Zeit zurückgeführt werden kann. Die Koprävalenz der AVK mit einem Diabetes mellitus ist zwar zwischen den Patientenkollektiven um 10% gestiegen, liegt aber anhand aktueller Literaturangaben deutlich unterhalb des Durchschnitts, die ein gemeinsames Vorliegen einer AVK und eines Diabetes mellitus mit einem prozentualen Anteil von ca. 50% datieren (Silbernagel et al. 2015). Anhand einer Spearman-Rangkorrelation konnte gezeigt werden, dass ein signifikant negativer Zusammenhang zwischen der Amputationshöhe und dem Vorliegen eines Diabetes mellitus besteht (p -Wert 0,027). Mit zunehmender Amputationshöhe sank die Anzahl an Patienten mit einem Diabetes mellitus. Somit konnte im Verhältnis zur Majoramputation doppelt so häufig die Diagnose eines Diabetes mellitus in der Gruppe der Minoramputation festgestellt werden. Ähnliche Ergebnisse liefert auch eine Datenerhebung des Statistischen Bundesamtes im Jahr 2014, die den Anteil von Majoramputationen mit einem Diabetes mellitus als Hauptdiagnose auf ca. 23% datiert. Die Durchführungsrate von Minoramputationen mit der Hauptdiagnose Diabetes mellitus lag im gleichen Jahr bei 50% (Kröger et al. 2017).

4.4 Chirurgische Komplikationen

Bei chirurgischen Eingriffen kann es immer zu Komplikationen kommen. Diese können besonders nach amputationschirurgischen Eingriffen gehäuft auftreten und kompromittieren eine gute Wundheilung, eine gute Prothesenversorgung und die Rehabilitation des Patienten (Greitemann 2015b). In der Literatur wird die chirurgische Komplikationsrate nach amputativen Maßnahmen mit einem Auftreten von bis zu 50% beschrieben (Wozniak und Baumgartner 2012).

In diesem Patientenkollektiv traten bei 42% der Patienten (46/109) postoperativ chirurgische Komplikationen auf, was geringer ist als in der aktuellen Literaturangabe. Die häufigste Komplikation stellte mit einem Anteil von 16% (18/109) die Wundheilungsstörung dar, gefolgt von entzündlichen Prozessen, die in 15% der Fälle (16/109) vorkamen. Bei 8% der Patienten (9/109) trat eine Kombination von Wundheilungsstörungen und entzündlichen Veränderungen auf. Das Vorliegen von Wundheilungsstörungen wird in der Literatur kontrovers diskutiert. Zum Teil wird das Auftreten von Wundheilungsstörungen im Stumpfbereich mit bis zu 40% datiert (Wozniak und Baumgartner 2012). In einer anderen Quelle finden sich Angaben zum Auftreten von Wundheilungsstörungen von 8% und Wundinfektionen mit einem Anteil von 6-8% wieder. Wundheilungsstörungen und Wundinfektionen sind vor allem auf ausgeprägte Komorbiditäten wie pAVK und Diabetes mellitus zurückzuführen (Polzer 2016) und können bei multimorbiden Patienten verheerend sein (Hasanadka et al. 2011). Die Komplikationsrate von 42% lässt sich somit vor allem auf der Multimorbidität des Patientenkollektivs begründen, da 80% der Patienten kardiovaskuläre Erkrankungen und 50% der Patienten einen Diabetes mellitus als Komorbiditäten vorweisen. Diabetiker zeigen oft eine verzögerte Wundheilung, die als Folge einer verminderten Konzentration an Wachstumsfaktoren und einer gesteigerten Proteaseaktivität gewertet wird. Die meisten dieser Prozesse werden durch eine hyperglykämische Stoffwechsellage beeinflusst. Therapieansätze zielen daher auf die Beeinflussung dieser Veränderungen ab (Apelqvist 2012).

In einer Studie nach Dillingham et al. wird beschrieben, dass Patienten mit Majoramputation als Primäramputation ein signifikant niedrigeres Auftreten von chirurgischer Komplikationen aufweisen. Diese Äußerung legt nahe, dass höhere Amputationsniveaus die größte Wahrscheinlichkeit für eine adäquate Wundheilung im Vergleich zu Minoramputationen bieten (Varma et al. 2014). In diesem Patientenkollektiv lässt sich diese Aussage nicht bestätigen, da bei der Betrachtung der unterschiedlichen Amputationshöhen auffiel, dass 35% der Minoramputierten (13/37) und 46% der Majoramputierten (33/72) postoperativ chirurgische Komplikationen hatten. Dies zeigt, dass hohe Amputationsniveaus keinesfalls das Auftreten von

postoperativen chirurgischen Komplikationen minimiert, da in der Gruppe der Majoramputationen eine höhere Rate an chirurgischen Komplikationen zu verzeichnen war. In einer retrospektiven Studie von Pollard und Hamilton zeigen sich ähnliche Ergebnisse. Betrachtet wurden bei 90 Patienten und insgesamt 101 Amputationen im transmetatarsalen Bereich die Mortalität, Morbidität sowie deren chirurgischen Komplikationen. Diese Studie legte dar, dass die transmetatarsale Amputation (Majoramputation) bei Patienten mit bekanntem Diabetes mellitus oder einer pAVK mit einer hohen Komplikationsrate assoziiert ist. Die chirurgischen Komplikationen waren u. a. definiert als Stumpfinfarkt mit oder ohne Nachamputation, postoperative Infektion, chronische Stumpfulzeration und Wunddehiszenz (Pollard et al. 2006). Ähnliche Ergebnisse wurden auch in einer retrospektiven Analyse erzielt, die sich mit Amputationen im Fußbereich aufgrund von pAVK beschäftigte (Baltrusch 2012).

Da sich anhand einer Spearman-Rangkorrelation kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Amputationshöhe und Häufung der chirurgischen Komplikationen zeigte, wurden auch die möglichen Formen von chirurgischen Komplikationen wie Wundheilungsstörungen und entzündliche Prozesse getrennt betrachtet. Hier konnte eine signifikant positive Korrelation zwischen steigender Amputationshöhe und der Zunahme entzündlicher Prozesse gezeigt werden (p -Wert 0,007). Als Ursache hierfür werden mit großer Wahrscheinlichkeit die eingeschränkten Durchblutungsverhältnisse angenommen, die dem hohen Anteil an Begleiterkrankungen wie pAVK und Diabetes mellitus geschuldet sind.

Eine signifikant negative Korrelation besteht bei der Betrachtung von Amputationshöhe und dem Auftreten von Wundheilungsstörungen (p -Wert 0,01), was bedeutet, dass bei steigender Amputationshöhe eine signifikante Abnahme von Wundheilungsstörungen auftritt. In dem Patientenkollektiv hatten 20% der Minoramputierten (8/37) und 14% der Majoramputierten (10/72) Wundheilungsstörungen. Dies belegt auch eine Studie nach Dillingham et al., die nahelegt, dass höhere Amputationsniveaus die größte Wahrscheinlichkeit für eine adäquate Wundheilung im Vergleich zu Fuß- oder Knöchelamputationen bieten (Varma et al. 2014).

In der Literatur wird auf die Notwendigkeit aufmerksam gemacht, so peripher wie möglich zu amputieren, um den in den meisten Fällen älteren und multimorbiden Patienten die Chance auf eine verbesserte bzw. erfolgsversprechende Rehabilitation zu bieten (Heyde et al. 2001).

4.4.1 Nachamputationen

Bei 42% der Patienten (46/109) kam es nach einer Primäramputation postoperativ zu chirurgischen Komplikationen. Davon wurde bei 21 Patienten eine Nachamputation aufgrund konservativ nicht beherrschbarer Komplikationen durchgeführt. Die Indikation für eine Nachamputation stellten bei 57% der Patienten (12/21) Wundheilungsstörungen, bei 19% (4/21) eine Kombination aus Wundheilungsstörung und entzündlichen Geschehen und bei 24% (5/21) entzündliche Prozesse dar. Zusammenfassend stellt sich heraus, dass das Auftreten von Wundheilungsstörungen zwar mit 57% die häufigste Indikation für eine Re-Amputation ist, eine Infektion im Rahmen eines entzündlichen Prozesses jedoch auch in 43% der Fälle (9/21) vorkam und eine Re-Amputation notwendig machte. Wundheilungsstörungen im Stumpfbereich führen laut Literaturangaben in circa 1/3 der Fälle zu einer Re-Amputation. Im eigenen Patientenkollektiv mussten 12 der 18 Patienten, die nach der Primäramputation Wundheilungsstörungen zeigten, nachamputiert werden. Dies entspricht 2/3 und liegt damit deutlich über dem in der Literatur angegebenen Wert.

Bei der Betrachtung der Komorbiditäten der Patienten mit Nachamputation fiel auf, dass 67% (14/21) einen Diabetes mellitus und 81% (17/21) eine pAVK als Begleiterkrankung aufwiesen. Das Vorliegen dieser Komorbiditäten könnte einen Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Wundheilungsstörungen und Wundinfektionen darstellen. Eine Studie von Lavery et al. konnte bestätigen, dass diabetische Ulcera an den Füßen und eine begleitende pAVK Faktoren sind, die das Auftreten von Wundinfektionen begünstigen (Wozniak und Baumgartner 2012).

Eine amerikanische Studie nach Kono et al. hatte zum Ziel, Häufigkeiten und Risikofaktoren für Re-Amputationen zu evaluieren. In dieser retrospektiven Analyse wurden 116 Patienten eingeschlossen, die im Zeitraum von 2002 bis 2004 aufgrund nicht traumatischer Genese amputiert wurden. 50% der Patienten benötigten eine Folgeamputation. Das Vorliegen eines insulinabhängigen Diabetes mellitus stellte einen signifikanten Risikofaktor für eine Re-Amputation dar (Kono und Muder 2012). Ebenso zeigte eine Studie von Tsur et al., dass bei Diabetikern häufiger als bei Nicht-Diabetikern die Wahrscheinlichkeit für ein höheres Amputationsniveau steigt (Tsur und Volpin 2014). Im eigenen Patientenkollektiv lag die Zahl der Re-Amputation mit 19% (21/109) deutlich niedriger.

In der Studie von Kono et al. fiel zusätzlich auf, dass postoperative Infektionen das Re-Amputationsrisiko nicht beeinflussen (Kono und Muder 2012). Dies steht im Widerspruch zu dem eigenen Patientenkollektiv, da hier postoperativ entzündliche Prozesse einen erheblichen Einfluss auf die Re-Amputationsrate hatten.

Die 21 durchgeführten Re-Amputationen gliederten sich in drei Minor- und 18 Majoramputationen. Zehn der 21 Patienten entwickelten postoperativ nach Re-Amputation chirurgische Komplikationen, von denen sich sieben Patienten einer zweiten Nachamputation unterziehen mussten. Bei zwei Patienten entwickelten sich postoperative Komplikationen im Sinne von Wundheilungsstörungen und entzündlichen Prozessen, die daraufhin ein drittes Mal nachamputiert wurden.

Generell herrschen noch sehr kontroverse Meinungen bezüglich des Vorteils einer primären Minoramputation gegenüber einer primären Majoramputation. Laut Literaturangaben liegt der große Vorteil einer primären Majoramputation in einer niedrigeren Re-Amputationsrate und verkürzten Heilungsdauer, wohingegen die Minoramputation häufig von Re-Amputationen gefolgt wird und dementsprechend auch eine verlängerte Heilungsdauer aufweist. In der eigenen Studie zeigte sich genau das Gegenteil. Die Nachamputationsrate bei primärer Minoramputation lag bei 16% (6/37) und die durchschnittliche Hospitalisierungszeit bei 26 Tagen. Majoramputationen hingegen erhielten in diesem Patientenkollektiv häufiger Nachamputationen mit einer Rate von 21% (15/72) und einer durchschnittlichen Hospitalisierungszeit von 46 Tagen, welches einen signifikanten Unterschied zur Hospitalisierungszeit zu Minoramputationen darstellt (p -Wert 0,003).

Auch zeigen Langzeitergebnisse, dass Patienten nach einer primären Majoramputation langfristig eine höhere Mortalitätsrate aufweisen als Patienten nach einer primären Minoramputation. Gleichzeitig besteht ein vermindertes Rehabilitationsvermögen nach proximaler als nach distaler Primäramputation (Apelqvist 2012).

4.5 Krankenhausverweildauer

In einer niederländischen Studie ergab sich bei Patienten mit Diabetes mellitus, bei denen eine Amputation an der unteren Extremität erfolgte, ein Mittelwert von 42 Tagen pro Krankenhausaufenthalt (van Houtum et al. 1995). Eine australische Analyse hingegen berichtete von einem durchschnittlichen Krankenhausaufenthalt von 31 Tagen (Davis et al. 2006). In der eigenen Studie lag die durchschnittliche Krankenhausverweildauer bei 35 Tagen unabhängig von den Vorerkrankungen. Die unterschiedlichen Zeiträume der Krankenhausaufenthalte kann zum einen an den unterschiedlichen Gesundheitssystemen liegen, zum anderen aber auch an der in der Vergangenheit üblichen Vorgehensweise, die Patienten frühestmöglich aus dem Krankenhaus zu entlassen (Davis et al. 2006). Ebenso wurde in einer schottischen Studie gezeigt, dass die Hospitalisierungszeit maßgeblich davon abhängt, ob eine pAVK oder ein Diabetes mellitus als Begleiterkrankungen vorliegen (Schofield et al. 2006).

Darüber hinaus wurden auch die durchschnittlichen Krankenhausaufenthalte für die Gruppe der Minor- und Majoramputationen ausgewertet. Es zeigte sich eine deutlich längere Hospitalisierungszeit bei der Gruppe der Patienten mit Majoramputationen, die durchschnittlich 39 Tage im Krankenhaus verbrachten, im Vergleich zu der Gruppe der Minoramputationen, deren Krankenhausverweildauer bei 26 Tagen lag. Anhand des t-Tests für unabhängige Stichproben, der in diesem Fall die Unterschiede der Mittelwerte der Liegedauer zwischen Minor- und Majoramputationen vergleicht, ließ sich ein p-Wert von 0,003 errechnen. In einer retrospektiven Analyse von Baltrusch (2012) zeigte sich ebenfalls eine deutlich längere Hospitalisierungszeit bei Majoramputationen (39 Tage) im Vergleich zu Minoramputationen (28 Tage) (Baltrusch 2012).

Ebenso fiel bei der Betrachtung der unterschiedlichen Amputationshöhen auf, dass die Unterschenkelamputation mit dem durchschnittlich längsten stationären Aufenthalt einherging (44 Tage), wohingegen die Zehenstrahlresektion die durchschnittlich kürzeste Krankenhausverweildauer aufwies (24 Tage). Patienten, die eine primäre Unterschenkelamputation erhielten, wurden häufiger nachamputiert als Patienten mit Zehenstrahlresektion. Somit lässt sich die längere Hospitalisierungszeit bei Unterschenkelamputationen durch eine häufigere Re-Amputationsrate erklären, die auf dem gesteigerten Auftreten von postoperativ chirurgischen Komplikationen basiert.

Bei der Evaluation der Krankenhausaufenthaltsdauer von Patienten mit und ohne chirurgischen Komplikationen, unabhängig der Amputationshöhe, fiel auf, dass Patienten mit Komplikationen im Durchschnitt 20 Tage länger stationär verbrachten als Patienten ohne Komplikationen. Mittels des t-Tests für unabhängige Stichproben ergab sich ein p-Wert von 0,001. Dies stellt einen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen dar. Es lässt sich daraus der Schluss ziehen, dass ein häufigeres Auftreten von chirurgischen Komplikationen auch eine längere Krankenhausverweildauer mit sich bringt. So lag die Hospitalisierungszeit bei Patienten mit chirurgischen Komplikationen bei 46 Tagen, wohingegen Patienten ohne chirurgische Komplikationen 26 Tage im Krankenhaus verbrachten.

Bei Patienten, die im stationären Verlauf medizinische Komplikationen im Sinne von gastrointestinalen, kardiologischen oder hämatologischen Beschwerden entwickelten, resultierte keine deutlich längere Hospitalisierungszeit als bei denen ohne medizinische Komplikationen. Auffallend hingegen war jedoch, dass die Patienten mit medizinischen Komplikationen signifikant älter (72 Jahre) waren als Patienten ohne medizinische Komplikationen (60 Jahre).

4.6 Präoperative gefäßchirurgische Interventionen

Eine Analyse des Statistischen Bundesamtes der Jahre 2005 bis 2012 belegt die Zunahme der Inzidenz akuter oder chronischer Extremitätenischämien. Das Mortalitätsrisiko steigt mit zunehmenden Lebensalter und ist bei der akuten Extremitätenischämie besonders hoch. Laut dieser Analyse ist die Gesamtzahl aller peripheren Angioplastien von circa 73.000 im Jahr 2005 auf circa 130.000 im Jahr 2012 angestiegen, wohingegen die Anzahl aller peripherer Bypassoperationen von circa 43.000 im Jahr 2005 auf circa 39.500 im Jahr 2012 gesunken ist (Eckstein et al. 2014). Es konnte in mehreren internationalen Studien gezeigt werden, dass die Zunahme endovaskulärer Interventionen zu einer Abnahme der Amputationsrate führt. So wurde in einer finnischen Studie analysiert, dass die Amputationsrate von 1984 bis 2000 um 41% gesunken ist. Gleichzeitig jedoch stiegen die Zahlen der Gefäßinterventionen. (Eskelinen et al. 2004). Es wird vermutet, dass der Rückgang der Majoramputation um 32% seit 2005 u. a. mit der Zunahme offener und endovaskulärer Gefäßrekonstruktionen zusammenhängt (Eckstein et al. 2014). Dennoch lässt sich auch durch verbesserte Gefäßdiagnostik, operative oder radiologisch interventionelle Revaskularisationen die Amputation nicht gänzlich vermeiden. In einer Studie von Strøm et al. (2016) wurde gezeigt, dass bei 15 von 70 Patienten, die aufgrund einer Extremitätenischämie unterhalb der Knieregion mit einer PTA behandelt wurden, im Verlauf eine Majoramputation durchgeführt wurde (Strøm et al. 2016). Somit erhielten in dieser Studie ca. 21% der Patienten (15/70) trotz PTA im Verlauf eine Majoramputation. Im eigenen Patientenkollektiv erhielten 42 von 109 Patienten im Vorfeld einer Amputation gefäßchirurgische Interventionen im Sinne einer interventionellen Angioplastie oder Bypassoperation. In der Gruppe der Minoramputationen waren dies 35% (13/37) und in der Gruppe der Majoramputationen 40% der Patienten (29/72).

Ziel dieser Studie war es u. a. zu klären, ob präoperativ durchgeführte gefäßchirurgische Interventionen einen Einfluss auf die Komplikationsrate nach einer Amputation haben, da eine Revaskularisation bzw. eine ausreichende arterielle Perfusion der primäre Prädiktor für eine initiale Wundheilung nach chirurgischen Eingriffen darstellt, bzw. eine erfolglose Revaskularisation eine schlechtere Wundheilung vorhersagt und das Risiko für Majoramputationen erhöht (Yeager et al. 1998). Eine Studie von van Niekerk et al. (2001) ergab, dass Patienten mit einer vorherigen Bypassoperation signifikant häufiger Stumpfinfektionen aufweisen. Auch zeigte sich eine verzögerte Wundheilung in dieser Patientengruppe, obwohl keine statistische Signifikanz nachgewiesen werden konnte (van Niekerk et al. 2001). Die Auswertung des Patientengutes ergab ein erhöhtes Risiko für chirurgische Komplikationen (Odds Ratio von 1,680). Der errechnete p-Wert mit 0,193 zeigte auch in dieser Studie keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen

präoperativ durchgeführten gefäßchirurgischen Eingriffen und dem postoperativen Auftreten von chirurgischen Komplikationen. Die Frage, ob präoperativ durchgeführte gefäßchirurgische Interventionen einen Einfluss auf die Komplikationsrate nach Amputation haben, konnte mit dieser Studie nicht abschließend geklärt werden. Hierzu wäre eine weitere Analyse mit einem größeren Patientenkollektiv sinnvoll, die gezielt ihr Augenmerk auf gefäßchirurgische Interventionen sowie deren Erfolg legt.

4.7 Antikoagulanzen und ASS-100-Einnahme

Bei der Erfassung der Vormedikation fiel auf, dass 73% der Patienten (80/109) Thrombozytenaggregationshemmer/Antikoagulanzen einnahmen, wovon 46% (37/80) eine Kombinationstherapie mit ASS 100 erhielten.

Die periphere arterielle Verschlusskrankheit betrifft ca. 10-20% der westlichen Bevölkerung und stellt somit ein globales Problem dar (Katsanos et al. 2015). Die Effektivität von Thrombozytenaggregationshemmern ist belegt, wenn bei Patienten mit pAVK eine weitere arteriosklerotische Manifestation wie bspw. eine koronare Herzkrankheit (KHK) besteht. Im Konsens mit allen Leitlinien ist in Anbetracht der hohen Koinzidenz von pAVK und KHK ein Thrombozytenaggregationshemmer bei pAVK mit dem Ziel indiziert, das Risiko für künftige schwerwiegende unerwünschte kardiovaskuläre Ereignisse zu minimieren (Espinola-Klein 2011). Ein weiteres Ziel dieser Arbeit bestand in der Darstellung des Zusammenhangs, inwieweit die perioperative Einnahme von ASS 100 einen protektiven Faktor für das Auftreten postoperativer chirurgischer Komplikationen darstellt.

Im Rahmen der statistischen Auswertung dieser Studie zeigte sich, dass 34% der Patienten (37/109) zum Zeitpunkt der Amputation ASS 100 als Begleitmedikation einnahmen. Es konnte mit Hilfe einer binären logistischen Regression und Odds Ratio festgestellt werden, dass die perioperative Einnahme von ASS 100 das Risiko für chirurgische Komplikationen, insbesondere das Risiko für die Durchführung eines Débridements, um das 4,12-fache steigerte. Der errechnete p-Wert lag bei 0,008. Somit besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Einnahme von ASS 100 und der Durchführung eines Débridements, welches aufgrund nicht konservativ beherrschbarer Wundkomplikationen durchgeführt wurde. Anhand dieser Auswertung konnte gezeigt werden, dass die Einnahme von ASS 100 keinen protektiven Effekt bezüglich postoperativer chirurgischer Komplikationen erzielte. Zu einem ähnlichen Ergebnis kommt auch ein wissenschaftlicher Artikel, der nahelegt, dass die Hemmung der Cyclooxygenaseenzyme durch Aspirin zu einer verzögerten Wundheilung bei normalen Wundreparaturprozessen führen kann (Darby und Weller 2017). Grund hierfür sei

vor allem die aspirinabhängige Reduktion eines endogenen Liganden für Leukotrien-B₄-Rezeptor-Typ 2 (Yokomizo et al. 2013).

Zwar konnte in dieser Auswertung der perioperativen Einnahme von ASS 100 kein Vorteil bezüglich einer Reduktion von postoperativen chirurgischen Komplikationen zugesprochen werden, dennoch belegt eine Analyse nach Katsanos et al. (2015), dass die duale Thrombozytenaggregationshemmung mit Clopidogrel und Aspirin die einzige Behandlungsform darstellt, die mit einer signifikanten Reduktion von Majoramputationen nach Revaskularisation an der unteren Extremität einherging. Somit kann die Verordnung der dualen Plättchenhemmung nach Revaskularisationseingriffen an der unteren Extremität postuliert werden, um das Risiko für Majoramputationen zu minimieren (Katsanos et al. 2015).

5 Zusammenfassung

Die Auswertung des Patientenkollektivs von 2011 bis 2014 in der Abteilung für Unfallchirurgie, Orthopädie und plastische Chirurgie der Universitätsklinik Göttingen ergab, dass 37 Patienten eine Minoramputation und 72 Patienten eine Majoramputation erhalten haben. Hierbei konnten das Vorliegen eines Diabetes mellitus und einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit als wichtigste Faktoren, die die Entstehung einer drohenden Sepsis begünstigten, herausgearbeitet werden. Diese stellte letztendlich die häufigste Indikation für eine Amputation dar.

Diabetiker waren häufiger im Patientenkollektiv der Minoramputationen als in dem der Majoramputationen anzutreffen, was durch eine Spearman-Rangkorrelation bestätigt wurde. Diese belegte ein signifikant geringeres Vorkommen eines Diabetes mellitus bei steigender Amputationshöhe.

Die Anzahl der präoperativ durchgeführten Eingriffe wie PTA oder periphere Bypassoperationen lag bei 39%. Inwieweit gefäßchirurgische Interventionen die chirurgische Komplikationsrate nach einer Amputation beeinflussen, konnte nicht abschließend geklärt werden. Jedoch zeigte sich die Tendenz, dass diese zu einer Erhöhung des Risikos für das Auftreten chirurgischer Komplikationen geführt haben können.

Die durchschnittliche Krankenhausaufenthaltsdauer in der Gruppe der Minoramputationen lag bei 26 Tagen, in der Gruppe der Majoramputationen bei 39 Tagen. Diese Daten lassen sich mit der aktuellen Literatur vergleichen und verdeutlichen die Schwere einer Majoramputation und die damit einhergehende verlängerte Hospitalisierungszeit, bis eine entsprechende Rehabilitation erfolgen konnte. Des Weiteren stieg die Krankenhausverweildauer beim Vorliegen von postoperativen chirurgischen Komplikationen signifikant an.

Aufgrund der hohen Inzidenz der arteriellen Zirkulationsstörung im Sinne einer pAVK in diesem Patientenkollektiv nahmen 73% der Patienten Antikoagulanzen/Thrombozytenaggregationshemmer ein. Davon erhielten 46% eine Kombinationstherapie mit ASS 100. Ziel dieser Studie war es, den Einfluss von ASS 100 auf die Komplikationsrate zu betrachten. Es stellte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen der Einnahme von ASS 100 und dem Auftreten von postoperativen chirurgischen Komplikationen heraus, welche die Durchführung eines Débridements erforderlich machten. Somit kann ASS 100 kein protektiver Effekt bezüglich chirurgischer Komplikationen zugeschrieben werden.

Positiv zu werten ist, dass bei 81% der Patienten eine einmalige Amputation ausreichend war, um einen Heilungserfolg zu erzielen. Bei den Minoramputationen handelte es sich am häufigsten um die Zehe(n)amputation. Bei den Majoramputationen traten in der Mehrzahl Unterschenkelamputationen auf, was nur einen partiellen Beinverlust bedeutet. Bei 19% der Patienten erfolgte im stationären Verlauf eine Nachamputation aufgrund konservativ und mit Débridements nicht beherrschbarer Komplikationen. Ursächlich hierfür waren Wundheilungsstörungen und entzündliche Prozesse, die vor allem durch Komorbiditäten gefördert wurden. Zu den wichtigsten Komorbiditäten zählten kardiovaskuläre Erkrankungen, an denen 80% der Patienten litten, sowie Diabetes mellitus, der bei 50% der Patienten nachgewiesen werden konnte. Anhand von Spearman-Rangkorrelationen wurde gezeigt, dass bei steigender Amputationshöhe entzündliche Prozesse als Komplikationen zunehmen und Diabetes mellitus als Begleiterkrankung sowie Wundheilungsstörungen als Komplikationen abnehmen.

Die Prävention von Risikofaktoren stellt einen wichtigen Aspekt zur Vermeidung chirurgischer Komplikationen nach einer Amputation dar. Dies sollte bspw. durch die konsequente Therapie eines Diabetes mellitus und dessen Folgeerkrankungen erfolgen. In diesem Patientenkollektiv dominierte die Durchführung von Majoramputationen, die mit einem erhöhten Risiko für chirurgische Komplikationen einherging. Ziel sollte es daher sein, eine Majoramputation soweit wie möglich zu verhindern, um die aufgezeigten chirurgischen Komplikationen, die gehäuft nach Amputationen auftreten, zu vermeiden.

Die Durchführung einer Amputation bedeutet für den Patienten stets den irreversiblen Verlust seiner körperlichen Integrität. Aufgrund dessen sollte die Indikationsstellung stets interdisziplinär und so sparsam wie möglich erfolgen, um dem Patienten die beste Versorgung und anschließende Rehabilitation zu ermöglichen.

6 Literaturverzeichnis

- Amin L, Shah BR, Bierman AS, Lipscombe LL, Wu CF, Feig DS, Booth GL (2014): Gender differences in the impact of poverty on health - disparities in risk of diabetes-related amputation. *Diabet Med* **31**, 1410–1417
- Anderson NJ, Bonauto DK, Adams D (2010): Work-related amputations in Washington state, 1997–2005. *Am J Ind Med* **53**, 693–705
- Apelqvist J: Der diabetische Fuß. In: Debus ES, Gross-Fengels W (Hrsg.): *Operative und interventionelle Gefäßmedizin*. Springer, Berlin 2012, 914–924
- Arnold U, Hinz A, Mahlstedt V, Mailahn M, Wilck A (Hrsg.): *Psyhyrembel Klinisches Wörterbuch*. 266. Auflage; Walter de Gruyter, Berlin 2014
- Aust M: Grundlagen der Wundbehandlung. In: Vogt PM (Hrsg.): *Praxis der Plastischen Chirurgie*. Springer, Berlin 2011, 13–19
- Baltrusch S: Retrospektive Analyse von Amputationen im Fußbereich infolge peripherer arterieller Verschlusskrankheit. *Med. Diss. Würzburg* 2012
- Balzer K, Rümenapf G: Leitlinie Erkrankungen der Oberschenkelarterien (Leitlinie S1 zur Diagnostik und Therapie von Stenosen). In: Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie (Hrsg.): *Leitlinien zu Diagnostik und Therapie in der Gefäßchirurgie*. Springer, Heidelberg 2008, 91–99
- Baumgartner R: Amputation und Prothesenversorgung. In: Imhoff AB, Linke R, Baumgartner R (Hrsg.): *Checkliste Orthopädie*. 2. Auflage; Thieme, Stuttgart 2006, 581–606
- Baumgartner R (2011): Unterschenkelamputation. *Oper Orthop Traumatol* **23**, 280–288
- Baumgartner R: Amputation und Prothesenversorgung. In: Imhoff AB, Linke R, Baumgartner R (Hrsg.): *Checkliste Orthopädie*. 3. Auflage; Thieme, Stuttgart 2014, 608–633
- Baumgartner R: Grundsätzliches. In: Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R (Hrsg.): *Amputation und Prothesenversorgung – Indikationsstellung, operative Technik, Nachbehandlung, Funktionstraining*. 4. Auflage; Thieme, Stuttgart 2016a, 20–29
- Baumgartner R: Ätiologie. In: Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R (Hrsg.): *Amputation und Prothesenversorgung – Indikationsstellung, operative Technik, Nachbehandlung, Funktionstraining*. 4. Auflage; Thieme, Stuttgart 2016b, 32–96
- Baumgartner R, Brückner L: Der Stumpf und seine Probleme. In: Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R (Hrsg.): *Amputation und Prothesenversorgung – Indikationsstellung, operative Technik, Nachbehandlung, Funktionstraining*. 4. Auflage; Thieme, Stuttgart 2016, 558–571

- Brückner L (2007): Amputation an den unteren Extremitäten - Unterschenkel Indikation, Technik. *OP-J* 23, 200–209
- Darby IA, Weller CD (2017): Aspirin treatment for chronic wounds - Potential beneficial and inhibitory effects. *Wound Repair Regen* 25, 7–12
- Davis WA, Norman PE, Bruce DG, Davis TME (2006): Predictors, consequences and costs of diabetes-related lower extremity amputation complicating type 2 diabetes - the Fremantle Diabetes Study. *Diabetologia* 49, 2634–2641
- Debrunner AM (Hrsg.): *Orthopädie Orthopädische Chirurgie - Patientenorientierte Diagnostik und Therapie des Bewegungsapparates*. 4. Auflage; Hans Huber, Bern 2005
- Dissemmond J, Goos M (2004): Optionen des Debridements in der Therapie chronischer Wunden. *J Dtsch Dermatol Ges* 2, 743–751
- Eckstein HH, Knipfer E, Trenner M, Kühnl A, Söllner H (2014): Epidemiologie und Behandlung der PAVK und der akuten Extremitätenischämie in deutschen Krankenhäusern von 2005 bis 2012. *Gefässchirurgie* 19, 117–126
- Eskelinen E, Lepäntalo M, Hietala EM, Sell H, Kauppila L, Mäenpää I, Pitkänen J, Salminen-Peltola P, Leutola S, Eskelinen A (2004): Lower Limb Amputations in Southern Finland in 2000 and Trends up to 2001. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 27, 193–200
- Espinola-Klein C (2011): Periphere arterielle Verschlusskrankheit. *Internist* 52, 549–561
- Exner H (Hrsg.): *Medizinische Biometrie*. 13. Auflage; Thieme, Stuttgart 2002
- Götz J: Amputationen. In: Grifka J, Kuster M (Hrsg.): *Orthopädie und Unfallchirurgie*. Springer, Berlin 2011, 61–68
- Greitemann B (2015a): Amputationen – aktuelle Entwicklungen. *Orthopäde* 44, 407–407
- Greitemann B (2015b): Fehler und Komplikationen bei Amputationen an der unteren Extremität. *Orthopäde* 44, 426–434
- Greitemann B (2017): Nachamputation. In: Engelhardt Lexikon Orthopädie und Unfallchirurgie. Online-Ausgabe; Springer 2017, <http://www.lexikon-orthopaedie.com/pdx.pl?dv=0&id=01085>; Zugriff am 27.06.19
- Hanke S: Arbeitstechniken im chirurgischen Alltag. In: Largiadèr F, Saeger HD, Keel MJB, Bruns CJ (Hrsg.): *Checkliste Chirurgie*. 11. Auflage; Thieme, Stuttgart 2016, 42–109
- Harnoss BM: Epidemiologie der arteriellen Zirkulationsstörungen. In: Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R (Hrsg.): *Amputation und Prothesenversorgung - Indikationsstellung, operative Technik, Nachbehandlung, Funktionstraining*. 4. Auflage; Thieme, Stuttgart 2016, 37

- Hasanadka R, McLafferty RB, Moore CJ, Hood DB, Ramsey DE, Hodgson KJ (2011): Predictors of wound complications following major amputation for critical limb ischemia. *J Vasc Surg* 54, 1374–1382
- Hazmy W, Mahamud M, Ashikin N, Jamilah S, Yee LE, Shong HK (2001): Major limb amputations in Seremban Hospital - a review of 204 cases from 1997-1999. *Med J Malaysia* 56 Suppl C, 3–7
- Heyde CE, Jungmichel D, Neumann W (2001): Majoramputationen bei arterieller Durchblutungsstörung an der unteren Extremität - Klinische und frühfunktionelle Ergebnisse. *Orthop-Tech* 52, 552–557
- Hoffmann JN: Amputationen. In: Jauch KW, Mutschler W, Hoffmann JN, Kanz KG (Hrsg.): *Chirurgie Basisweiterbildung*. 2. Auflage; Springer, Berlin 2013, 222–229
- Jokuszies A: Amputationen an der unteren Extremität. In: Vogt PM (Hrsg.): *Praxis der Plastischen Chirurgie*. Springer, Berlin 2011, 253–265
- Karasch T: Periphere arterielle Verschlusskrankheit. In: Rosenthal J, Kolloch R (Hrsg.): *Arterielle Hypertonie*. 4. Auflage; Springer, Berlin 2004, 800–807
- Katsanos K, Spiliopoulos S, Saha P, Diamantopoulos A, Karunanithy N, Krokidis M, Modarai B, Karnabatidis D (2015): Comparative Efficacy and Safety of Different Antiplatelet Agents for Prevention of Major Cardiovascular Events and Leg Amputations in Patients with Peripheral Arterial Disease - A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *PLOS ONE* 10, e0135692
- Köhler M: Interventionell-radiologische Therapie der arteriellen Zirkulationsstörungen. In: Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R (Hrsg.): *Amputation und Prothesenversorgung – Indikationsstellung, operative Technik, Nachbehandlung, Funktionstraining*. 4. Auflage; Thieme, Stuttgart 2016, 38–43
- Köhler M, Baumgartner R: Diagnostik der arteriellen Zirkulationsstörungen. In: Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R (Hrsg.): *Amputation und Prothesenversorgung – Indikationsstellung, operative Technik, Nachbehandlung, Funktionstraining*. 4. Auflage; Thieme, Stuttgart 2016, 37–38
- Kono Y, Muder RR (2012): Identifying the Incidence of and Risk Factors for Reamputation Among Patients Who Underwent Foot Amputation. *Ann Vasc Surg* 26, 1120–1126
- Kröger K, Berg C, Santosa F, Malayar N, Reinecke H (2017): Amputationen der unteren Extremität in Deutschland - Eine Analyse auf der Grundlage von Daten des Statistischen Bundesamtes im Zeitraum 2005 bis 2014. *Dtsch Ärztebl* 114, 130–136
- Lawall H, Huppert P, Rümenapf G: S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit. Deutsche Gesellschaft für Angiologie –

- Gesellschaft für Gefäßmedizin, 2015, <https://docplayer.org/8629373-Leitlinie-zur-amputationsbedrohten-extremitaet.html>; Zugriff am 08.07.2019
- Liedberg E, Persson BM (1983): Age, diabetes and smoking in lower limb amputation for arterial occlusive disease. *Acta Orthop Scand* 54, 383–388
- Lind J, Kramhøft M, Bødtker S (1991): The influence of smoking on complications after primary amputations of the lower extremity. *Clin Orthop* 267, 211–217
- Nationale Versorgungsleitlinie Typ-2-Diabetes – Präventions- und Behandlungsstrategien von Fußkomplikationen: Kassenärztliche Bundesvereinigung – Bundesärztekammer, 2010, <https://www.leitlinien.de/mdb/downloads/nvl/diabetes-mellitus/archiv/fuss-komplikationen/dm2-fuss-lang-2.8.pdf>; Zugriff am 12.01.2020
- Neufang A (2015): Periphere Gefäßchirurgie - Aktuelle Techniken und Ergebnisse. *Herzmedizin* 32, 15–24
- Pollard J, Hamilton GA, Rush SM, Ford LA (2006): Mortality and Morbidity After Transmetatarsal Amputation - Retrospective Review of 101 Cases. *J Foot Ankle Surg* 45, 91–97
- Polzer H: 25 Komplikationen bei der Amputation. In: Wirth CJ, Mutschler W, Neu J (Hrsg.): *Komplikationen Kompakt - Orthopädie und Unfallchirurgie*. Thieme, Stuttgart 2016, 136–138
- Ramczykowski T, Schildhauer TA (2017): Amputation und Prothesenversorgung – die untere Extremität. *Z Orthop Unfallchir* 155, 477–498
- Röthlin M: Haut und Weichteile. In: Largiadèr F, Saeger HD, Keel MJB (Hrsg.): *Checkliste Chirurgie*. 10. Auflage; Thieme, Stuttgart 2012, 179–206
- Santosa F, Moysidis T, Kanya S, Babadagi-Hardt Z, Luther B, Kröger K (2015): Decrease in Major Amputations in Germany. *Int Wound J* 12, 276–279
- Schofer M, Jung W, Rüländer C, Kortmann HR (2002): Unterschenkelamputation. *Trauma Berufskrankh* 4, 121–126
- Schofield CJ, Libby G, Brennan GM, MacAlpine RR, Morris AD, Leese GP (2006): Mortality and Hospitalization in Patients After Amputation - A comparison between patients with and without diabetes. *Diabetes Care* 29, 2252–2256
- Schweiger H, Amendt K, Rümenapf G: Die amputationsbedrohte Extremität. In: Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie (Hrsg.): *Leitlinien zu Diagnostik und Therapie in der Gefäßchirurgie*. Springer, Heidelberg 2008, 135–139
- Silbernagel G, Rein P, Saely CH, Engelberger RP, Willenberg T, Do DD, Kucher N, Baumgartner I, Drexel H (2015): Prevalence of type 2 diabetes is higher in peripheral artery disease than in coronary artery disease patients. *Diab Vasc Dis Res* 12, 146–149

- Stinus H, Schüling S, Geerken J (1994): Epidemiologische Daten zu Amputationen an der unteren Extremität. *Z Orthop Ihre Grenzgeb* 132, 239–243
- Strøm M, Konge L, Lönn L, Schroeder TV, Rørdam P (2016): Amputation-Free Survival after Crural Percutaneous Transluminal Angioplasty for Critical Limb Ischemia. *Scand J Surg* 105, 42–48
- Taeger G, Nast-Kolb D (2000): Amputationen und Prothesenversorgung der unteren Extremität. *Unfallchirurg* 103, 1097–1115
- Tang ZQ, Chen HL, Zhao FF (2014): Gender differences of lower extremity amputation risk in patients with diabetic foot - a meta-analysis. *Int J Low Extrem Wounds* 13, 197–204
- Thiede A, Debus S: Die Wunde. In: Bruch HP, Trentz O (Hrsg.): *Berchtold Chirurgie*. 6. Auflage; Elsevier/Urban & Fischer, München 2008, 45–62
- Tsur A, Volpin G (2014): Re-amputations and mortality among patients with diabetic or peripheral vascular complications. *Isr Med Assoc J* 16, 115–116
- Van Houtum WH, Lavery LA, Harkless LB (1995): The costs of diabetes-related lower extremity amputations in the Netherlands. *Diabet Med* 12, 777–781
- Van Niekerk LJ, Stewart CP, Jain AS (2001): Major lower limb amputation following failed infrainguinal vascular bypass surgery - a prospective study on amputation levels and stump complications. *Prosthet Orthot Int* 25, 29–33
- Varma P, Stineman MG, Dillingham TR (2014): Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America Epidemiology of Limb Loss. *Phys Med Rehabil Clin N Am* 25, 1–8
- Weidenhagen R, Koepfel T: Chronische Wunden. In: Jauch KW, Mutschler W, Hoffmann JN, Kanz KG (Hrsg.): *Chirurgie Basisweiterbildung*. 2. Auflage; Springer, Berlin 2013, 303–308
- Weise K: Spezielle Techniken der Wundbehandlung. In: Hirner A, Weise K (Hrsg.): *Chirurgie*. 2. Auflage; Thieme, Stuttgart 2008, 36–38
- Wozniak G, Baumgartner R: Prinzipien der Amputation. In: Debus ES, Gross-Fengels W (Hrsg.): *Operative und interventionelle Gefäßmedizin*. Springer, Berlin 2012, 967–982
- Yeager RA, Moneta GL, Edwards JM, Williamson WK, McConnell DB, Taylor LM, Porter JM (1998): Predictors of outcome of forefoot surgery for ulceration and gangrene. *Am J Surg* 175, 388–390
- Yilmaz M, Gulabi D, Kaya I, Bayram E, Cecen GS (2016): The effect of amputation level and age on outcome - an analysis of 135 amputees. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 26, 107–112

- Yokomizo T, Liu M, Saeiki K (2013): Aspirin delays skin wound healing by reducing the production of 12-hydroxyheptadecatrienoic acid, a ligand for BLT2 receptor. *FASEB J* 27, 813.4
- Ziegenthaler H, Baumgartner R: Wundbehandlung. In: Greitemann B, Brückner L, Schäfer M, Baumgartner R (Hrsg.): *Amputation und Prothesenversorgung – Indikationsstellung, operative Technik, Nachbehandlung, Funktionstraining*. 4. Auflage; Thieme, Stuttgart 2016, 142–157

Danksagung

Meinem Doktorvater Prof. Dr. med. S. Schmisch danke ich für die freundliche Überlassung des Themas sowie für seine Anregungen bei der Erstellung der Arbeit.

Bedanken möchte ich mich auch bei den Mitarbeitern des Instituts für medizinische Statistik für ihre Hilfsbereitschaft und Beratung bei der statistischen Datenauswertung.