

Aus der Universitätsklinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und  
Transplantationschirurgie - Arbeitsbereich Gefäßchirurgie

der Medizinischen Fakultät

der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Direktor: Prof. Dr. med. Roland Croner

Leiter des Arbeitsbereichs für Gefäßchirurgie: Prof. Dr. med. Zuhir Halloul

**Analyse der postoperativen Infektionen  
nach arteriellen Rekonstruktionen der unteren Extremitäten**

**D i s s e r t a t i o n**

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.

(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät

der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von Thi To Nga Vo-Schwarz

aus Braunschweig

Braunschweig 2022

## **Dokumentationsblatt**

### **Bibliographische Beschreibung**

Vo-Schwarz, Thi To Nga: Analyse der postoperativen Infektionen nach arteriellen Rekonstruktionen der unteren Extremitäten. -2022.- 72 Bl., 8 Abb., 9 Tab.

### **Kurzreferat**

Das Ziel dieser Arbeit bestand in der Analyse möglicher Risikofaktoren für Wundinfektionen nach Operationen an Arterien der unteren Extremität. Weiterhin sollte durch Vergleich der Patienten zweier Jahre ermittelt werden, ob die zwischenzeitlich eingeleiteten Veränderungen der Hygienestandards zu einer niedrigeren Wundinfektionsrate geführt haben. Hierzu wurden insgesamt 353 Patienten des Arbeitsbereiches Gefäßchirurgie der Universitätsklinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Transplantationschirurgie der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg aus den Jahren 2014-2016 mit Hilfe der elektronischen Patientenakte prospektiv im Rahmen der gesetzlichen Qualitätssicherung und retrospektiv durch Erfassung zusätzlicher Parameter eingeschlossen. Mittels multipler Regression konnte der Body-Mass-Index als mit Wundinfektionen assoziierter Risikofaktor identifiziert werden. Die Anwesenheit eines Gastarztes, der Hämoglobin-Wert vor der Operation, die Verwendung autologen Materials für die Gefäßrekonstruktion und die standardmäßige Verabreichung von Single-shot-Antibiotika waren hingegen negativ („protektiv“) mit einer möglichen Wundinfektion assoziiert. Mögliche kausale Zusammenhänge werden von dem Hintergrund dieser Ergebnisse diskutiert. Mittels matched-pairs-Vergleich konnte eine signifikante Senkung der postoperativen Wundinfektionsrate von 23% im Jahr 2014 auf nur noch 11% im Jahr 2015 bestätigt werden. Somit konnte gezeigt werden, dass ein intensiviertes Hygieneregime die Infektionszahlen deutlich reduzierte. Hierbei schienen die räumliche und personelle Trennung der Patienten der Gefäßchirurgie von Patienten anderer Fachabteilungen, die Schulung der Mitarbeiter und die kontinuierliche Zusammenarbeit mit dem Institut für Mikrobiologie und Hygiene der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg eine entscheidende Rolle zu spielen. Diese Maßnahmen müssen stetig kontrolliert und aktualisiert werden, damit der Erfolg Bestand hat. Andere Faktoren, die sich als

signifikant herausgestellt haben, lassen sich jedoch nur schwer beeinflussen, da diese vom Patienten vorgegeben sind.

Schlüsselwörter: postoperative Wundinfektion, nosokomiale Infektionen, Risikofaktoren, KISS System, Gefäßchirurgie, Händedesinfektion

# Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen.....	III
Abbildungsverzeichnis.....	V
Tabellenverzeichnis.....	VI
1. Einleitung.....	1
1.1 Geschichte.....	1
1.2 Definition der postoperativen Wundinfektion.....	2
1.3 Epidemiologie & Ätiopathogenese postoperativer Wundinfektionen.....	4
1.3.1 Epidemiologie.....	4
1.3.2 Ätiopathogenese postoperativer Wundinfektionen.....	5
1.4 Periphere arterielle Verschlusskrankheit.....	9
1.4.1 Definition, Epidemiologie und Pathogenese.....	9
1.4.2 Risikofaktoren.....	9
1.4.3 Klinik, Diagnosestellung & Therapie.....	10
1.4.4 Bypass Operationen.....	11
1.5 Krankenhaus- Infektions-Surveillance-System (KISS).....	12
1.6 Aufgaben- und Zielstellung.....	12
2. Patienten und Methoden.....	14
2.1 Studiendesign, Einschluss-, Ausschlusskriterien.....	14
2.2 Indikation zur Operation.....	14
2.3 Statistik.....	17
2.4 Ethik und Datenschutz.....	18
2.5 Therapiemethoden.....	18
2.5.1 Allgemeine Maßnahmen, die vor, während und nach der OP durchgeführt wurden.....	18
2.5.2 PTA.....	19
2.5.3 Thrombendarteriektomie.....	19
2.5.4 Femoropoplitealer Bypass.....	20
2.6 Änderung des Hygieneregimes.....	21

3. Ergebnisse.....	22
3.1 Beobachtungszeitraum & Patientenverteilung.....	22
3.2 Auswertung der einzelnen Variablen im Jahresvergleich.....	23
3.3 Prä- peri- und postoperative Antibiotikaapplikation .....	25
3.4 Aufteilung der CDC/NRZ-Kategorie der postop. Wundinfektion .....	27
3.5 Univariater Zusammenhang zwischen möglichen Risikofaktoren und postoperativer Wundinfektion .....	28
3.5.1 Implantiertes Material in Bezug zur Infektionsrate .....	28
3.5.2 Präoperative Wunden und Keimverhalten .....	30
3.5.3 Sensibilität von pathogenen Erregern in präoperativen Wunden in Hinsicht auf das perioperative Antibiotikum .....	30
3.5.4 Diabetes mellitus & MRSA.....	31
3.5.5 Weitere signifikante Faktoren .....	32
3.6 Multiple Regressionsanalyse zur Ermittlung möglicher Risikofaktoren für postoperative Wundinfektionen .....	33
3.7 Matched-pairs- Vergleich der Jahre 2014 und 2015 .....	35
4. Diskussion .....	38
4.1 Einleitende Bemerkung .....	38
4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung der Datenqualität & Limitation.....	39
4.3 Auswertung d. Risikofaktoren bezüglich d. postoperativen Wundinfektion .	40
4.4 Veränderungen des Hygieneregimes, sowie strukturelle Veränderungen von 2014-2016 .....	46
4.5 Ausblick.....	49
5. Zusammenfassung .....	50
Literaturverzeichnis .....	52
Danksagung .....	60
Ehrenerklärung.....	61
Lebenslauf.....	62

## Verzeichnis der Abkürzungen

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
Abb.	Abbildung
ABI	Ankle- Brachial Index
bzw.	Beziehungsweise
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
CT	Computertomographie
CT-A	CT-gestützte Angiographie
DM	Diabetes mellitus
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
Hb	Hämoglobin
KISS	Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System
MRSA	Methicillin-resistenter Staphylococcus aureus
NRZ	Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen
NHSN	National Healthcare Safety Network
OP	Operation
OTA	Operationstechnische Assistentin
PAP	Perioperative Antibiotikaphylaxe
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PTA	Perkutane transluminale Angioplastie
STROBE	The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology

(Initiative zur Verbesserung der Publikationen von Beobachtungsstudien in der Epidemiologie)

Tab.	Tabelle
TEA	Thrombendarteriektomie
V.	Vena
Vv.	Venae
z.B.	Zum Beispiel

## Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Risikofaktoren für postoperative Wundinfektionen .....	8
Abb. 2: Therapiemaßnahmen nach Einteilung der pAVK nach Fontaine- Klassifikation.....	10
Abb. 3: Einzuschließende OPs für Modul OP-KISS.....	15
Abb. 4: Flussschema Patientenein- und -ausschluss .....	23
Abb. 5: Balkendiagramm der postoperativen Wundklassenverteilung prozentual im Jahresvergleich.....	28
Abb. 6: Boxplot Wundinfektion in Abhängigkeit zur Liegezeit .....	32
Abb. 7: QQ-Plot der Matched-pairs-Analyse zwischen den Patientengruppen 2014 und 2015.....	37
Abb.8: Referenzdaten 01.2012-12.2016 bei arteriellen Rekonstruktionen-untere Extremität.....	47

## Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Tabellarische Erfassung der in der Studie berücksichtigten Variablen .....	16
Tab. 2: Änderung des Hygieneregimes von 2014-2016 .....	21
Tab. 3: Wichtige Variablen der Studie im Jahresvergleich 2014-2016 .....	24
Tab. 4: Verteilung der Antibiotikagabe im Jahresvergleich .....	27
Tab. 5: Infektionsrate abhängig vom verwendeten Material .....	29
Tab. 6: Keimverhalten bzgl. Antibiotikum aus präoperativer Wunde in Bezug auf Wundinfektion .....	31
Tab. 7: Relevante Faktoren für binäre logistische Regression .....	34
Tab. 8: Logistische Regression – stepwise backward Algorithmus – Endergebnis...	35
Tab. 9: Gewichtsklassifikation nach WHO .....	44

# 1. Einleitung

## 1.1 Geschichte

Die Wundinfektion stellte sich schon immer als große Herausforderung der Medizin dar. So wurde schon in der Antike, aber noch intensiver im 19. Jahrhundert nach den Ursachen gesucht. Manche Mediziner hielten Miasmen für die Ursache – einen Stoff, der als Aerosol sowohl in der Luft als auch im Boden gegenwärtig sein und so die Menschen krank machen sollte. Wiederum andere behaupteten, dass „verdorbene“ Luft für die Infektionen verantwortlich sein könnte (1,2).

Ignaz Semmelweis war jedoch der erste Arzt, der im Rahmen seiner Zeit in der Geburtshilfe (ab 1847) in einer Fall-Kontroll-Analyse feststellte, dass Gebärende, die von Medizinstudenten und Ärzten betreut wurden, eine deutlich höhere Sterblichkeitsrate nach der Geburt (die ursächliche Krankheit wurde als Kinderbettfieber oder puerperales Fieber bezeichnet) aufwiesen (13-18%) als diejenigen, die von Hebammen-Praktikanten oder Hebammen betreut wurden (2%) (2,3). Hieraus schloss er, dass die höhere Infektionsrate auf das Personal rückzuführen war. So schlussfolgerte er, dass dies durch die vorherig durchgeführten Autopsien an Leichen begründet war, woraufhin er eine statistische Erfassung der Folgen des gezielten Händewaschens durchführte (4). Hier stellte sich heraus, dass die Sterblichkeitsrate nach dem Händewaschen des ärztlichen Personals sowie der Medizinstudenten auf ca. 2% sank. Nach Waschung der Instrumente sank die Rate sogar auf 1%. Es wurde also offenbar, dass die Ärzte und Studenten durch ihre Hände die „Krankheit“ (Mikroorganismen waren als Krankheitserreger noch nicht geläufig) von den Verstorbenen auf die Lebenden übertrugen, indem sie von den Obduktionen aus direkt in den Kreissaal gingen. Diese Theorie wurde von den meisten damaligen Kollegen jedoch ignoriert oder angefeindet, und erst 20 Jahre nach seinem Tod erfuhren sie die verdiente Anerkennung, nachdem auch andere, wie Koch und Pasteur zu ähnlichen Erkenntnissen gelangt waren (2).

1865 fand der Mediziner Lister, der „Vater der Antisepsis“, als Erster den Zusammenhang zwischen Bakterien und der dadurch ausgelösten Wundinfektion und nutzte Carbonsäure, heute Phenol genannt, als antibakteriellen Stoff, um Verbände und Instrumente zu desinfizieren. Zunächst nahm er an, dass sich die Erreger in der Luft befanden und versprühte großzügig Säure in die Luft, unterlies

dies aber wieder, nachdem er erkannte, dass diese Annahme falsch war. In Folge seiner weiteren Erkenntnisse sank die Anzahl der Infektionen tatsächlich (5,6).

Ab dem späten 19. Jahrhundert bekam der Begriff der Asepsis entscheidende Bedeutung. Bedeutende Chirurgen wie Ernst von Bergmann oder Curt Schimmelbusch arbeiteten nun antiseptisch bei der Wundbehandlung, also möglichst keimfrei. Mit der Zeit wurde dies immer mehr zum Standard, und so verbesserten sich die Operationsabläufe zunehmend. Neben der Desinfektion wurde die noch bis heute verwendete OP-Bekleidung eingeführt. Auch erkannte man, dass die Räumlichkeiten eine wichtige Rolle bei der erfolgreichen Wundbehandlung spielten. Räume wurden um-, und Filter für die Luft wurden eingebaut (1, 7).

Trotz der genannten Veränderungen lag die Infektionsrate während des 2. Weltkrieges immer noch hoch. Jede 10. Wunde war immer noch infiziert. Daraufhin wurde geschlussfolgert, dass noch andere Faktoren eine Rolle spielen mussten. Man erkannte, dass die Operationstechnik, aber auch das zu implantierende Material keine unwesentliche Rolle spielten. Nicht zuletzt waren aber die Komorbiditäten der Patienten ebenfalls entscheidend (8).

1980 erschienen weitere evidenzbasierte Studien mit dem Zusammenhang von Wundinfektionen und Risikofaktoren, wie von Patienten ausgehende Faktoren, OP-Vorbereitung, peri- und postoperativem Vorgehen, worauf 1999 die erste Centers for Disease Control and Prevention-Leitlinie (CDC) zur Prävention von postoperativen Wundinfektionen verfasst und öffentlich gemacht wurde (1).

## 1.2 Definition der postoperativen Wundinfektion

Um eine einheitliche Erfassung der postoperativen Wundinfektionen zu gewährleisten, hat das Nationale Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen (NRZ) eine Definition in Anlehnung an das US-amerikanische Surveillance System National Healthcare Safety Network (NHSN) der CDC veröffentlicht. Demnach handelt es sich allgemein um eine nosokomiale postoperative Wundinfektion, wenn sie die Inzisionsstelle, das operierte Organ oder die während der OP eröffneten Körperhöhle betrifft und innerhalb von 30 bzw. 90 Tagen auftritt. Erreger können dabei sowohl endogen als auch exogen sein. Eine

valide Definition des Begriffes „nosokomial“ ist ebenso wie jene des Begriffes „Infektion“ entgegen landläufigen Auffassungen alles andere als trivial. Wenn eine Infektion nach dem Krankenhausaufenthalt erst diagnostiziert wird, aber noch im oben genannten Zeitraum liegt und plausibel mit der stattgefundenen OP in Verbindung gebracht werden kann, gilt sie auch als nosokomiale Infektion. Wird aber festgestellt, dass eine Infektion auf zuvor schon vorhandene Erreger zurückzuführen ist, wird diese nicht als nosokomial bewertet. Selbst wenn ein Erregerwechsel im Infektionsgebiet stattgefunden hat, ist ein klinisch infektionsfreies Intervall Voraussetzung, um es als nosokomial bewerten zu können (9).

Des Weiteren wird in eine oberflächliche und tiefe Wundinfektion unterteilt.

Der Definition zur Folge betrifft eine oberflächliche Infektion nur die Haut oder das subkutane Fettgewebe. Die Infektion muss innerhalb von 30 Tagen stattfinden, wobei der Operationstag Tag 1 ist, und muss zudem eines der folgenden Kriterien erfüllen:

- „Eitrige Sekretion aus der oberflächlichen Inzision
- Erregernachweis in kulturellen oder nicht-kulturellen Verfahren aus einem aseptisch entnommenen Material von der oberflächlichen Inzision oder dem subkutanen Gewebe, welches zum Zweck der Diagnose oder Behandlung entnommen wurde
- Eines der folgenden Anzeichen (dieses Kriterium gilt nicht bei Vorliegen einer negativen mikrobiologischen Untersuchung von der oberflächlichen Inzision):  
– Schmerz oder Berührungsempfindlichkeit – lokalisierte Schwellung – Rötung oder Überwärmung und die oberflächliche Inzision wird bewusst eröffnet.
- Diagnose einer oberflächlichen Wundinfektion durch den behandelnden Arzt“ (8).

Eine tiefe Wundinfektion hingegen betrifft auch die Faszien- und Muskulatur. Sie muss in einem Zeitraum von 30 bzw. 90 Tagen auftreten, je nach stattgefundener OP. Zudem muss sie wieder eine der folgenden Kriterien erfüllen:

- „Eitrige Sekretion aus der Tiefe der Inzision
- Alle 3 folgenden:

- 1. eines der folgenden Anzeichen: – Fieber ( $> 38\text{ °C}$ ), – lokalisierter Schmerz – Berührungsempfindlichkeit und
  - 2. Spontane Dehiszenz oder bewusste Eröffnung der tiefen Gewebeschichten durch den behandelnden Arzt und
  - 3. Erregernachweis in kulturellen oder nicht-kulturellen Verfahren aus Material, welches zum Zweck der Diagnose oder Behandlung entnommen wurde
- Abszess oder sonstige Zeichen der Infektion, die tiefere Schichten betreffend, sind während einer körperlichen Untersuchung oder Operation (z. B. bei der klinischen Untersuchung, während Reoperation), bei der histopathologischen Untersuchung oder in bildgebenden Verfahren ersichtlich
  - Diagnose einer tiefen Wundinfektion durch den behandelnden Arzt“ (8).

Dieses Krankenhaus-Surveillance-System dient als Grundlage zur Beurteilung und Einteilung der auftretenden Wundinfektionen (9). In dieser Arbeit wurde bereits eine Rötung der Wunde gewertet wie laut Definition CDC Klasse 1 als Wundinfektion gewertet. Im Weiteren wird der Begriff Wundinfektion in der zitierten Literatur aber nach unterschiedlichen Definitionen geführt, so dass er nicht zwangsläufig mit der hier verwendeten Definition in identischer Art und Weise verwendet wurde.

## 1.3 Epidemiologie & Ätiologie postoperativer Wundinfektion

### 1.3.1 Epidemiologie

Studiendaten von 1995-2000 zeigten, dass die Rate der postoperativen Wundinfektionen nach Operationen bei 2,6% lag. 2002 machten postoperative Wundinfektionen 38% aller nosokomialen Infektionen aus und nahmen somit den größten Anteil an nosokomial erworbenen Infektionen ein (10). Im Verlauf der Jahre reduzierte sich die Wundinfektionsrate nach Operationen im Jahre 2008 auf 1,8%. Dies belief sich im stationären Bereich auf ca. 225.000 Operationen, bei denen sich im Nachhinein eine Infektion entwickelte. Doch auch 2016 betrug die Rate der postoperativen Infektionen immer noch 25% der nosokomialen Infektionen (11).

Über die Jahre hat sich die Häufigkeitsverteilung der nosokomialen Infektionen jedoch verändert. So war die postoperative Wundinfektion 1995 mit 16% noch die dritthäufigste nosokomiale Infektion nach der nosokomialen Pneumonie und der nosokomialen Harnwegsinfektion. 2011 betrug die prozentuale Rate der postoperativen Infektionen bereits 24,7% und nahm damit die erste Stelle der nosokomialen Infektionen ein, da die anderen nosokomialen Infektionen prozentual mehr abnahmen (12).

### 1.3.2 Ätiopathogenese postoperativer Wundinfektionen

Postoperative Infektionen entstehen aus einem komplexen Zusammenspiel verschiedener Faktoren. Hier kann man unterscheiden zwischen der Virulenz des Erregers, aber auch anderen wichtigen Faktoren, wie den Komorbiditäten des Patienten, den Umgebungseinflüssen und Behandlungsstrategien, wie der Operationsart oder dem ausgewählten Material (13–15). Durch einen Hautschnitt wird immer eine Eintrittspforte für mögliche Erreger geschaffen. Zudem wird durch die Verletzung des Gewebes eine Vermehrung der Erreger durch mangelnde Durchblutung und Nekrosenbildung gefördert (14,15).

Wird zusätzlich noch Fremdmaterial eingebracht, besteht ein erhöhtes Infektionsrisiko. Verantwortlich hierfür ist nach aktuellem Stand die Fähigkeit vieler Keime, besonders vom *S. aureus*, auf dem implantierten Material einen Biofilm zu bilden. Biofilme sind hierbei ein komplexer Zusammenschluss von Mikroorganismen, die selbständig eine extrazelluläre Matrix erzeugen können und in diese eingebettet sind. Die extrazelluläre Matrix besteht hierbei aus verschiedenen Bestandteilen wie z.B. Polysacchariden oder Proteinen. Dies variiert je nachdem, um welchen Keim es sich handelt (16). Der Biofilm kann nicht von dem menschlichen Immunsystem oder von antibiotischen Medikamenten durchdrungen werden und schützt so die enthaltenen Keime (17–19).

Wundinfektionen können auf zwei Wegen entstehen. So unterscheidet man einen exogenen von einem endogenen Weg (13,14). Beim exogenen handelt es sich um die Kontamination mit Keimen aus der Umgebung, also Keimen, die nicht zur eigenen Körperflora gehören (14,20). Sie können z.B. durch die Hände des Operateurs, der Luft oder durch kontaminierte Infusionen übertragen sein. Die endogene und viel häufiger auftretende Wundinfektion lässt sich weiter untergliedern

in eine primäre und eine sekundäre Infektion. Bei der primären Infektion stammt der Erreger von der eigenen Körperflora und gelangt z.B. während der Operation in das Gewebe, wo er sich vermehren und eine Infektion verursachen kann (13,15). Eine weitere Möglichkeit wäre die hämatogene oder aber auch lymphogene Streuung von Keimen in das OP-Gebiet (14,21). Bei der sekundären Wundinfektion kommt es zu einer Kontamination mit Erregern, die erst während des Krankenhausaufenthaltes zum Bestandteil der eigenen Flora werden. Hier sind vor allem Keime von Bedeutung, die während des Patientenaufenthaltes unmittelbaren Kontakt zum Patienten haben. Dies sind die Keime, die durch das Krankenhauspersonal übertragen werden, aber auch Keime, die sich auf verwendeten Medizinprodukten befinden (13,14). Die am häufigsten vertretenen Spezies sind hierbei gram-positive Kokken, v.a. *Staphylococcus aureus* (12,0%-31%). Weitere zu nennende Erreger sind *Escherichia coli* (14%-16%), *Enterococcus* spp. (12%-14,3%), Koagulase-negative Staphylokokken, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterobacter* spp. etc. (13,22–25). Zunehmende Bedeutung gewinnen mittlerweile multiresistente Keime wie Methicillin-resistente *Staphylococcus aureus* (MRSA) mit einem Anteil von 0%-84%, aber auch *Escherichia coli* mit Extended-Spectrum Betalactamasen (ESBL) und Vancomycin-resistente Enterokokken (VRE) mit jeweils 11,9%-23% und 8,03% (24–26). Diese Häufigkeiten unterscheiden sich je nach Intervention.

Es gibt vier wesentliche Faktoren, die eine Wundinfektion begünstigen können:

- Anzahl der Keime,
- Virulenz der Erreger,
- Lokale Wundverhältnisse,
- Immunsystem des Patienten.

Mit steigender Anzahl der Keime steigt auch das potenzielle Infektionsrisiko. Bei mehr als 100 Mikroorganismen/g Körpergewebe ist das Risiko deutlich erhöht. Bei Fremdkörperinfektionen ist sogar eine viel geringere Anzahl von unter 100 Staphylokokken ausreichend, um eine Infektion zu verursachen (27).

Neben der Anzahl spielt aber auch noch die Virulenz der Keime eine große Rolle. Besonders pathogen sind hierbei *Streptococcus pyogenes*, also Streptokokken Gruppe A, aber auch *S.-aureus* Stämme, die in der Lage sind, Exotoxine zu bilden

oder andere Stämme, die in der Lage sind, Endotoxin zu bilden, wie z.B. E.coli (27,28).

Es gibt zudem noch Umgebungsbedingungen, die eine Infektion zusätzlich fördern. So senkt z.B. ödematöses Gewebe die körpereigene Phagozytoserate. Auch Nachblutungen und Hämatome fördern Infektionen, indem sie einen optimalen Nährboden für die Keime schaffen. Hat der Wirt darüber hinaus noch eine Immunschwäche, oder ist die Immunlage geschwächt z.B. durch Unterernährung oder niedrigem Hämoglobinwert, ist die Gefahr einer Infektion deutlich erhöht (27).

Weitere Faktoren kann man in patienteneigene Faktoren und patientenunabhängige Faktoren unterteilen.

Patienteneigene Risikofaktoren wurden in zahlreichen Studien bereits untersucht und analysiert. Hier unterscheidet man in beeinflussbare und nicht beeinflussbare Faktoren. In der Literatur werden als patienteneigene Faktoren besonders Vorerkrankungen als Kofaktoren genannt (26,29–34). Hier spielt vor allem Diabetes mellitus mit seinen Konsequenzen eine große Rolle (35), aber auch Adipositas (36) und eine zuvor bereits bestehende Infektion (37). Bei gefäßchirurgischen Patienten besitzt auch der Raucherstatus Bedeutung (14,38–40).

Als nicht beeinflussbare Faktoren sind vor allem das Patientenalter und das Geschlecht zu nennen (26,34,41). Im Alter nimmt die Fähigkeit der schnellen Zellerneuerung ab, aber auch eine verminderte Durchblutung des Gewebes und die verringerte transzelluläre Transportfähigkeit spielen eine große Rolle bei dem erhöhten Risiko an Wundinfektionen (42).

Es gibt eine Reihe von patientenunabhängigen Faktoren, die einen wesentlichen Einfluss auf die Wundinfektion haben.

Aktuelle Studien zählen neben zahlreichen Faktoren gehäuft eine längere Operations- und Krankenhausverweildauer auf. Zudem ist die medizinische Technik heutzutage so weit fortgeschritten, dass komplexere Operationen durchgeführt werden können, die aufgrund der zeitlichen Ausdehnung ein erhöhtes Risiko für Infektionen aufweisen (13). Nicht zu vernachlässigen ist auch die Krankenhausumgebung, die das Risiko der Infektion erhöht, indem sich Patienten bei anderen Patienten oder beim Krankenhauspersonal infizieren können. Dies kann

auch über Oberflächen wie von Nachtschränken oder Verbandsmaterial stattfinden (13).

Ein weiterer key player ist die perioperative Antibiotikaprohylaxe (PAP). Hier spielt eine wichtige Rolle, ob Antibiotika leitliniengerecht und evtl. antibiogrammgerecht verabreicht wurden. Optimalerweise sollte das perioperative Antibiotikum 30-60 Minuten vor dem Eingriff verabreicht werden (43). Wurde dies versäumt, kann man die Prophylaxe auch noch bis zum Schnittzeitpunkt verabreichen (44). Andere Studien setzen den Fokus auf die Patienten, die Eingriffsart und die Wirksamkeit des Antibiotikums. Demnach scheint ein strenges Zeitfenster von 30-60 Minuten nicht mehr zwingend wichtig (34,45). Eine Fortführung der Prophylaxe über die Operation hinaus wird jedoch als nicht sinnvoll erachtet und führt nicht zu einer geringeren Anzahl an postoperativen Infektionen (43).

In der gezeigten Abbildung 1 sind die wesentlichen Einflussfaktoren für eine Wundinfektion schematisch aufgeführt und nach Gruppen unterteilt.

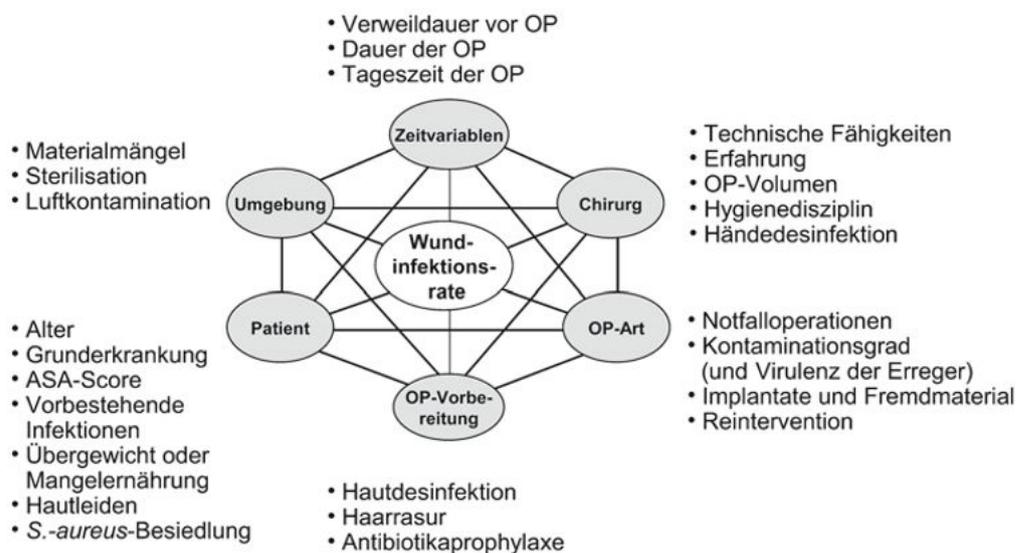


Abb.1: Risikofaktoren für postoperative Wundinfektionen (46)

## 1.4 Arterielle Verschlusskrankheit

### 1.4.1 Definition, Epidemiologie und Pathogenese

Der häufigste Grund für die in dieser Arbeit berücksichtigten Operationen war die arterielle Verschlusskrankheit (AVK), diese bezeichnet eine Minderperfusion der Extremitäten durch Stenosen oder Verschlüsse der sie versorgenden Arterien oder der Aorta. Im besonderen Maße sind hiervon die Arterien der unteren Extremitäten betroffen (47). Die Prävalenz der pAVK liegt in der Gesamtbevölkerung bei 3-10%. Sie steigt aber auf 15-20% ab >70 Jahren an. In den USA werden sogar Werte von 12-20% schon ab einem Alter von >65 Jahren angegeben (48). In den letzten Jahren beobachtet man eine steigende Inzidenz in allen Fontaine-Stadien (außer Stadium III) mit zunehmender Hospitalisierung. Mit dem demografischen Wandel nimmt die Inzidenz weiter zu. Verursacht wird diese Stenose in 95% der Fälle durch arteriosklerotische Vorgänge. Zu unterscheiden ist hierbei eine graduelle Zunahme der Stenose oder ein kompletter Verschluss (Okklusion) (48,49). Ausgelöst wird dieser Prozess durch eine Verletzung des Gefäßendothels, wodurch es zu einer Entzündung und einer zunehmenden atherosklerotischen Verengung des Gefäßes kommt. Durch die Minderperfusion kommt es zu einer ischämischen Situation im Gewebe. Als Reaktion hierauf kommt es zu kompensatorischen Mechanismen wie z.B. Vasodilatation, anaeroben Stoffwechsel und Ausbildung von Kollateralkreisläufen. Durch die fortschreitende Stenose reichen diese Kompensationsmechanismen nicht mehr aus, sodass es letztendlich zu Gewebsnekrosen kommt (48).

Andere Ursachen wie traumatische Geschehnisse, genetische Veranlagung oder entzündliche Prozesse (5% der Ursachen) nehmen mit zunehmendem Alter an Bedeutung ab (49).

### 1.4.2 Risikofaktoren

Als Risikofaktoren für eine pAVK gelten die gleichen wie für andere atherosklerotischen Krankheiten. Dazu zählen die Komorbiditäten Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, Hyperlipidämie, Adipositas und Nikotinkonsum, aber auch das hohe Alter oder das männliche Geschlecht sind wichtige Faktoren bei der Entstehung einer pAVK (48).

### 1.4.3 Klinik, Diagnosestellung & Therapie

Die Klinik der pAVK ist abhängig von der Lokalisation und des Grades der Stenose. Leitsymptom hierbei sind belastungsabhängige Schmerzen distal dieser Stenose (Claudicatio intermittens) ab Stadium II nach Fontaine. Diese Schmerzen veranlassen den Patienten, je nach Schweregrad, nach einer bestimmten Distanz zum Stehenbleiben. Schreitet die Erkrankung fort, kommt es zur Ausbildung von Ruheschmerz, sowie weiter zu Ulcus und Gangrän (50).

Diagnostisch ist neben einer gründlichen Anamnese, der körperliche Untersuchung mit Palpation der Pulse und Messung des ABI eine farbkodierte Duplexsonografie die Methode der Wahl. Führt dies zu keinen eindeutigen Ergebnissen, können zudem noch eine Magnetresonanztangiographie oder eine digitale Subtraktionsangiographie durchgeführt werden (47,50). Die pAVK wird mittels Fontaine-Klassifikation unterteilt (s. Abb.2 ) (47,48,50).

Maßnahme	Fontaine-Stadium			
	I	II	III	IV
Risikofaktorenmanagement: <i>Nikotinkarenz, Diabetestherapie, Statine, Blutdruckbehandlung</i>	+	+	+	+
Thrombozytenfunktionshemmer: <i>ASS oder Clopidogrel</i>	(+)	+	+	+
Physikalische Therapie: <i>strukturiertes Gehtraining</i>	+	+		
Medikamentöse Therapie: <i>Cilostazol oder Naftidrofuryl</i>		+		
Strukturierte Wundbehandlung				+
Interventionelle Therapie		+*	+	+
Operative Therapie		+*	+	+

+ Empfehlung, \* bei hohem individuellem Leidensdruck und geeigneter Gefäßmorphologie

Abb.2: Therapiemaßnahmen nach Einteilung der pAVK nach Fontaine-Klassifikation (47)

Ziel der Therapie ist es, zur Vermeidung von vaskulären Folgeschäden, durch Reduzierung der Risikofaktoren ein Fortschreiten der Stenosierung zu verhindern und somit die Lebensqualität des Patienten zu verbessern oder zu erhalten. Wie aus der Abbildung 2 zu entnehmen, ist eine Risikoreduzierung laut aktueller Leitlinie des

AWMF auf allen Stufen indiziert. Hierbei sollte eine Nikotinkarenz, eine Senkung des HbA1c-Wertes auf 6,5-7,5%, bei älteren Menschen auf 7-8% und eine Senkung des LDL-Cholesterins auf <100 mg/dl, bei erhöhtem kardiovaskulärem Risiko sogar auf <70 mg/dl angestrebt werden (47). Empfohlen wird zudem eine Thrombozytenaggregationshemmung mit Acetylsalicylsäure ASS oder Clopidogrel ab Stufe II, diese kann aber je nach Situation auch bereits ab der ersten Stufe verabreicht werden. Die Gehstrecke kann durch regelmäßiges Gehtraining um bis zu 50-200% verbessert werden (51). Ab Stadium IIb wird eine interventionelle oder operative Therapie empfohlen (47,50). Bei bis zu 70-90% der Patienten mit kritischer Ischämie ist eine Revaskularisation möglich. Hierbei sollte, wo angebracht, eine interventionelle Strategie aufgrund der geringeren Invasivität bevorzugt werden (47). In einer prospektiven Studie von Wolf et al. wurde gezeigt, dass es bei den Operationsmöglichkeiten keinen signifikanten Unterschied innerhalb eines Beobachtungszeitraums von vier Jahren gab (52). Generell gilt, dass interventionelle oder chirurgische Interventionen in den Stadien I und II einer gründlichen Abwägung bedürfen und nur dann in Erwägung gezogen werden sollten, wenn der Patient einen hohen Leidensdruck äußert (49,51).

#### 1.4.4 Bypass-Operation

Eine weitere chirurgische Methode ist die Bypass-Operation. Sie sollte angewandt werden, wenn vorauszusehen ist, dass die PTA ein schlechteres Ergebnis bringen würde oder es sich um langstreckige Verschlüsse handelt (49,53,54). Die Entwicklung der Gefäßmedizin führt aber zu einer kontinuierlichen Verschiebung dieser Trennlinien. Für den Bypass wird entweder ein körpereigenes Gefäß (autolog) verwendet oder aber ein synthetisches Material, wie PTFE oder Dacron, eingesetzt (49,53,55). Als autologes Material wird bevorzugt die V. saphena magna verwendet. Ist diese nicht geeignet, kann auf die kleinere V. saphena parva oder auf Armgefäße ausgewichen werden. Venen von einem Durchmesser von >3 mm eignen sich hierbei als Transplantat. Sollte die nötige Länge nicht vorhanden sein, können auch mehrere Abschnitte miteinander vernäht werden (49,53). Autologes Material hatte in den entsprechenden Studien klar bessere Ergebnisse vorgewiesen und sollte daher immer bevorzugt werden. Ambler und Twine werteten 19 randomisierte Studien mit insgesamt 3123 Patienten zu dem Thema aus. Verglichen wurden neun verschiedene Transplantat Materialien (umgekehrte, in situ autologe Vene, PTFE mit

und ohne Venenmanschette, Dacron und Heparin beschichtetes Dacron, Polyurethan und Fusion Bioline). Hier zeigte sich eine signifikant bessere Durchgängigkeitsrate ( $p:0,003$ ) von autologem Material gegenüber PTFE über 60 Monate. Dacron erzielte in einem Beobachtungszeitraum von 24 Monaten leicht bessere Ergebnisse als PTFE ( $p:0,03$ ) (54).

## 1.5 Krankenhaus- Infektions-Surveillance-System (KISS)

Das KISS ist ein Projekt des Nationalen Referenzzentrums für Surveillance von nosokomialen Infektionen (NRZ). Die Verwaltung des Zentrums hat das Robert-Koch-Institut inne, während die Funktion des Zentrums vom Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Charité - Universitätsmedizin Berlin übernommen wird. Eingerichtet wurde das Zentrum vor dem Hintergrund, dass die Erhebung und Evaluation von Daten bezüglich der Hygiene und Infektionsrate und das anschließende Feedback an Angehörige des medizinischen Berufs zu einer Reduktion der Infektionsrate mit nosokomialen Erregern führt. Um die Daten verschiedener Kliniken miteinander vergleichen zu können, wurde ein einheitliches Erfassungssystem ausgearbeitet. Jedoch wird nicht das Krankenhaus als Gesamtes betrachtet, sondern nur die besonders risikobehafteten Abteilungen. Hierzu zählen z.B. die Intensivstation, die Patienten nach Knochenmarkstransplantationen, aber auch die operierten Patienten in den jeweiligen Fachbereichen (8). So ist nicht nur eine interne Qualitätssicherung möglich, sondern auch ein fundierter Vergleich mit anderen zertifizierten Zentren gewährleistet.

## 1.6 Aufgaben- und Zielstellung

Gegenstand dieser Arbeit war die prospektive Erfassung, Analyse und Darstellung der Infektionsraten nach arterieller Gefäßrekonstruktion der unteren Extremität. Betrachtet wurden Operationen der Jahre 2014-2016 auf der gefäßchirurgischen Station der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Transplantationschirurgie der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg. Zum Jahreswechsel zwischen den Jahren 2014 und 2015 wurden als Reaktion auf die hohe Infektionsrate die Hygienestandards verändert. So wurden als wichtigste Maßnahmen von 2014 auf

2015 gefäßchirurgische von allgemeinchirurgischen Patienten separiert. Zudem wurden Gefäßassistentinnen ausgebildet, die das Wundmanagement übernahmen. Im Rahmen dieser Arbeit sollten folgende Fragen untersucht werden:

- Wie entwickelte sich die Infektionsrate im zeitlichen Verlauf?
- Welche Parameter waren mit der Infektionsrate assoziiert?
- Konnten die vom Team der Gefäßchirurgie ergriffenen hygienischen Maßnahmen die Infektionsrate senken, oder waren etwaige Veränderungen der Infektionsraten nur mit den zufälligen Schwankungen der patientenseitigen Risiken zu erklären?

Vor dem Hintergrund dieser Fragestellungen sollten weitere Untersuchungen zur Wirksamkeit der perioperativen Antibiotikaprophylaxe hinsichtlich der Wundinfektionsrate unternommen werden.

## 2. Patienten und Methoden

### 2.1 Studiendesign, Einschluss-, Ausschlusskriterien

Es erfolgte der prospektive Einschluss aller konsekutiv in stationärer Behandlung befindlichen Patienten, die in der Zeitspanne vom 01.01.2014 - 31.12.2016 in der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie des Universitätsklinikums Magdeburg nach den Kriterien des KISS-Moduls „Untere Extremität“ des NRZ nach arterieller Gefäßrekonstruktion an den unteren Extremitäten erhalten haben und in die entsprechenden Qualitätssicherungsmaßnahmen des NRZ aufgenommen wurden (s. Abbildung 3). Hierbei diente die postoperative 30-Tage-Wundinfektionsrate als Zielvariable. Durch die Teilnahme am KISS-Programm stellte sich nach Abschluss des Jahres 2014 heraus, dass in Magdeburg die postoperative Wundinfektionsrate bei den gefäßchirurgischen Operationen deutlich über dem für dieses KISS-Modul ermittelten Durchschnitt lag. Deshalb wurden ab 2015 gezielte Maßnahmen sowohl im räumlichen als auch im hygienischen Bereich ergriffen. Erwartet wurde, dass die Wundinfektionsrate infolgedessen signifikant sinke. Um zu beobachten, ob sich diese Tendenz fortsetze, beobachtete man auch das darauffolgende Jahr. Ausschlusskriterien waren ein drop-out innerhalb von 30 Tagen oder eine bereits stattgehabte Operation im gleichen Operationsgebiet in den letzten 30 Tagen vor dem Eingriff. Jeder Patient wurde nur einmal in die Studie eingeschlossen. Dies unterschied die hier vorliegende wissenschaftliche Untersuchung von den Erfassungen im Rahmen der Qualitätssicherung, bei denen Patienten mehrmals eingeschlossen werden konnten.

### 2.2 Indikation zur Operation

Alle Operationen wurden nach Indikationsstellung laut aktuellen Leitlinien der Arbeitsgemeinschaft der Wissenschaftlichen Medizinischen Fachgesellschaften e.V. (AWMF) durchgeführt. Hierbei war die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) die häufigste Ursache für die chirurgische Intervention (56).

## Anlage zum OP-KISS-Protokoll: Beschreibung der Indikator-OP-Arten



gültig ab: 01.01.2015

Kürzel: **GC\_EXT** Name der Indikator-OP-Art: **Arterielle Rekonstruktion - untere Extremität**

- inklusive von Bypässen/Prothesen, welche die Leiste überbrücken
- exklusive perkutan-transluminale Eingriffe
- für den Einschluss einer OP in KISS muss mindestens eine Inzision durch die Haut erfolgen

### Einzuschl. Prozeduren : OPS-Codes (Version 2015)

5-380.70-72,7x	Inzision, Embolektomie und Thrombektomie von Blutgefäßen: Arterien Oberschenkel
5-380.80-86,8x	Inzision, Embolektomie und Thrombektomie von Blutgefäßen: Arterien Unterschenkel und Fuß
5-381.70-72,7x	Endarteriektomie: Arterien Oberschenkel
5-381.80,82-84,8x	Endarteriektomie: Arterien Unterschenkel und Fuß
5-382.7	Resektion von Blutgefäßen mit Reanastomosierung: Arterien Oberschenkel
5-382.8	Resektion von Blutgefäßen mit Reanastomosierung: Arterien Unterschenkel und Fuß
5-383.7	Resektion und Ersatz (Interposition) von (Teilen von) Blutgefäßen: Arterien Oberschenkel
5-383.8	Resektion und Ersatz (Interposition) von (Teilen von) Blutgefäßen: Arterien Unterschenkel und Fuß
5-384.55	Resektion und Ersatz (Interposition) Aorta abdominalis: Mit Bifurkationsprothese bifemoral
5-384.56	Resektion und Ersatz (Interposition) Aorta abdominalis: Mit Bifurkationsprothese bifemoral bei Aneurysma
5-384.65	Resektion und Ersatz (Interposition) Aorta abdominalis, suprarenal: Mit Bifurkationsprothese bifemoral
5-384.66	Resektion und Ersatz (Interposition) Aorta abd., suprarenal: Mit Bifurkationsprot. bifemoral bei Aneurysma
5-384.75	Resektion und Ersatz (Interposition) Aorta abd., infrarenal: Mit Bifurkationsprothese bifemoral
5-384.76	Resektion und Ersatz (Interposition) Aorta abd., infrarenal: Mit Bifurkationsprothese bifemoral bei Aneurysma
5-384.x5	Resektion und Ersatz (Interposition) an der Aorta: Mit Bifurkationsprothese bifemoral
5-384.x6	Resektion und Ersatz (Interposition) an der Aorta: Mit Bifurkationsprothese bifemoral bei Aneurysma
5-386.7	Andere Exzision von (erkrankten) Blutgefäßen und Transplantatentnahme: Arterien Oberschenkel
5-386.8	Andere Exzision von (erkrankten) Blutgefäßen und Transplantatentnahme: Arterien Unterschenkel und Fuß
5-393.35	Anlegen eines anderen Shuntes und Bypasses: Aorta: Aortoiliofemoral
5-393.36	Anlegen eines anderen Shuntes und Bypasses: Aorta: Aortofemoral
5-393.38	Anlegen eines anderen Shuntes und Bypasses: Aorta: Aortopopliteal
5-393.42	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Iliofemoral
5-393.43	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Iliopopliteal n.n.bez.
5-393.44	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Iliopopliteal, oberhalb Kniegelenk
5-393.45	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Iliopopliteal, unterhalb Kniegelenk
5-393.46	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Iliocrural
5-393.47	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Obturator-Bypass, extraanatomisch
5-393.51	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Femorofemoral
5-393.52	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Femoropopliteal n.n.bez.
5-393.53	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Femoropopliteal, oberhalb des Kniegelenkes
5-393.54	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Femoropopliteal, unterhalb des Kniegelenkes
5-393.55	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Femorocrural
5-393.56	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Femoropedal
5-393.57	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Femorofemoral, extraanatomisch
5-393.61	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Popliteocrural
5-393.62	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Popliteopedal
5-393.7	Anlegen eines anderen Shuntes + Bypasses: Arterien Unterschenkel
5-395.70-72,7x	Patchplastik an Blutgefäßen: Arterien Oberschenkel
5-395.80,82-84,8x	Patchplastik an Blutgefäßen: Arterien Unterschenkel und Fuß
5-396.7	Transposition von Blutgefäßen: Arterien Oberschenkel
5-396.8	Transposition von Blutgefäßen: Arterien Unterschenkel und Fuß
5-397.7	Andere plastische Rekonstruktion von Blutgefäßen: Arterien Oberschenkel
5-397.8	Andere plastische Rekonstruktion von Blutgefäßen: Arterien Unterschenkel und Fuß

Abb.3: Einzuschließende Operationen für das Modul OP-KISS (57)

Zur Datenerhebung wurden mittels einer Excel Tabelle alle Patienten mit in Tabelle 1 dargestellten Faktoren erfasst.

Faktoren	Einteilung
<b>Alter</b>	numerisch erfasst
<b>Geschlecht</b>	männlich (m), weiblich(w)
<b>Verstorben (innerhalb von 30 Tagen nach Op)</b>	0=nicht verstorben 1=verstorben
<b>Follow- up</b>	Datum
<b>American Society of Anesthesiologists (ASA)</b>	ASA 1: Gesunder Patient ASA 2: Patient mit geringfügiger Erkrankung ohne Einschränkungen ASA 3: Patient mit Erkrankung mit deutlicher Beeinträchtigung ASA 4: Patient mit lebensbedrohlicher Erkrankung
<b>Implantationsmaterial</b>	autolog (1), alloplastisch(2), xenogen(3)
<b>Operateur, Operationsassistenten und operationstechnische Assistent/-in (OTA)</b>	numerisch kodiert
<b>Liegezeit</b>	numerisch erfasst
<b>Operationsdauer</b>	1=0-60 min. 2=61-120 min. 3=121-180 min. 4=181-240 min. 5=241-300min. 6=301-360 min. 7=361-420 min. 8=421-480 min. 9=481-540 min
<b>Intraoperative Röntgenzeit, -dosis</b>	Numerisch erfasst
<b>CRP-Wert, Leukozytenzahl, Hämoglobinwert (jeweils letzter Wert vor Operation)</b>	Numerisch erfasst
<b>Body-Mass-Index (BMI)</b>	1=<18,5 2=18,5-24,9 3=25-30 4= >30
<b>Raucherstatus</b>	0=Nichtraucher 1= aktiver oder ehemaliger Raucher
<b>Antibiotika</b>	Medikamentenname, Art der Verabreichung: 0=kein Antibiotikum 1=single-shot 2=prä-und perioperativ 3=single-shot und postoperativ 4=postoperativ
<b>Präoperative Wunden mit eventuell vorhandenen Wundinfektionen</b>	0=nein 1=ja
<b>Postoperative Wunde</b>	0= reizlos; 1= Rötung, Schwellung, Hämatom, Wundheilungsstörung 2= oberflächliche Wundinfektion

	3= tiefe Wundinfektion bis auf das Gefäß 4= Empyem
<b>Infektion mit Vancomycin resistenten Enterokokken (VRE) oder Methicillin-resistenten Staphylococcus aureus (MRSA)</b>	0=nein 1=ja
<b>Diabetes mellitus</b>	0=nein 1=ja
<b>Allergien</b>	0=nein 1=ja

Tab.1: Tabellarische Erfassung der in der Studie berücksichtigten Variablen

Die Datenerfassung erfolgte prospektiv durch den Operateur, sowie den behandelnden Arzt während des Aufenthaltes und mittels digitaler Patientenakte der Firma Cerner (Medico, Cerner Deutschland GmbH, Berlin, Germany), welche die Aufnahmedaten mit allgemeinen Angaben zum Patienten, dem Anamnesebogen, Verlaufsdokumentationen der gefäßchirurgischen Stationen, die perioperativ angefertigten Operations- und Anästhesieprotokolle, dem OP-Bericht und intraoperativ aufgenommen Bilder, die Laborbefunde des Institutes für Klinische Chemie, mikrobiologische Befunde des Institutes für Medizinische Mikrobiologie und darüber hinaus die radiologischen Befunde der Klinik für Diagnostische Radiologie und Nuklearmedizin umfasste. Zudem wurden bei der gemeinsamen Visite mit den Mikrobiologen der Klinik Wunddokumentationsfotos angefertigt. Fehlten bei der Erhebung der Statistik noch zu dokumentierende Daten, wurden sie mit Hilfe der o.g. Akte ergänzt.

## 2.3 Statistik

Die statistische Auswertung erfolgte mit dem SPSS Programm (SPSS Inc., Chicago, IL/USA; Version 20.0). Für den Mittelwertvergleich bei skalaren Variablen zweier unverbundener Gruppen mit Normalverteilung (welche mittels F-Test geprüft wurde) wurde der Student's t-Test verwendet. Waren die Variablen nicht normalverteilt, wurden die Unterschiede der zentralen Tendenz mit dem Mann-Whitney U-Test geprüft. Zum binären/kategorialen Gruppenvergleich wurde der Chi-Quadrat Test nach Pearson bzw. Fisher's Exact Test verwendet. Zudem wurden multivariate Analysen durchgeführt. Hier wurde zunächst eine multiple logistische

Regressionsanalyse im stepwise-backward-Verfahren durchgeführt, um die Assoziation von mehreren unabhängigen Parametern mit einer abhängigen Variablen zu untersuchen.

Um eine confounding bias beim Vergleich der Gruppen zu reduzieren, wurde eine Matched-Pairs-Analyse durchgeführt. Hierzu wurden alle Variablen, die bei der multiplen logistischen Regression ein Signifikanzniveau von  $p < 0,05$  aufwiesen und nicht zu den o.g. Hygienemaßnahmen zählten, in das Matching mit einbezogen. Hierfür wurde das R-Softwarepaket Matchit mit dem genetic-Algorithmus verwendet (58,59).

Das statistische Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgelegt.

## 2.4 Ethik und Datenschutz

Die Studie wurde unter Berücksichtigung der Helsinki Deklaration (Stand 2013) durchgeführt (60). Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg bestätigte den Antrag auf ethische Prüfung (Aktenzeichen 183/18). Die prospektive Datenerfassung erfolgte im Rahmen der gesetzlichen Verpflichtung zur Qualitätssicherung anhand der postoperativen Wundinfektion. Die darüberhinausgehende Datenerfassung entsprach einer prospektiven Beobachtungsstudie. Die Patientendaten wurden gemäß den gesetzlichen Datenschutz-Anforderungen des Bundeslandes Sachsen-Anhalt pseudonymisiert und gespeichert. Die Verarbeitung und Darstellung der Studie erfolgten unter Beachtung der Initiative zur Stärkung der Berichterstattung über Beobachtungsstudien in der Epidemiologie (STROBE) (61).

## 2.5 Therapiemethoden

### 2.5.1 Allgemeine Maßnahmen

Nach Rasur des zu operierenden Gebietes am Vortag erfolgte im Operationssaal die dreifache Desinfektion des OP-Gebietes mittels gefärbtem Desinfektionsmittel. Das Operationsgebiet wurde nun mit jodgetränkter und sterilen OP-Folie und Tüchern

abgedeckt. Die Antibiotikaprophylaxe mit Single-shot Antibiotikum erfolgte entsprechend der gültigen Leitlinien. Nach der Operation fand sowohl vor als auch nach der Hautnaht nochmals eine Hautdesinfektion statt. Vor der Entfernung der Abdeckung wurde die Wunde mit sterilem Verbandsmaterial versorgt. Am ersten postoperativen Tag wurde eine Laborkontrolle durchgeführt. Der erste Verbandswechsel fand am 2. postoperativen Tag statt. Hierauf folgend wurde der Verbandswechsel täglich durchgeführt. Eine Antikoagulation wurde mit einer low-dose Heparin und ASS Therapie begonnen.

### 2.5.2 PTA

Die PTA wurde im Rahmen eines Hybridverfahrens eingesetzt. Es wurde bei der PTA nach vorheriger Aufklärung des Patienten in der Regel die zuvor freigelegte A. femoralis communis punktiert. Zeigte die angiografische Kontrolle die richtige Lage, konnte die PTA und evtl. das Stenting erfolgen (dies geschah nach aktueller Leitlinie) (56). Hierbei war die Ballondilatation dem Stenting vorzuziehen, wenn die Erfolgsaussichten gleichwertig waren. Aber ein primäres Stenting war einer primären Ballondilatation gefolgt von einem Stenting vorzuziehen. Standardmäßig wurde nach abgeschlossener PTA eine duale Thrombozytenaggregation für sechs Wochen begonnen. Danach wurde eine lebenslange ASS-Therapie verordnet (56,62).

### 2.5.3 Thrombendarteriektomie

Dieses Verfahren wurde in Allgemeinanästhesie durchgeführt. Nach einer Längsinzision 3 cm lateral des tastbaren Leistenpulses oder, falls kein Puls tastbar war, an der gedachten kraniokaudalen Linie lateral des Mittelpunkts einer gedachten Linie zwischen Spina iliaca ant. sup. und Symphyse, sowie nach Präparation des inguinalen Lymphknotenpaketes nach medial, erfolgte die Freilegung, Anschlingung, Abklemmung, Eröffnung und Desobliteration des Gefäßes, meistens der A. femoralis communis, je nach Bedarf erweitert auf A. profunda femoris und/ oder A. femoralis spf.. Die distale Intimakante wurde fixiert und eine Patch-Plastik mit einem Xenosure-Patch (Le Maitre Vascular, Sulzbach, Germany) und einer fortlaufenden Nahttechnik mit einem 5-0-Prolene Faden (monophil, nicht resorbierbar, Ethicon, Norderstedt-

Glashütte, Germany) eingesetzt. Eine Kombination mit einer PTA oder einem Stent war möglich (47). Nach Überprüfung der Dichtigkeit wurde eine 14 Fr Redon Drainage subfaszial eingelegt, nach distal ausgeleitet und mittels Naht an der Haut fixiert und die Wunde zunächst mit einer fortlaufenden Subkutannaht (3-0 Vicryl) und danach mit einer Donati-Einzelknopfnah mit 3-0 Prolene verschlossen. Eine Fasziennaht erfolgte standardmäßig nicht. Eine Verlegung auf die Intensivstation zur Kreislaufüberwachung wurde je nach Notwendigkeit durchgeführt. War der Patient kardiopulmonal stabil, konnte er zeitnah wieder auf die Normalstation übernommen werden. Die Drainage wurde in der Regel nach drei Tagen bei geringer Sekretionsmenge gezogen. Der Patient konnte ab dem siebten postoperativen Tag entlassen werden. Auch nach diesem Eingriff war eine lebenslange ASS Therapie notwendig.

#### 2.5.4 Femoropopliteale Bypässe

Nach Einleitung der Allgemeinanästhesie wurde die Haut längsverlaufend, wie in Kapitel 2.5.2. beschrieben, inzidiert. Anschlingen der A. femoralis communis (AFC) und Darstellung der A. profunda femoris. Nun erfolgte die supra- oder infragenuale Freilegung der A. poplitea. War die V. saphena magna als Bypass geeignet, konnte diese nach Entnahme und ex-vivo-Präparation revertiert als Bypass in orthotoper Position fungieren, andernfalls wurde alloplastisches Material (PTFE, Propaten/ Dacron etc. s. hierzu Kapitel 3.3.1) verwendet. Es erfolgte die proximale Seit-zu-End Anastomose zwischen AFC und Bypass mit fortlaufender Naht (Polypropylene, monofil 5x0). Nach Durchzug des Bypasses und einer End-zu-Seit-Anastomose zwischen Bypass und A. poplitea erfolgte die Erfolgskontrolle mittels intraoperativer Angiografie. Die weitere Nachbetreuung fand wie in Kapitel 2.5.1 beschrieben statt.

## 2.6 Änderung des Hygieneregimes von 2014-2016

Im Januar 2015 wurden Änderungen der Hygienerichtlinien als Reaktion auf die hohe postoperative Wundinfektionsrate umgesetzt. Diese sind in Tabelle 2 aufgeführt.

<b>Variablen</b>	<b>2014</b>	<b>Von 2015</b>
<b>Stationäre Einteilung</b>	Gemeinsame Belegung von gefäßchirurgischen und viszeralen Patienten	Nur gefäßchirurgische Patienten
<b>Screening (MRSA, VRE)</b>	Screening nach Empfehlung des Robert-Koch-Instituts	Screening aller Patienten
<b>Antibiotika Regime</b>	Ohne Leitlinie	leitlinienorientiert
<b>Wunddokumentation</b>	Während der Visite ohne Protokoll	Nach standardisierten Protokollen und fotografisch dokumentiert
<b>Wundverbandwechsel</b>	Durch Pflegekraft oder Arzt während der Visite	Durch zwei geschulte Wundschwestern nach standardisierten hygienischen Richtlinien
<b>Hygienische Kontrolle</b>	Krankenhausstandard	Durch Hygienefachkräfte kontrolliert
<b>Hygieneverhalten</b>	Krankenhausstandard	Gezielte Schulung des Personals mit regelmäßiger Wiederholung
<b>Verwendung von Antibiotika</b>	Nach Ermessen des Operateurs	Nach internen und nationalen evidenzbasierten Richtlinien, angepasst an das Resistogramm des Patienten
<b>Perioperative Antisepsis</b>	3-fache Hautdesinfektion, sterile Abdeckung des OP-Gebietes mit sterilisierten Mehrweg Textiltüchern und Jod-getränkter Folie, standardisierte Single-shot Antibiotikagabe	3-fache Hautdesinfektion, sterile Abdeckung des OP-Gebietes mit Einmal-Papierabdeckungen und 3-fach Jod-getränkter Folie, evidenzbasierte Antibiotikagabe angepasst an das Resistogramm des Patienten

Tab. 2: Änderung des Hygieneregimes von 2014-2016

## 3. Ergebnisse

### 3.1 Beobachtungszeitraum & Patientenverteilung

Im Zeitraum vom 01.01.2014-31.12.2016 wurden insgesamt 449 Fälle in der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Transplantationschirurgie des Universitätsklinikums Magdeburg unter den oben genannten Einschluss-Kriterien operiert. Davon wurden 9 Patienten ausgeschlossen, da Daten zum Wundheilungsprozess fehlten. Außerdem wurden weitere 36 Patienten ausgeschlossen, da hier die Daten für ein 30-Tage Follow-up nicht dokumentiert wurden, das heißt, dass das Beobachtungsintervall unter 30 Tagen lag und dass dabei keine Wundinfektion festgestellt wurde. Von den N=404 Patienten wurden noch 51 Fälle ausgeschlossen, wenn die betreffenden Patienten im beobachteten Zeitraum mehr als einmal behandelt wurden. Es wurde in diesen Fällen nur die erste Behandlung berücksichtigt. So ergaben sich für das Jahr 2014 N=130 Patienten, 2015 N=110 Patienten und für das Jahr 2016 N= 113 Patienten, also insgesamt N=353 (s. Flowchart in Abb.4).

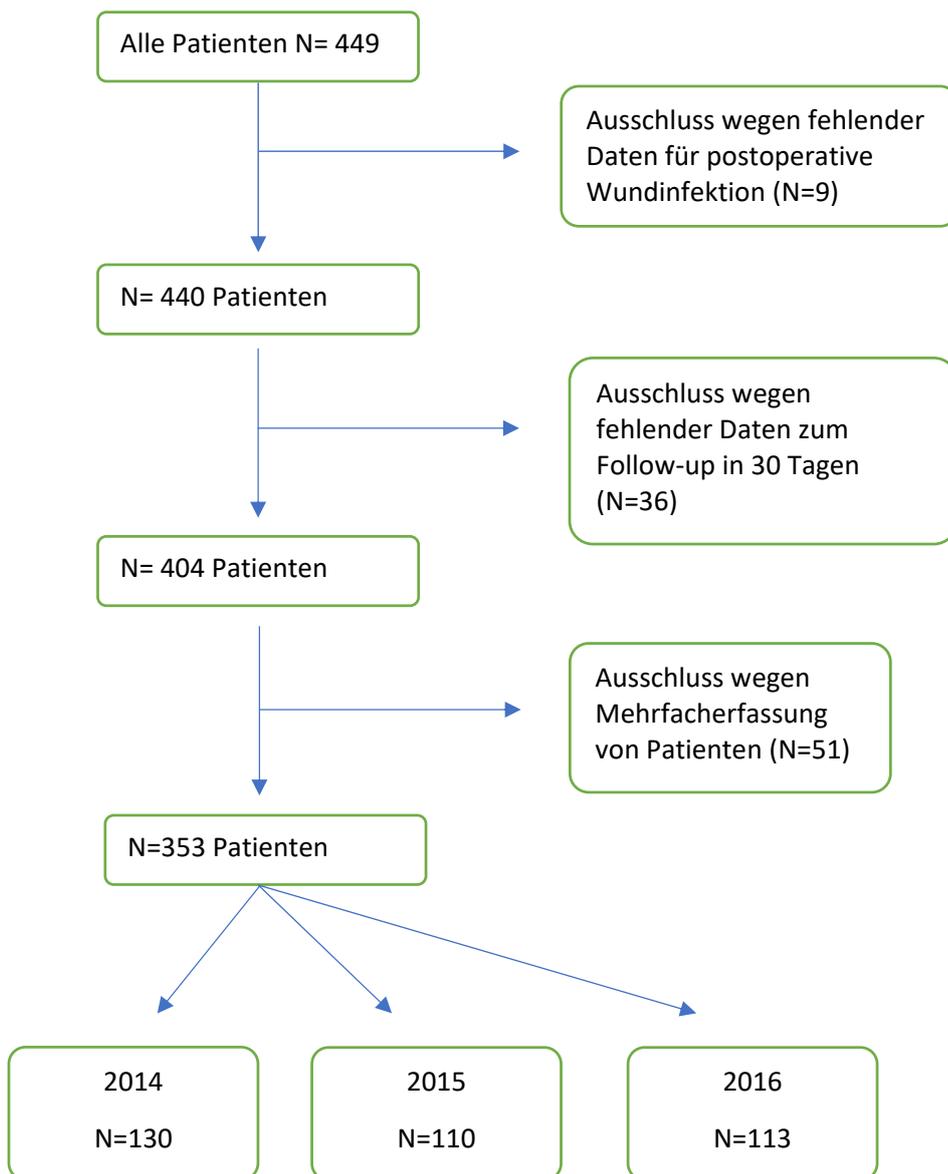


Abb.4: Flussschema Patientenein- und -ausschluss

Insgesamt wurden wesentlich mehr Männer (N=261, 74%) operiert als Frauen (N=92, 26%). Das durchschnittliche Alter der Patienten betrug 69 Jahre.

### 3.2 Auswertung der einzelnen Variablen im Jahresvergleich

Im Weiteren soll untersucht werden, in welchen Variablen sich die Patienten im Jahresvergleich unterschieden, und wo auf diese Weise ein confounding bias zu einer möglichen Verzerrung der Ergebnisse führen könnte. Tabelle 3 zeigt die verschiedenen betrachteten Variablen im Jahresvergleich.

<b>Variable</b>	<b>2014</b>	<b>P (2014 vs. 2015)</b>	<b>2015</b>	<b>P (2015 vs. 2016)</b>	<b>2016</b>	<b>P (2014 vs 2016)</b>
<b>30-Tage-Letalität (%)<sup>§</sup></b>	6,2	0,086.	2,7	0,04*	9,8	0,28
<b>Wundinfektionsrate (%)<sup>§</sup></b>	23,1	0,028*	11,8	0,075.	16,8	0,26
<b>Durchschnittsalter (Jahre)<sup>§</sup></b>	69	0,14	67	0,09.	69	0,78
<b>ASA-Klassifikation (MW)<sup>#</sup></b>	3,05	0,61	3,02	0,35	2,96	0,15
<b>Krankenhausaufenthaltsdauer (Tage)<sup>#</sup></b>	15	0,35	14	0,025*	12	0,003*
<b>OP-Dauer codiert <sup>#</sup></b>	3	0,10	2	0,29	3	0,60
<b>Röntgendosis (cGy/m<sup>2</sup>)<sup>§</sup></b>	550	0,18	884	0,49	1194	0,10
<b>CRP vor der Operation (mg/l)<sup>§</sup></b>	24	0,54	28	0,55	33	0,23
<b>Leukozyten vor der OP (Gpt/l)<sup>§</sup></b>	9,7	0,47	9,3	0,32	9,0	0,74
<b>Hb vor OP (mmol/l)<sup>§</sup></b>	8,0	0,92	8,0	0,12	7,8	0,13
<b>BMI codiert<sup>§</sup></b>	3,00	0,22	2,86	0,77	2,83	0,12
<b>Diabetes mellitus (%)<sup>§</sup></b>	44,6	0,15	35,5	0,67	32,7	0,06.
<b>Notfallchirurgie (%)<sup>§</sup></b>	28,5	0,46	23,6	0,74	21,2	0,24
<b>Raucher (%)<sup>§</sup></b>	71,6	0,80	66,4	0,55	65,5	0,84
<b>Alloplastisches Transplantat (%)<sup>§</sup></b>	34,1	0,27	27,3	0,88	26,1	0,21
<b>Präoperative Wunde<sup>§</sup></b>	29,2	0,32	22,7	0,052.	33,6	0,34
<b>VRE-Screeningrate (%)<sup>§</sup></b>	44,6	<0,001*	84,5	<0,001*	92,9	<0,001*
<b>MRSA-Screeningrate (%)<sup>§</sup></b>	84,6	0,039*	94,5	0,14	97,3	0,01*

Tab.3: Wichtige Variablen der Studie im Jahresvergleich 2014-2016 (#...Mann-Whitney-U-Test, §...Chi-Quadrat-Test, §... t-Test, \* ... signifikanter Unterschied, . ... tendenzieller Unterschied)

Es zeigt sich in Tabelle 3 eine signifikante Abnahme (p: 0,028) der postoperativen Wundinfektionsrate von 23% im Jahr 2014 auf 12% im Jahr 2015, so dass scheinbar von erfolgreichen Hygienemaßnahmen ausgegangen werden konnte. Im Jahr 2016 nahm die Wundinfektionsrate jedoch wieder zu, wenn auch nicht signifikant (auf ca. 17%), so dass der anfängliche Effekt wieder negiert schien. Als eine postoperative Wundinfektion wurde bereits eine Rötung definiert (CDC Klasse 1). Zu beachten ist hierbei, dass es sich nicht um gematchte Kohorten handelte. Weitere tendenzielle oder signifikante Unterschiede präoperativer Parameter waren im Durchschnittsalter, in der Prävalenz des Diabetes mellitus sowie vorbestehender Wunden der jeweiligen Extremität zu verzeichnen. So waren das Durchschnittsalter und die Prävalenz präoperativer Wunden im Jahr 2015 tendenziell niedriger als in den beiden anderen

Jahren. Die Prävalenz des Diabetes mellitus sank hingegen über die drei Jahre kontinuierlich ab. Die Ausprägung dieser präoperativen Kovariablen unterlag also erheblichen Schwankungen, die zwar nicht ohne Weiteres mit einer unterschiedlichen Wahrscheinlichkeit der Patienten, in einem bestimmten dieser drei Jahre behandelt zu werden (confounding bias), zu erklären waren, gleichwohl waren diese Unterschiede bei der weiteren Auswertung zu berücksichtigen. Auch die gemittelten postoperativen Verläufe zeigten, neben der Wundinfektionsrate, deutliche Unterschiede, die verschiedene Risikoprofile der Patienten vermuten lassen, z.B. eine stetig sinkende durchschnittliche Verweildauer, ein signifikanter Rückgang der Letalität im Jahr 2015 mit erneutem Anstieg 2016. Letzteres stellt andererseits ein seltenes Ereignis dar und unterliegt damit zufälligen Veränderungen. Die VRE- und MRSA-Screeningraten wurden kontinuierlich erhöht als Ausdruck veränderter Hygienestandards. Im Weiteren sind vor allem die mit der Wundinfektionsrate assoziierten Kovariablen vor einem Vergleich der Wundinfektionsraten der jeweiligen Jahre zu matchen.

### 3.3 Prä-, peri- und postoperative Antibiotikaapplikation

Bei der prophylaktischen oder therapeutischen Antibiotika-Applikation wurde unterschieden, ob vor, während und/oder nach der Operation Antibiotika verabreicht wurden. In den Analysen wurden hierbei verschiedene Verabreichungszeitpunkte und Kombinationen berücksichtigt (s. Tab. 4). Die bei weitem häufigste Verabreichung fand als single-shot-Dosis kurz vor der Operation statt. Dies wurde im Jahresvergleich untersucht. Hierbei ergab sich keine Signifikanz ( $p: 0,074$  Chi Quadrat nach Pearson), weil in allen drei Jahren prozentual annähernd die gleiche Menge an Antibiotika vor der OP gegeben wurde. Bei der postoperativen Antibiotikaverordnung ergab sich auch keine Signifikanz im Hinblick auf die Häufigkeitsverteilung im Jahresvergleich 2014-2016 ( $p: 0,121$ ). Obgleich also eine der Maßnahmen zur Senkung der Wundinfektionsrate, die Anfang 2015 ergriffen worden waren, darin bestand, die Antibiotikagabe streng nach den nationalen sowie klinikinternen Leitlinien der perioperativen Antibiotikaprophylaxe auszurichten, war aufgrund des hohen Anteils der Patienten mit reiner single-shot-Antibiose keine relevante Veränderung in den Verteilungen der einzelnen Antibiotikaregimes auszumachen. Die „verlängerte Prophylaxe“, also die nicht evidenzbasierte

Fortführung der single-shot-Antibiose nach der Operation für 3 bis 5 Tage zur vermeintlichen Prophylaxe einer Wundinfektion, konnte im Jahr 2014 nur in einem Fall beobachtet werden, später nicht mehr. In dieser Hinsicht war bereits im Jahr 2014 eine Leitlinien-Compliance erreicht worden, die in den Folgejahren nahezu unverändert beibehalten wurde. Eine bereits präoperativ begonnene Antibiotikagabe wiederum spricht für eine vorbestehende Infektion der zu behandelnden Extremität. Weiter wurde deshalb untersucht, ob sich die Verteilung der Wirkstoffe der Antibiotika mit den Jahren geändert hat. In den Analysen stellten sich aber keine signifikanten Veränderungen heraus. In allen drei Jahren wurde Cefuroxim am häufigsten verwendet oder die Kombination aus Cefuroxim und Metronidazol (im abdominalen Bereich angewendet bei aortalen Eingriffen). In den Jahren 2014 wurde die o.g. Kombination 14-mal (10,69%) verabreicht, 2016 12-mal (10,62%), lediglich 2015 war mit fünfmaliger Verabreichung (4,55%) auffallend wenig. Im Vergleich der Jahre 2014 mit 2015 war keine Signifikanz mit  $p: 0,065$  zu beobachten. Bei Cefuroxim sah man eine leicht absinkende Tendenz. So wurde es 2014 noch 83-mal (63,36%) verabreicht und 2016 nur noch 68-mal (60,18%) in Bezug auf die Gesamtzahl der Operationen eingesetzt. Auch hier war wieder keine Signifikanz mittels Chi Quadrat Test feststellbar. Am ehesten war die Veränderung von 2015 auf 2016 mit  $p: 0,09$  zu erkennen. Ciprofloxacin war nach den oben genannten Wirkstoffen das am häufigsten verwendete Antibiotikum. So wurde es 2014 noch gar nicht eingesetzt, 2015 nur zweimal und 2016 sechsmal angewendet. Von 2014 auf 2016 sah man eine Signifikanz von  $p: 0,0118$ . Eine signifikante Änderung des Antibiotikaregimes war im Jahresverlauf demzufolge nicht zu erkennen. Die graduellen Veränderungen sind mit entsprechend veränderten internen und externen Leitlinien vereinbar, die sowohl einen zeitweisen Wechsel der „Standard“-Antibiotikaphylaxe bei nicht kontaminierten Eingriffen als auch eine Adaptation derselben an vorhandene Antibiogramme bei kontaminierten Eingriffen vorsahen.

Perioperative Antibiotika wurden im gesamten Zeitraum in 83,57% der durchgeführten Operationen als Single-shot-Dosis verabreicht, also als Einzeldosis ca. eine halbe bis eine Stunde vor Operationsbeginn. In Tabelle 3 sind die Verabreichungsformen der Antibiotikaphylaxe aufgelistet. Hier ist zu erkennen, dass es in den Jahren keine gravierenden oder signifikanten Veränderungen in Bezug auf die Applikationsformen gab mit Ausnahme von der 3. Zeile. Hier wurde

sowohl prä-, peri- als auch postoperativ Antibiotika verabreicht. 2014 und 2015 wurde dies noch 6-7-mal durchgeführt, 2016 war es nur noch einmal (p:0,0277).

	2014	2015	2016
<b>prä- und postoperativ</b>	0 (0%)	1 (1,03%)	2 (1,98%)
<b>single-shot</b>	109 (94,00%)	89 (91,75%)	97 (96,04%)
<b>prä- peri- postoperativ</b>	6 (5,17%)	7 (7,22%)	1 (0,99%)
<b>nur präoperativ</b>	0 (0%)	0 (0%)	1 (0,99%)
<b>peri- und postoperativ</b>	1 (0,86%)	0 (0%)	0 (0%)

Tab.4: Verteilung der Antibiotikagaben im Jahresvergleich (zeitliche Verabreichungsformen)

Insgesamt konnten hier N=314 Patienten ausgewertet werden, bei N= 39 Patienten fehlten bezüglich der Antibiotikagabe die Angaben.

### 3.4 Aufteilung der CDC/NRZ-Kategorien der postoperativen Wundinfektionen

Nach der Operation wurden die Wunden durch das ärztliche Personal, ab 2015 dann auch durch speziell ausgebildete Gefäßassistentinnen, sowie den Hygieneschwestern begutachtet und in Klassen eingeteilt, welche sich nach der Definition des NRZ richteten. Abbildung 5 zeigt, dass die Zahl der reizlosen Wunden (Wundklasse 0) vom Jahr 2014-2016 von 60,0% auf 67,3% gestiegen ist, die prozentuale Rate schwerwiegenderer Wundinfektionen, welche bis zu den Gefäßen reichten, jedoch von 10,0% auf 0,9% gesunken ist. Bei der Wundinfektionsklasse 1 war zunächst eine Steigung der Rate zu beobachten, welche 2016 wieder auf die Ursprungsrate sank, und bei Klasse 2 war eine nicht signifikante, geringfügige Zunahme der Rate ersichtlich.

Zudem ist auffällig, dass die tiefen Wundinfektionen (Klasse 3 und 4) kontinuierlich von 2014 bis 2016 abgenommen haben. Hierzu wurden die Mittelwerte der

Wundklassen der jeweiligen Jahre verglichen. Diese betragen 2014=0,731, 2015=0,527 und 2016 0,495. Hieran kann man eine deutlich abnehmende Anzahl der tiefen Wundklassen (Klasse 3&4) erkennen.

Auch in der Matched-pairs Analyse konnte diese Abnahme bei den gematchten Paaren, jedoch nur als annähernd signifikant, nachgewiesen werden (p: 0,063 Chi Quadrat Test).

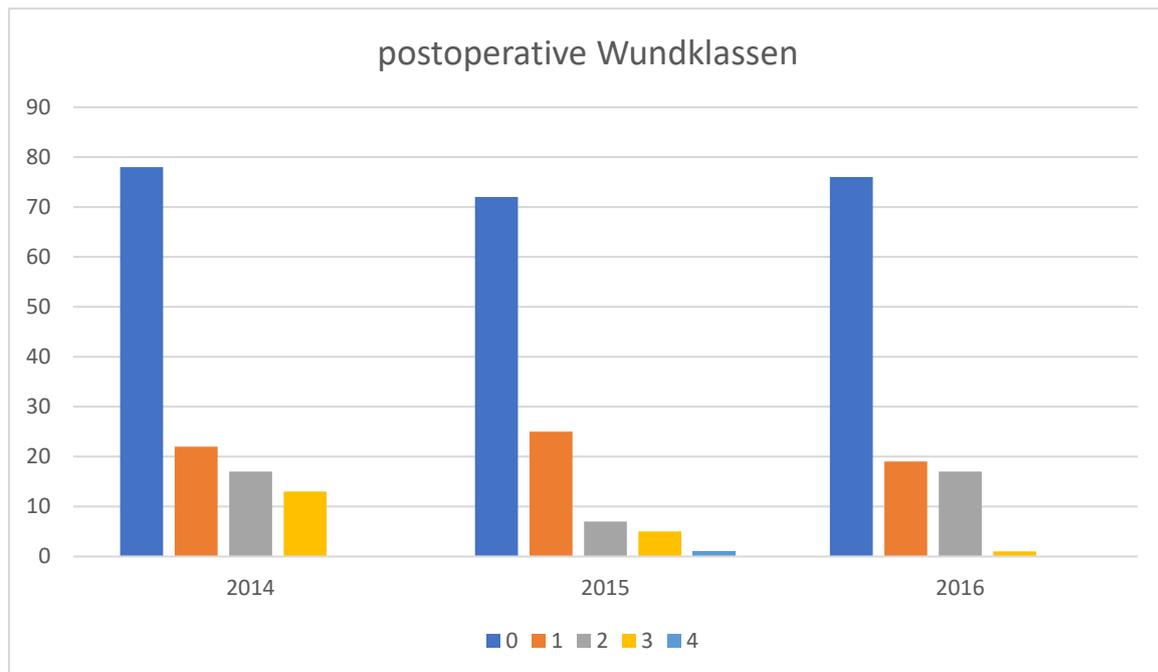


Abb.5: Balkendiagramm der postoperativen Wundklassenverteilungen prozentual im Jahresvergleich (0=keine Infektion; 1=Wundklasse 1; 2=Wundklasse 2; 3= Wundklasse 3; 4= Wundklasse 4)

### 3.5 Univariate Zusammenhänge zwischen möglichen Risikofaktoren und Wundinfektionen

#### 3.5.1 Implantiertes Material in Bezug zur Infektionsrate

Implantiert wurden autologe, alloplastische und xenogene Materialien. Das alloplastische implantierte Material wurde dabei weiter in 4 Materialgruppen unterteilt (silberbeschichtete Prothesen, Propaten (PTFE), Dacron, Polyesterprothese (FA Gelsoft™Plus)). Nun wurde betrachtet, wie sich die Auswahl des implantierten Materials auf die Infektionsrate auswirkte. Hierbei ist zu erkennen, dass das Material signifikant mit der Infektionsrate assoziiert ist (p: 0,017 nach Chi-Quadrat nach Pearson). Es scheint also einen Zusammenhang zwischen implantiertem Material

und der Wundinfektion zu bestehen (s. Tab. 5). Die Infektionsrate war hierbei nach Verwenden von alloplastischem Material prozentual am höchsten (25,74%). Differenziert man das alloplastische Material weiter in die verschiedenen Materialien auf, stellt man hier jedoch keine Signifikanz in Bezug auf die Infektionsrate fest. Nach Implantation von xenogenem Material wurde die niedrigste Infektionsrate (11,11%) festgestellt. Bei N=4 Patienten konnte keine Angabe bezüglich des verwendeten Materials ausfindig gemacht werden.

	<b>Keine Wundinfektion</b>	<b>Wundinfektion</b>	<b>Signifikanz p</b> (Vergleich der jeweiligen Materialien mit „Kein Material“) Fisher's Exact Test
<b>Kein Material</b>	56 (81,16%)	13 (18,84%)	
<b>Autolog</b>	14 (82,35%)	3 (17,65%)	P:0,63
<b>Alloplastisch</b>	75 (74,26%)	26 (25,74%)	P:0,91
<b>Xenogen</b>	144 (88,89%)	18 (11,11%)	P:0,10

Tab.5: Infektionsrate in Abhängigkeit vom verwendeten Material

Allerdings lässt sich nur bedingt ein Rückschluss von den verwendeten Materialien auf die Infektionsrate bilden, da die Materialien oft bedingt durch die Art der Operation verwendet wurden. So lässt sich die geringe Infektionsrate bei Verwendung von xenogenem Material damit erklären, dass dieses vor allem bei elektiven, standardisierten Patch-Plastik-Operationen verwendet wird. Hier ist das Infektionsrisiko am geringsten. Alloplastisches und autologes Material wird vor allem bei Bypass Operationen angewendet. Durch die doppelte Schnittführung besteht eine deutlich erhöhte Infektionsgefahr. Bei Operationen, bei denen kein Material verwendet wird, handelt es sich in der Regel um Notoperationen (Thrombektomien und Gefäßübernähtung bei Einblutungen), wo eine erhöhte Infektionsgefahr auf Grund der Notfallbedingungen besteht. Des Weiteren sind die Werte auf Grund der kleinen Vergleichsgruppen nur bedingt vergleichbar.

### 3.5.2 Präoperative Wunden und Keimverhalten

Weiter wurde untersucht, ob präoperativ bereits bestehende Wunden an der zu operierenden Extremität einen Einfluss auf postoperative Infektionen haben. Im Zeitraum von 2014-2016 hatten 252 Patienten keine vorbestehende Wunde (Gruppe A), 101 Patienten hatten präoperativ eine bestehende Wunde (Gruppe B). In Gruppe A hatten nach Operation 15,2% eine Wundinfektion, in Gruppe B waren es mit 24,8% deutlich mehr. Dieser Zusammenhang stellt sich mit  $p:0,046$  mittels Chi-Quadrat-Test nach Pearson als signifikant dar. Hieraus lässt sich ableiten, dass Patienten mit einer präoperativ bestehenden Wunde eine signifikant höhere Wahrscheinlichkeit für eine postoperative Wundinfektion innehatten.

### 3.5.3 Sensibilität von pathogenen Erregern präoperativer Wunden auf perioperatives Antibiotikum

Es wurden die kulturell isolierten Bakterien von Abstrichen der präoperativen Wunden auf ihr Resistenzverhalten gegenüber den verabreichten perioperativen Antibiotika hin untersucht (s. Tab. 6). Die Erreger wurden hierfür in drei Gruppen eingeteilt. 0= keine Erreger feststellbar, 1= Erreger ist sensibel gegenüber dem verabreichten Antibiotikum, 2= Erreger ist resistent gegenüber dem Antibiotikum. Dieses Verhalten ergab keine Signifikanz ( $p:1$  mittels Chi Quadrat Test) in Hinsicht auf die Wundinfektion. Es ist also in dieser Analyse kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Wundinfektionsrate und der in-vitro-Wirksamkeit der perioperativen Antibiose nachzuweisen bzw. keine Senkung der Wundinfektionsrate durch eine antibiogrammgerichte perioperative Antibiose.

Wundinfektion			
	Nein	Ja	Gesamt
<b>Keine präoperative Infektion</b>	264 (84,34%)	49 (15,66%)	313 (100%)
<b>Präoperativ erfasste Keime auf Single-shot Antibiotikum sensibel</b>	18 (72,00%)	7 (28,00%)	25 (100%)
<b>Präoperativ erfasste Keime auf Single-shot Antibiotikum nicht sensibel</b>	10 (66,67%)	5 (33,3%)	15 (100%)

Tab.6: Erregerverhalten bzgl. Antibiotikum aus präoperativer Wunde in Bezug auf Wundinfektion

### 3.5.4 Diabetes mellitus & MRSA

Im Vergleich der Häufigkeiten der bestehenden Wundinfektion abhängig von der Komorbidität Diabetes lässt sich in dieser Analyse erkennen, dass Diabetes keine signifikante Variable in Bezug auf postoperative Wundinfektion darstellt ( $p:0,59$  mittels Chi Quadrat Test). Von  $n=206$  Patienten ohne Diabetes mellitus waren 13,6% ( $n=28$ ) von einer postoperativen Wundinfektion betroffen, von  $n=134$  Patienten mit Diabetes mellitus hatten 23,1% ( $n= 31$ ) eine postoperative Wundinfektion. Bei 13 Patienten fehlten die Angabe.

Auch ist kein Zusammenhang zwischen einer Besiedlung mit MRSA und einer postoperativen Wundinfektion zu erkennen ( $p: 0,386$  mittels Chi-Quadrat Test). Von  $N=324$  Patienten auf MRSA negativ getesteten Patienten hatten 17% ( $n=55$ ) eine postoperative Wundinfektion.  $N=12$  waren beim Screening positiv, wovon 33,3% ( $n=4$ ) nach der Operation eine Wundinfektion hatten. Leider fehlten bei  $n= 17$  Patienten die Erfassung der Abstriche.

### 3.5.5 Weitere signifikante Faktoren

Signifikante Unterschiede in der durchschnittlichen Ausprägung von Kovariablen zwischen Patienten, die keine und Patienten, die eine Wundinfektion erlitten hatten, wurden hinsichtlich folgender Faktoren beobachtet:

Es stellte sich heraus, dass Patienten ohne Wundinfektion im Durchschnitt nur ca. 13 Tage stationär lagen, wohingegen Patienten mit Infektion deutlich länger (ca. 35 Tage) lagen (s. Abb.6). Dies ergab ein hochsignifikantes Ergebnis von  $p < 0,001$  (Mann-Whitney-U-Test). Wie bereits weiter oben beschrieben, ist dies nicht verwunderlich. Ein Patient, bei dem postoperative Wundinfektionen auftraten, weist allein aufgrund dessen eine längere Liegezeit auf. Auch Vogel et al. stellte fest, dass Patienten nach gefäßchirurgischen Operationen mit anschließender Wundinfektion im Schnitt 10 Tage länger im Krankenhaus verblieben (63). Hier lässt sich schlussendlich nicht rückschließen, ob eine Infektion die längere Aufenthaltsdauer oder eine längere Aufenthaltsdauer eine Infektion verursachte. Auch beim präoperativen Hämoglobin-Wert vor der Operation gab es signifikante Unterschiede zwischen beiden Patientengruppen. So lag der Hb-Wert bei den Patienten ohne Wundkomplikationen mit ca. 8,5 mmol/l höher als bei den Patienten mit Wundinfektion. Hier lag der durchschnittliche Wert bei ca. 7,3 mmol/l. Dies ergab eine Signifikanz von  $p < 0,001$  (U-Test nach Mann-Whitney).

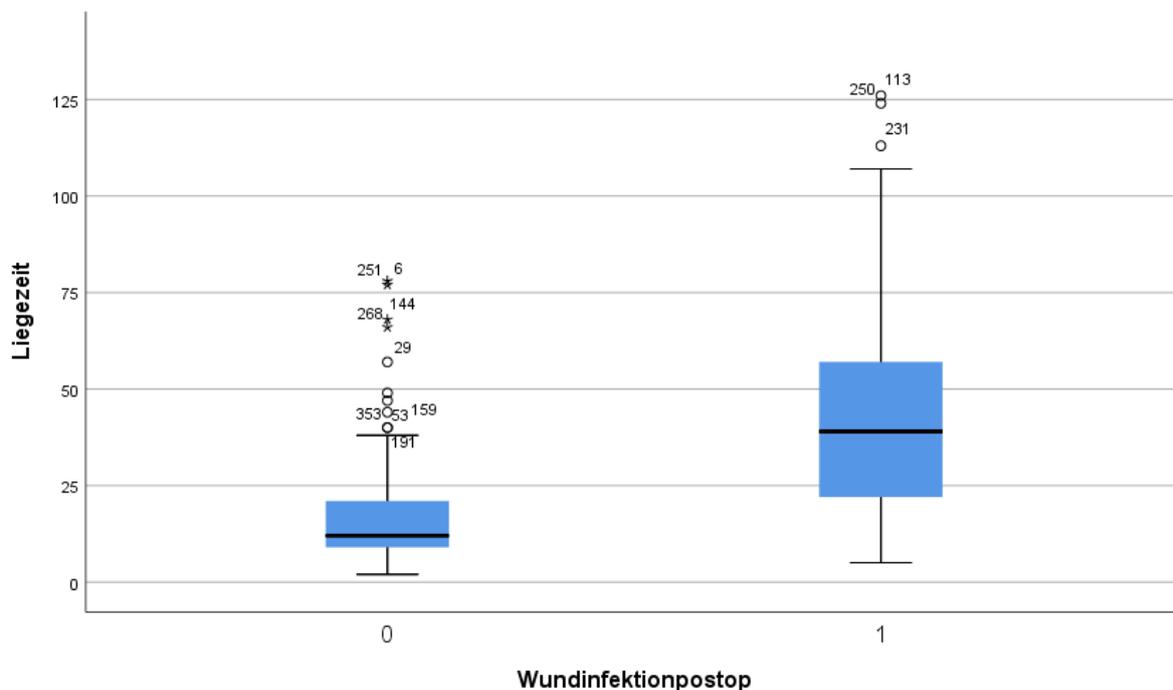


Abb.6: Boxplot Liegezeit in Abhängigkeit von Wundinfektion

Des Weiteren stellten sich die Unterschiede in der Kovariable Röntgenzeit ( $p: 0,024$  U-Test nach Mann-Whitney) als signifikant heraus. Auch das CRP vor Operation war signifikant ( $p < 0,001$ ). Beide Werte waren bei Patienten mit postoperativer Wundinfektion höher als bei Patienten ohne Infektion. Darüber hinaus war der ASA Score mit  $p < 0,001$  (Mann-Whitney-U-Test) signifikant. Auch hier war ein höherer ASA mit einer erhöhten Infektionsrate assoziiert. Neben Rauchen ist auch ein hoher BMI ein allgemein bekannter Risikofaktor für Wundheilungsstörungen. Auch die Auswertung der hier erhobenen Daten zeigte eine Signifikanz von  $p: 0,032$  (Mann-Whitney-U-Test). Die Röntgendosis lag mit  $p: 0,085$  und auch der Leukozytenwert vor der Operation lag mit  $p: 0,087$  (Mann-Whitney-U-Test) leicht über dem Signifikanzniveau. Beide Werte waren bei Patienten mit postoperativer Wundinfektion erhöht. Auch die Operationszeit war in der Untersuchung mit  $p: 0,172$  (Mann-Whitney-U-Test) nicht signifikant unterschiedlich.

### 3.6 Multiple Regressionsanalyse zur Ermittlung möglicher Risikofaktoren für die postoperative Wundinfektion

Um den Einfluss von verschiedenen Variablen auf die Wundinfektion unabhängig von der Patientenverteilung in den einzelnen Jahren zu beurteilen, wurde eine multivariate Analyse durchgeführt. Zunächst wurden bestimmte Risikofaktoren, bei denen ein Zusammenhang zur postoperativen Wundinfektion vermutet wurde, mittels binärer logistischer Regression analysiert. Diese Faktoren sind in Tabelle 7 aufgelistet.

Variablen	Ausgangstabelle
	p
<b>Alter</b>	0,34
<b>Weibliches Geschlecht</b>	0,45
<b>Operateur 1</b>	0,02*
<b>Operateur 2</b>	0,27
<b>Operateur 3</b>	0,68
<b>Operateur 4</b>	0,18
<b>Assistent 1</b>	0,13
<b>Assistent 2</b>	0,19
<b>Assistent 3</b>	0,30
<b>Gastarzt</b>	0,014*
<b>Hospitant</b>	0,64
<b>Schwester 1</b>	0,91
<b>Schwester 2</b>	0,81
<b>Fachfremde Schwester</b>	0,49
<b>OP-Dauer</b>	0,25
<b>Röntgenzeit</b>	0,30
<b>Röntgendosis</b>	0,80
<b>Leukozytenzahl vor OP</b>	0,03*
<b>Hb vor OP</b>	<0,001*
<b>BMI</b>	0,19
<b>Notfalloperation</b>	0,65
<b>Autologes Material</b>	0,08
<b>Standard single-shot Antibiotikum</b>	0,02*
<b>Präoperative Wunde an unterer Extremität</b>	0,09
<b>Antibiotikaverhalten bezüglich des Antibiogramms</b>	0,14
<b>Diabetes mellitus</b>	0,14

Tab.7: Relevante Faktoren für binäre logistische Regression (\*in multipler Regression weiter berücksichtigte Faktoren)

Nach initialer Analyse wurde Schritt für Schritt die Variable mit dem größten p-Wert (geringster Signifikanz) ausgeschlossen (stepwise backward Algorithmus). Schließlich wurden fünf Faktoren als signifikant detektiert (s. Tabelle 8). Hierbei waren ein präoperativ höherer Hb-Wert, die Mitwirkung eines Gastarztes, ein perioperativ verabreichtes Single-shot Antibiotikum und die Verwendung von autologem Transplantatmaterial mit einer Senkung der Infektionsrate assoziiert. Ein höherer BMI war mit einer höheren Infektionsrate assoziiert. Kausale Zusammenhänge sind daraus nicht direkt abzuleiten, diese werden im Abschnitt „4. Diskussion“ weiter behandelt.

Variable	Signifikanz p	Effekte
<b>Intercept</b>	0,045	2,1
<b>Gastarzt</b>	0,025	-0,91
<b>Hb vor OP</b>	<0,001	-0,57
<b>BMI</b>	0,022	0,44
<b>Autologes Material</b>	0,037	-0,72
<b>Single-shot Antibiotikum</b>	0,049	-0,89

Tab.8: Logistische Regression – stepwise backward Algorithmus - Endergebnis

### 3.7 Matched-pairs-Vergleich der Jahre 2014 und 2015

Eine der Zielstellungen der Untersuchung bestand darin, die Wundinfektionsraten der Jahre 2014 und 2015 zu vergleichen, um festzustellen, ob durch die zu Beginn des Jahres 2015 ergriffenen Hygienemaßnahmen tatsächlich eine Senkung derselben erreicht werden konnte. Wie bereits in Kapitel 3.2 Tabelle 3 aufgelistet, sank sie im ungematchten Vergleich von 23,1% im Jahr 2014 auf 11,8 % im Jahr 2015. Um auszuschließen, dass dieser Unterschied nicht durch stark unterschiedliche Patientenkollektive verursacht wurde (confounding bias), führten wir eine Matched-Pairs Analyse durch. Dabei wurden zunächst alle Variablen in die Analyse mit einbezogen, die bei der multiplen Regressionsanalyse einen Signifikanzwert von

$p < 0,05$  hatten und die nicht zu den vorgenommenen hygienischen Maßnahmen zählten. Dies waren folgende Variablen: Gastarzt, BMI, letzter Hb vor der OP, autologes Material und Single-shot Antibiotikum. Da es sich bei dem autologen Material und dem Antibiotikum um Faktoren handelte, die gezielt beeinflusst wurden, wurden sie bei der weiteren Analyse ausgeschlossen. Da es sich bei der Kategorie „Gastarzt“ nicht immer um die gleiche Person handelte und somit ein kausaler Zusammenhang unwahrscheinlich war, wurde auch diese Variable ausgeschlossen (s dazu weitere Diskussion im Kapitel 4). Abbildung 7 zeigt die QQ-Plots der matched-pairs-Analyse zwischen den Jahren 2014 und 2015. Hier zeigte sich ein gutes Matching.  $N = 106$  Paare konnten für jede Gruppe gematched werden. Lediglich ein Fall konnte nicht optimal gematched werden. Vergleich man die gematchten Paare, stellte man fest, dass auch diese Analyse eine signifikante Änderung der Wundinfektionsrate in den beiden Jahren zeigte: 2014 lag sie bei 21,7%, wohingegen sie 2015 bei 10,4% lag. Dies ergab im Fisher's Exact Test einen Wert von  $p: 0,038$ . Dieses Ergebnis konnte die Aussage der ungepaarten Analyse bekräftigen, dass die initiierten Hygienemaßnahmen zu einer signifikanten Verringerung der Wundinfektionsrate im Jahr 2015 geführt haben und nicht durch ein mögliches Bias hervorgerufen wurde.

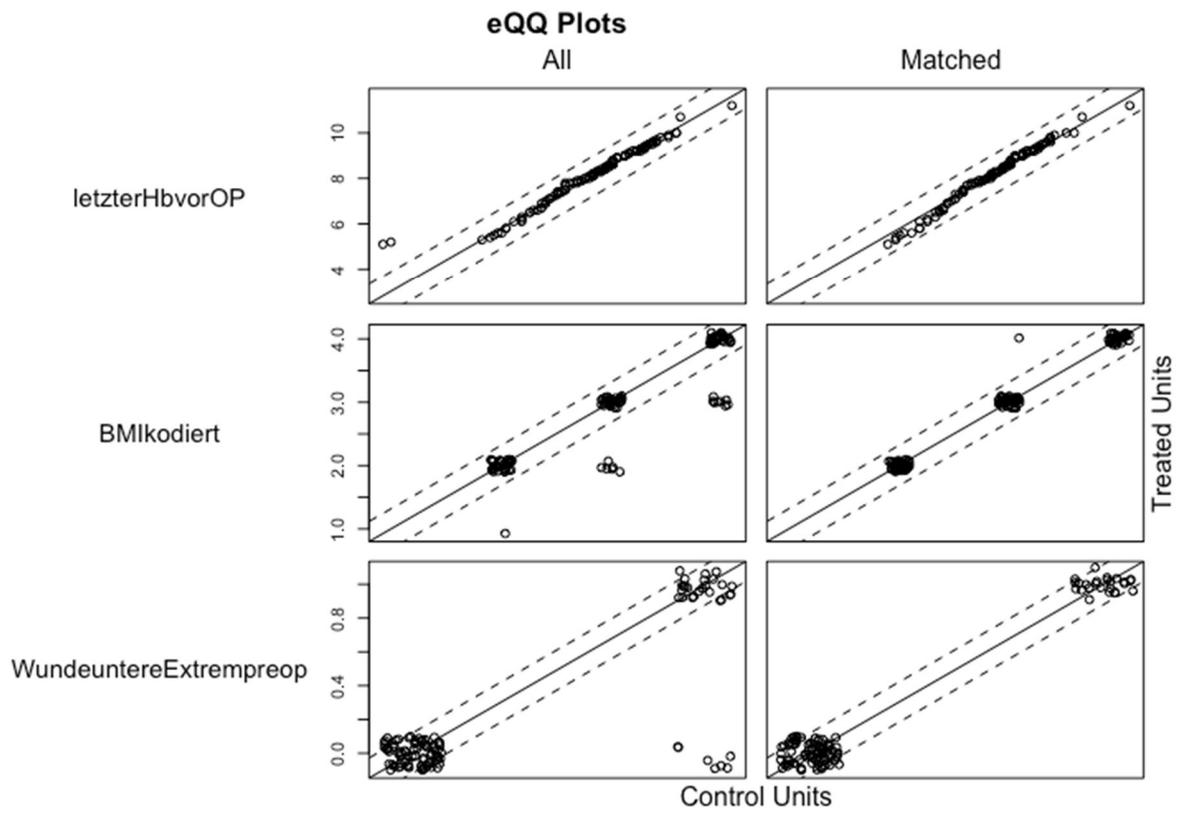


Abb.7: QQ-Plot der matched-pairs-Analyse zwischen den Patientengruppen 2014 und 2015

## 4 Diskussion

### 4.1 Einleitende Bemerkung

Die Motivation für die vorliegende Untersuchung ergab sich aus der Tatsache, dass die postoperative Wundinfektion nach wie vor ein ernstzunehmendes Problem im Krankenhausalltag darstellt. Die demografische Entwicklung führt mit höherem Durchschnittsalter und Zunahme chronischer Komorbiditäten zu einem häufigeren Vorliegen potenzieller Risikofaktoren für eine postoperative Wundinfektion. Eine Wundinfektion ist verbunden mit einer längeren Krankenhausaufenthaltsdauer, vermehrten Schmerzen, zusätzlichen Medikamenten und oft zusätzlichen Operationen. Astagneau et al. vermuteten, dass es einen Zusammenhang zwischen Wundinfektion und Letalität gibt. Hierzu wurden 38.973 chirurgisch versorgte Patienten analysiert. 3,4% der Patienten entwickelten hier eine Wundinfektion. 1,5% der Patienten verstarben nach der Operation, wovon bei 38% aller Verstorbenen ein Zusammenhang mit einer postoperativen Wundinfektion gesehen wurde. Hierbei wurde festgestellt, dass eine tiefe Wundinfektion mit einer höheren Mortalität assoziiert war (31). Mc Garry et al. untersuchten 96 ältere Patienten mit einer postoperativen Wundinfektion mit *Staphylococcus aureus* und zwei Vergleichsgruppen, wovon 59 Patienten (über 70 Jahre alt) ohne Wundinfektion, die andere 131 jüngeren Patienten mit einer *S. aureus* Infektion enthielt. Ältere Patienten mit postoperativen Wundinfektionen durchliefen einen längeren Krankenhausaufenthalt als jüngere Patienten mit Wundinfektion (13 statt 9 Tagen;  $P:0,001$ ). Auch die infektionsbedingte Mortalität war in der älteren Altersgruppe höher (OR 2,9). Im Vergleich beider älterer Gruppen fiel das Ergebnis noch deutlicher aus. So war die Sterberate bei den postoperativ infizierten Patienten signifikant höher als bei den nicht infizierten Patienten (OR 5,4) (64). Durch postoperativ auftretende Wundinfektionen erhöht sich die Krankenhausverweildauer insgesamt um ca. 1 Mio. Tage zusätzlich (40), aufenthaltsbezogen im Mittel um 1-7 Wochen. Neben dem dadurch zusätzlich erhöhten Risiko für nosokomiale Infektionen verdoppelt sich auch die Letalität im Vergleich zu Revisionen, die nicht infektionsbedingt sind (65). Es kann davon ausgegangen werden, dass pro auftretende Wundinfektion zusätzliche Kosten von ca. 14.000€ entstehen. Bei 220.000 postoperativen Wundinfektionen (2008) wäre dies eine Summe von über 3 Milliarden Euro an Mehrkosten (66). In Großbritannien geht man von einer 2,8-fachen Erhöhung der Krankenhauskosten durch nosokomiale Infektionen aus. In den USA beträgt die Summe

anfallender Kosten durch operationsbedingte Infektionen ca. 10 Mrd. US\$ (65). Neben den reinen Krankenhauskosten kommen zudem noch schwer einschätzbare Kosten, wie z.B. der Ausfall von Arbeitszeiten etc. Daten aus den USA (1992) gaben an, dass durch nosokomiale Infektionen (postoperative WI nahmen den größten prozentualen Anteil hiervon ein) ein ökonomischer Schaden von ca. 4,5 Mrd. US\$ entstand (13). Umso wichtiger ist es zu erkennen, welche Faktoren Auswirkungen auf eine postinfektiöse Infektion haben und ob diese in irgendeiner Weise beeinflussbar ist.

## 4.2 Zusammenfassung der Ergebnisse und Bewertung der Datenqualität

Zu Beginn dieser Beobachtungsstudie wurde festgelegt, welche Parameter als mögliche Risikofaktoren erfasst werden sollten. So wurden z.B. Vorerkrankungen dokumentiert, die einen regelrechten Wundheilungsverlauf behindern könnten, durchgeführte Hygienemaßnahmen erfasst und wichtige Laborparameter festgehalten.

Die Daten der vorliegenden Beobachtungsstudie wurden prospektiv im Zeitraum 2014-2016 erhoben. Es erfolgte ein fallweiser Ausschluss von missing values. Um eine confounding bias auszuschließen, wurde wie in Kapitel 3.5 eine Matched-pairs-Analyse durchgeführt. Diese hat eine Paarung von  $n = 106$  für jede Gruppe (2014 vs. 2015) ergeben. In dieser Analyse zeigte sich genau wie bei der ungematchten Kohorte eine signifikante Änderung der postoperativen Infektionsrate von 23,1% auf 11,8% ( $p:0,028$ ). Dies belegte, dass der Rückgang der Infektionsrate nicht allein durch ein confounding bias oder zufällige Schwankungen zu begründen war. Bei der Erhebung der Daten für die Qualitätssicherung fiel eine erhöhte Infektionsrate gegenüber anderen Kliniken auf, die am OP-KISS-Modul des NRZ teilgenommen haben (67).

Ein bedeutender und nicht zu verachtender Aspekt ist jedoch auch, dass die in dieser Arbeit erhobene Daten nach prospektiver Erhebung durch die behandelnde Belegschaft kontrolliert und ggf. retrospektiv ergänzt wurden. Zudem fand eine doppelte Qualitätssicherung durch die Operateure/ behandelnder Arzt/Ärztin und die verantwortliche Hygieneschwester des Instituts für medizinische Mikrobiologie statt. Um Verzerrungen bei der Diagnose und Dokumentation der Wundinfektion zu verhin-

dern, wurde nach der CDC-Klassifikation von postoperativen Wunden dokumentiert. Zudem wurden bei der Visite der Gefäßassistentinnen Wunden fotografisch dokumentiert und so eine objektive Bewertungsgrundlage auch mit der Möglichkeit einer späteren Evaluation geschaffen. Nach der Senkung der Wundinfektion von 2014 zu 2015 stieg die Rate im darauffolgenden Jahr jedoch wieder auf 16,8%, wenn auch nicht signifikant ( $p: 0,075$  Chi-Quadrat Test). In den weiteren Analysen konnte festgestellt werden, dass verschiedene Risikofaktoren in Verbindung mit einer höheren Infektionsrate standen. So zeigte sich das implantierte Material signifikant in Bezug auf die Infektionsrate ( $p: 0,017$  nach Chi-Quadrat Test), wobei alloplastisches Material die höchste Infektionsrate aufwies. Auch präoperative Wunden schienen eine erhöhte Wundinfektionsrate zu verursachen. Die Signifikanz lag hier bei  $p:0,046$  (Chi-Quadrat Test). Weitere Risikofaktoren waren die Liegedauer ( $p<0,001$ ), der präoperativ bestehende Hämoglobinwert ( $p<0,001$ ) und CRP Wert ( $p<0,001$ ), die Röntgenzeit ( $p:0,024$ ), der ASA Score ( $p<0,001$ ), sowie der Risikofaktor Rauchen ( $p:0,032$ ) und der BMI ( $p: 0,032$ ).

In den Analysen zeigte sich weiter, dass sich das Patientenkollektiv in den Jahren 2014-2016 nicht signifikant geändert hat. Dies war eine gute Ausgangslage zur Analyse und Vergleich der Jahre miteinander in Hinsicht auf die postoperative Wundinfektionsrate. Hier sah man wie schon oben erwähnt einen signifikanten Rückgang der Infektionsrate von 2014 zu 2015. Dies ließ sich folglich mit den umfassenden Veränderungen des Hygieneregimes als Reaktion auf die hohen Infektionszahlen erklären.

### 4.3 Auswertung der Risikofaktoren bezüglich der postoperativen Wundinfektion

Mögliche Risikofaktoren wurden, wie oben beschrieben, vor Beginn der Datenerhebung mittels Datenrecherche ausgesucht und im Studiendesign als Variablen eingeschlossen. Hierbei wurden die am häufigsten in der Literatur in Verbindung zu Wundinfektionen gebrachten Variablen aufgegriffen (s. Tabelle 1, Kapitel 2.1). In der Literatur wird in zahlreichen Studien Diabetes mellitus als signifikanter Risikofaktor für postoperative Wundinfektionen erwähnt. In der hier erfassten Analyse wurde eine leicht sinkende Prävalenz für Diabetes mellitus gesehen. So waren im Jahr 2014 44,6% der Patienten betroffen, wohingegen die

Zahl bis 2016 auf 32,7% sank. Dies war aber nicht signifikant ( $p: 0,06$ ). Im Zusammenhang von Diabetes mit postoperativen Wundinfektionen konnte keine Signifikanz festgestellt werden ( $p: 0,059$ ). Auch wenn in dieser Analyse keine Signifikanz festzustellen ist, nimmt dieser Faktor eine immer größere Bedeutung ein, da diese „Volkskrankheit“ in der heutigen Wohlstandsgesellschaft verbunden mit dem demographischen Wandel immer mehr zunimmt (68,69). So schätzte Wild et al. die weltweite Prävalenz für Diabetes 2000 auf 2,8% und 2030 auf 4,4% ein. Dies würde bedeuten, dass statt 171 Mio. Betroffenen (2000) 2030 366 Mio. Menschen von Diabetes betroffen wären (68). Eine Studie von 2017 gab die Prävalenz in Deutschland 2014/2015 bereits mit einem Wert von 7,7% an (70). Diener et al. gaben Diabetes mellitus als expliziten Risikofaktor für postoperative Wundinfektionen bei gefäßchirurgischen Eingriffen an. Dies wurde mit der Hyperglykämie erklärt, welche zu einer gestörten Funktion von Makrophagen und neutrophilen Granulozyten führte, die hierdurch weniger Mediatoren zur Infektionsbekämpfung sezernierten. Zudem befanden sich in den Wunden eine höhere Konzentration von Proteasen (vor allem Metallo-Matrixproteasen), die zu einem verlängerten Infektionsgeschehen führten (71). Allerdings gibt es in den Literaturangaben auch gegenteilige Meinungen. Jedoch wird der insulinabhängige Diabetes mellitus und die perioperative Hyperglykämie immer wieder als signifikantes Risiko betont (10).

Zu Beginn der Studie stellten wir die Hypothese auf, dass eine längere Operationszeit auch eine höhere Komplikationsrate impliziere und somit ein höheres Risiko für postoperative Wunden. Hier sahen wir in unseren Analysen jedoch keinen Zusammenhang zwischen der Operationszeit und der Infektionsrate ( $p:0,172$  Mann-Whitney U-Test). Bei Pull ter Gunne et al. zeigte sich die Operationszeit mit  $p: 0,001$  als deutlich signifikant, im Gegensatz zu den in dieser Arbeit erhobenen Daten. Je länger die Operationszeit ging, desto höher war die Infektionsrate. Hierbei war seine Theorie, dass es durch die verlängerte Zeit möglicherweise zu einer Minderdurchblutung des Operationsgebietes kam und dies Nekrosen verursachte, welche Grundlage für eine Wundinfektion sein könnte (32). In einer Metaanalyse mit 81 eingeschlossenen Studien, in denen chirurgische Eingriffe untersucht wurden, kamen Cheng et al. zum Ergebnis, dass es einen signifikanten Zusammenhang zwischen der verlängerten Operationsdauer und der Wundinfektionsrate gab. So erhöhte sich die Rate um 5% für alle 15 Minuten, 13% für alle 15 Minuten, 17% für alle 30 und 37% für alle 60 Mi-

nuten der Operation. Operationen mit anschließender postoperativer Infektion dauerten im Schnitt 30 Minuten länger (72).

Ein weiterer betrachteter Faktor waren die präoperativen Wunden an der zu operierenden Extremität. Definitionsgemäß bezeichnet dies bei Vorliegen einer AVK das Stadium IV nach Fontaine. Sie stellten bei unseren Analysen ein signifikantes Risiko für postoperative Wundinfektionen dar ( $p:0,046$ ). So erscheint dies als logisch und nachvollziehbar, da sich hier befindliche Keime hämatogen oder lymphogen in das Operationsgebiet verteilen können (73). Allerdings fiel in den Literaturrecherchen auf, dass dieser Faktor sonst nicht explizit untersucht wurde. Sucht man nach Stichwörtern wie „preoperative postoperative wound infection risk factors vascular surgery“ bei Pubmed und den Filtern „Klinische Studie“, „Metaanalysen“, randomisiert kontrollierte Studie“, und „Review“, finden sich bei den 31 angezeigten Ergebnissen (Stand vom 10.01.2022) keine Ergebnisse, dass eine präoperativ bestehende Wundinfektion ein Risikofaktor für eine postoperative Wundinfektion ist.

Untersucht wurde weiter, ob Patienten mit einer präoperativen Keimbesiedlung mit multiresistenten Pathogenen eine höhere postoperative Wundinfektionsrate hatten, als nichtbesiedelte. In den ermittelten Daten dieser Arbeit konnte kein signifikanter Unterschied zwischen den postoperativen Infektionsraten beider Gruppen festgestellt werden ( $p:0,386$  Chi-Quadrat Test nach Pearson). Insgesamt war jedoch zu erkennen, dass die Zahl der MRSA Patienten über die drei Jahre von 5,4% auf 2,7% gesunken ist. Dies lag daran, dass ein allgemeines Screening eingeführt wurde, sodass auch Patienten ohne Verdacht auf eine bestehende Infektion abgestrichen wurden und so der prozentuale Anteil der positiv Getesteten sank. Bei den VRE-Infizierten war es ähnlich. So ergab sich auch hier keine Signifikanz in Zusammenhang mit der postoperativen Infektionsrate.

In einer Studie von Munoz et al. wurden in einem Jahr 357 Patienten vor einem großen Eingriff am Herzen auf eine Keimbesiedlung mit *Staphylococcus aureus* analysiert. *S. aureus* ist für 64% der postoperativen Wundinfektionen bei Herzeingriffen verantwortlich (74). In der Studie betrug die postoperative Wundinfektionsrate 6,4%. Hier konnte beobachtet werden, dass Patienten mit einer nasalen Keimbesiedlung mit *S. aureus* eine signifikant höhere Infektionsrate hatten (12,5%,  $p:0,01$ ) als Patienten ohne Besiedlung (5%). Bei den MRSA besiedelten Patienten war die Infektionsrate mit 33% noch höher ( $p:0,001$ ) (74).

Bei den in dieser Arbeit erhobenen Daten konnte der Zusammenhang zwischen einer perioperativ verabreichten Antibiotikadosis und einer daraus geringer resultierenden Infektionsrate jedoch nicht belegt werden. So wurde keine Signifikanz bei diesem Zusammenhang gesehen ( $p:0,520$  mittels Chi-Quadrat Test). In der multiplen Regression zeigte sich hier zwar eine Signifikanz mit  $p:0,02$ , jedoch ist dies dem Vergleich mit der Infektionsrate bei Patienten unter prä- und postoperativer Antibiose, bei denen also dieselbe nicht in prophylaktischer, sondern therapeutischer Intention gegeben wurde, geschuldet, nicht aber einem etwaigen Vergleich zwischen Patienten mit single-shot-Antibiose und solchen ohne, da letztere Gruppe in dieser Untersuchung schlichtweg nicht vorhanden war, weswegen man anhand der hier aufgeführten Daten keine Kausalität beweisen kann. In den Literaturangaben, unter anderem bei Geiss et al., ist beschrieben, dass perioperativ verabreichte Antibiotikagabe deutlich das Risiko einer Wundinfektion senken. Allerdings ist auch der Zeitpunkt der Antibiotikagabe entscheidend ist. So betrug der perfekte Zeitraum für die Gabe 0-2 Stunde vor OP-Beginn. Hier lag die Wundinfektionsrate bei 0,6%. Verabreichte man die Prophylaxe jedoch schon vor 2 Stunden, bevor die Operation beginnt, so betrug die Infektionsrate 3,8% (75). Auch Ho et al. kam in ihrer retrospektiven Studie zu dem Schluss, dass eine Gabe von nicht leitliniengerechten Antibiotika ( $OR= 2,069$ ) zu einem zu frühen Zeitpunkt ( $OR=1,725$ ) die Rate an postoperativen Wundinfektionen stieg (75).

Yerdel et al. stellte schon 2001 fest, dass perioperative Antibiotikagabe sich signifikant ( $p: 0,00153$ ) auf die Infektionsrate auswirkt. Untersucht wurden hierbei die Wirkung der Antibiotika Ampicillin und Sulbactam als Einzeldosis intravenös gegeben im Vergleich zur Placebo Gruppe. (76).

Eine weitere untersuchte Variable war der präoperative Hämoglobinwert in Zusammenhang mit der postoperativen Infektion. Mittels U-Test nach Mann Whitney wurde ein eindeutiger hochsignifikanter Zusammenhang zwischen dem präoperativ erhobenen Hämoglobinwert und der postoperativen Wundinfektion festgestellt ( $p < 0,001$ ). Patienten mit niedrigerem Hb- Wert mit durchschnittlich 7,3 mmol/l zeigten eine höhere Rate an Wundinfektionen als Patienten mit durchschnittlich 8,5 mmol/l. Diese Signifikanz lässt sich damit erklären, dass eine verbesserte Sauerstoffversorgung des operierten Gewebes die Wundheilung verbessert (77). Man könnte es aber auch

so deuten, dass es sich lediglich um eine Assoziation handelt und nicht direkt ein Zusammenhang besteht, wenn man z.B. annimmt, dass der niedrige Hb-Wert als Indikator auf eine bereits präoperativ vorliegende, infektassoziierte Eisenverwertungsstörung hindeutet. Die Studienlage zeigt kontroverse Ergebnisse hierzu. Zum Beispiel wurde eine prospektive Studie mit 232 kardiochirurgischen Patienten durchgeführt. Hierzu wurden die Patienten am 1., 2. Und 4. postoperativen Tag untersucht. Die Patienten wurden zuvor in zwei Gruppen eingeteilt. Die eine erhielt perioperativ auf Grund eines niedrigeren Hb-Wertes Bluttransfusionen. Trotzdem war kein Unterschied zu der Gruppe mit dem höheren Hb- Wert festzustellen (3,5% vs. 8,0%, p:0,16). In einer anderen prospektiven Studie in der Schweiz wurden 5873 allgemein chirurgische Patienten hinsichtlich dieses Zusammenhangs untersucht. Hierbei wurde eine präoperative Anämie als Hämoglobinkonzentration  $<7,4$  mmol/l ( $<12,0$  g/dl) definiert. In der univariaten logistischen Regressionsanalyse war eine deutliche Assoziation einer Anämie mit der Häufigkeit einer postoperativen Wundinfektion zu sehen (OR 1,32, p:0,037). Allerdings wurde der Zusammenhang schwächer, nachdem eine Anpassung auf 13 Patientenmerkmale stattgefunden hat und eine multivariate Analyse durchgeführt wurde (39).

BMI	Kategorie
<16	Starkes Untergewicht
16-16,99	Mäßiges Untergewicht
17-18,49	Leichtes Untergewicht
18,5-24,99	Normalgewicht
25-29,99	Präadipositas
30-34,99	Adipositas Grad I
35-39,99	Adipositas Grad II
>40	Adipositas Grad III

Tab.9: Gewichtsklassifikation nach WHO (78)

Zur Einteilung und Bewertung des Körpergewichtes der Patienten wurde der Body-Mass-Index (BMI) herangezogen (s. Tab. 9). Hierbei handelt es sich um die Relation des Körpergewichtes zur Körpergröße. Mittels der Formel aus Körpergewicht (kg)/ Körpergröße (m) ergibt sich ein Quotient (Einheit kg/m<sup>2</sup>), der sich mit Hilfe der WHO-

Definition in Klassen einteilen lässt (79). Weltweit nimmt die Prävalenz für Adipositas immer weiter zu. Das Robert-Koch-Institut veröffentlichte Daten von 2014/2015, die zeigten, dass 54,0% der deutschen erwachsenen Bevölkerung von Übergewicht und Adipositas betroffen waren ( $\text{BMI} > 25 \text{ kg/m}^2$ ). Dabei fiel auf, dass Männer mit 43,3% häufiger an Übergewicht litten als Frauen (28,8%). Bei einem BMI ab über 30 hob sich dieses Ungleichgewicht jedoch wieder auf. Hier gab es keinen wesentlichen Unterschied zwischen den Geschlechtern. Außerdem zeigte sich eine Korrelation zwischen Alter und Übergewicht. Je älter die Personen waren, desto mehr stieg auch die Prävalenz für Übergewicht und Adipositas. Im Vergleich zu den Daten aus 2010 zeigte sich eine steigende Prävalenz für Übergewicht und Adipositas (36). Adipositas gilt schon seit langem als anerkannter Risikofaktor für postoperative Wundinfektionen (29,32,80). Es gibt hierzu viele Theorien, wie ein hoher BMI eine WI verursachen könnte. Eine Annahme beruht auf der Tatsache, dass die prophylaktische Antibiotikagabe bei Adipösen nicht den gleichen Effekt hat wie bei Normalgewichtigen. Das veränderte Verteilungsvolumen, eine geringere Durchblutung von Fettgewebe, sowie eine andere Plasmaproteinbindung führen zu einer veränderten Pharmakokinetik und Pharmakodynamik von Arzneimitteln bei Adipösen (27). Auch in dieser Studie wurde die Komorbidität Diabetes in Hinsicht auf den Einfluss auf postoperative Wundinfektionen untersucht. Hier konnte mittels Chi-Quadrat Test, passend zu zahlreichen Literaturquellen ein signifikanter Zusammenhang zwischen beiden Variablen gefunden werden ( $p: 0,032$  Mann-Whitney-U-Test). In der Studie konnte jedoch nicht gesehen werden, dass der BMI über die drei Jahre zugenommen hat. Es gab in allen drei Jahren hierbei keine signifikante Veränderung.

Toma et al. verglich in der Studie Normalgewichtige mit einem BMI von  $25 \text{ kg/m}^2$  mit Adipösen mit einem BMI von  $30 \text{ kg/m}^2$ , die sich einer Bauch- oder Beckenoperation unterzogen. Verabreicht wurde vor Operation das Antibiotikum Cefoxitin. Hierbei erhielten Patienten unter 80 kg 1g und Patienten ab 80 kg 2g Cefoxitin. Gemessen wurde anschließend die Plasma- und Gewebekonzentration dieses Wirkstoffes. Hier stellte sich heraus, dass die AUC (Area under Curve) bei Adipösen trotz erhöhter Dosierung signifikant niedriger war als bei Normalgewichtigen. Auch die Gewebepenetration und somit die Konzentration war bei adipösen Patienten wesentlich geringer ( $P < 0,05$ ). Dies könnte eine Erklärung dafür sein, warum adipöse Patienten

trotz höherer Dosis eines prophylaktischen Antibiotikums häufiger eine postoperative Wundinfektion erleiden (81).

Lübbecke et al. wiederum verfolgten einen anderen Ansatz für die Erklärung dieses Zusammenhanges. Auch in ihrer prospektiven Kohortenstudie kam sie zu dem Schluss, dass bei adipösen Patienten eine häufigere Komplikation auftrat. Hierfür führte sie die Erklärung an, dass Operationen bei höherem BMI deutlich schwerer sind. Durch die schwierigeren anatomischen Bedingungen käme es zu längeren Operationszeiten und häufig zu einem größeren Weichteilschaden, sodass hiermit das Risiko für eine Wundinfektion stiege (82).

#### 4.4 Veränderungen des Hygieneregimes, sowie strukturelle Veränderungen von 2014-2016

Ein großer Schwerpunkt zur Beantwortung der Frage, warum die Infektionsrate von 2014 zu 2015 signifikant gesunken ist, dann aber 2016 wieder, wenn auch nicht signifikant, stieg, liegt vor allem bei den Hygienemaßnahmen, die unternommen wurden, um die Infektionsrate zu senken. 2014 lag die Infektionsrate der hier in der Studie berücksichtigten Stationen mit 23,1 % über dem Durchschnitt der teilnehmenden Kliniken an dem Krankenhaus-Surveillance-System (KISS). Insgesamt nahmen im Referenzzeitraum von 2012 bis 2016 52 Abteilungen an der Erfassung am OP-KISS Modul für arterielle Rekonstruktionen an den unteren Extremitäten teil (s. Abb. 8). In diesem Zeitraum wurden insgesamt 22.239 Operationen durchgeführt. Dabei kam es in 815 Fällen zu postoperativen Wundinfektionen, also im Durchschnitt bei 3,66%. In Magdeburg lag der Schnitt im Jahr 2014 mit 23,1% weit über dem bundesweiten Durchschnitt.

Man entschloss sich daraufhin, vor allem strukturelle, aber auch personelle Veränderungen vorzunehmen.



**Referenzdaten**

**Operationsart:** GC\_EXT, Arterielle Rekonstruktion - untere Extremitäten

Tabelle 1: Wundinfektionsraten je Risikokategorie

Risikokategorie	Anzahl Abteilungen	Anzahl Operationen	Anzahl Wundinfektionen	Wundinfektionsrate			
				gepoolter arithm.Mittelwert	25%-Quantil	Median	75%-Quantil
0	52	3869	86	2,22	0,00	1,51	3,44
1	52	13677	466	3,41	1,11	2,90	4,66
2, 3	52	4693	263	5,60	2,59	4,76	7,51
0, 1, 2, 3	52	22239	815	3,66	1,62	3,29	4,62

Tabelle 2: Wundinfektionsraten nach Art der Infektion

Wundinfektionsart	Anzahl Abteilungen	Anzahl Operationen	Anzahl Wundinfektionen	Wundinfektionsrate			
				gepoolter arithm.Mittelwert	25%-Quantil	Median	75%-Quantil
A1	52	22239	413	1,86	0,75	1,56	2,78
A2, A3	52	22239	402	1,81	0,69	1,20	2,09

Tabelle 3: Inhouse-Wundinfektionsraten je Risikokategorie

Risikokategorie	Anzahl Abteilungen	Anzahl Operationen	Anzahl Wundinfektionen	Inhouse-Wundinfektionsrate			
				gepoolter arithm.Mittelwert	25%-Quantil	Median	75%-Quantil
0	52	3869	39	1,01	0,00	0,00	1,55
1	52	13677	282	2,06	0,11	1,63	3,43
2, 3	52	4693	170	3,62	0,38	2,64	4,69
0, 1, 2, 3	52	22239	491	2,21	1,12	1,73	3,01

Tabelle 4: Inhouse-Wundinfektionsraten nach Art der Infektion

Wundinfektionsart	Anzahl Abteilungen	Anzahl Operationen	Anzahl Wundinfektionen	Inhouse-Wundinfektionsrate			
				gepoolter arithm.Mittelwert	25%-Quantil	Median	75%-Quantil
A1	52	22239	261	1,17	0,24	0,95	1,75
A2, A3	52	22239	230	1,03	0,30	0,75	1,39

**Anmerkungen:**  
 1. Risikokategorie (je ein Punkt) für: Op-Dauer( in Minuten) > 192, Wundklassifikation > 2 und ASA-Score > 2.  
 2. Nur Daten aus Abteilungen mit mindestens 30 gemeldeten Operationen gehen in die Referenzdaten ein.

Abb.8: Referenzdaten 01.2012-12.2016 bei arteriellen Rekonstruktionen- untere Extremität (83)

Hieraufhin wurden also Umstrukturierungen durchgeführt. Der Haupt-Umstrukturierungspunkt von 2014 auf 2015 war die Aufteilung der Station. 2014 lagen viszeralchirurgische Patienten zusammen mit gefäßchirurgischen Patienten auf einer Station und auch häufig im gleichen Zimmer. Dadurch wurden frisch operierte gefäßchirurgische Wunden einem erhöhten Risiko an Keimkontamination ausgesetzt. 2015 trennte man die Patienten und ab diesem Zeitpunkt gab es eine reine gefäßchirurgische Station. Eine retrospektive Erhebung der DKG (Deutsche Krankenhausgesellschaft) zeigte, dass die Rate an postoperativen Wundinfektionen in der Allgemeinchirurgie bei 7,1% lag, speziell bei der Abdominalchirurgie auf Grund der Operationsart und des Erregerspektrums aber mit 13,5% höher lag (84). Des Weiteren wurden das Hygienekonzept und das Wundmanagement stark umstrukturiert. Eine Begehung und Umstrukturierung der Station nach Empfehlungen der Hygieneabteilung der Klinik wurde vorgenommen. Schon in §23 des Infektionsschutzgesetzes wird die Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim RKI (KRINKO) angehalten, auf Basis von evidenzbasierten Untersuchungen umfassende Vorschläge zur Vorbeugung von im Krankenhaus erworbenen Infektionen zu geben. Diese sollen Aspekte räumlicher Gestaltung, aber auch organisatorische Abläufe im

Krankenhausalltag umfassen. Diese Vorschläge sollen laufend evaluiert und erneuert werden (30). Zudem wurde das Stationspersonal in regelmäßigen Fortbildungen im Hygieneverhalten intensiv geschult, denn die grundlegenden Hygienemaßnahmen sind die Voraussetzungen für eine niedrige Rate an postoperativen Infektionen. Regelmäßiges Erinnern an die fünf Indikationen der Händedesinfektion, sowie das ordnungsgemäße Tragen einer Schutzausrüstung, vor allem von Handschuhen und ein hygienegerechtes Behandeln von Wunden nach dem antiseptischen Prinzip sind zielführend. Auch an eine regelmäßige, gründlichen Oberflächendesinfektion sollte gedacht werden (12). Es wurden außerdem zwei speziell ausgebildete Gefäßassistentinnen eingestellt. Diese haben zuvor eine intensive spezialisierte Weiterbildung u.a. im Bereich der Wundversorgung durchlaufen. Wunden wurden ab 2015 von ihnen strukturiert nach einem Protokoll mit Bilddokumentation erfasst, behandelt und verbunden. Die Wundverbände wurden auch nicht mehr während der Visite durchgeführt, sondern separat nach der Arztvisite. Hierdurch konnte eine größere Sorgfalt erlangt und Hygieneregeln leitliniengerecht umgesetzt werden. Eine weitere Veränderung wurde bei der Vorbereitung direkt vor der Operation vorgenommen. Vor allen Interventionen wurde das Operationsfeld sorgfältig rasiert und dreifach desinfiziert. 2014 wurden anschließend mehrfach verwendbare sterilisierte Textiltücher und eine jodhaltig benetzte Folie zur Abdeckung des Operationsgebietes verwendet. Ab 2015 wurde auf Einmalpapiertücher und einer jodhaltig benetzten Folie gewechselt. Auch wurde 2014 die perioperative Antibiotikaphylaxe nach Ermessen des Operateurs verabreicht. Ab 2015 wurde eine leitliniengerechte Therapie durchgeführt. Durch die immer steigende Anzahl an Patienten mit multiresistenten Keimen wurde es als sinnvoll erachtet, ein MRSA Screening nicht nur nach den Empfehlungen des Robert-Koch-Institutes vorzunehmen, sondern jeden zu operierenden Patienten zu screenen. So konnte schon zeitnah leitliniengerecht gehandelt und die Patienten isoliert werden. Auch die prä- peri- und postoperative Antibiotikatherapie wurde nun, nicht mehr wie in den Jahren zuvor nach Ermessen des behandelnden Arztes, nach evidenzbasierten Leitlinien verabreicht. All diese Maßnahmen halfen, die Wundinfektionsrate signifikant zu senken. Die Wundinfektionsrate betrug im Jahr 2015 11,8%. Wie schon in Kapitel 3.5 dargestellt, zeigte sich auch in der Matched-pairs-Analyse eine Signifikanz der Senkung der postoperativen Infektionsrate ( $p$ : 0,038 Fisher's Exact Test). Dies ist eindeutig auf das Hygieneregime zurückzuführen, da sich die einzelnen Ko-Variablen des Patientenkollektivs in den Jahren nicht signifikant verän-

dert haben (s. Kapitel 3.2 Tabelle 3). Obwohl es von 2015 auf 2016 keine weiteren strukturellen Veränderungen gab, stieg die Zahl der Infektionen wieder, wenn auch nicht signifikant ( $p: 0,075$  Fisher's Exact Test). 2016 betrug die Infektionsrate 16,8%.

Ein möglicher Erklärungsansatz hierfür könnte sein, dass Menschen neue Regeln und Anordnungen am Anfang der Maßnahmen noch strikt befolgen, dann aber nachlässig werden, wenn Kontrolle und Konsequenzen fehlen. In einer Studie zur Untersuchung der Compliance bezüglich der Händedesinfektion wurden Daten aus einem französischen Krankenhaus mit 1819 Betten von 2006 mit 2007 verglichen. Hierbei wurde festgestellt, dass die Häufigkeit der Händedesinfektion nach einer Fortbildung Ende 2006 deutlich zunahm. Des Weiteren wurde beobachtet, dass die Rate der Desinfektionen bei Anwesenheit von Vorgesetzten deutlich höher ausfiel. So betrug die Rate an Desinfektionen ohne Anwesenheit von Vorgesetzten 44,9% und stieg auf 58%, wenn Vorgesetzte vor Ort waren (2). In einer prospektiven von Howard DP, Williams C, Sen S et al. wurde gezeigt, dass nach Einführen eines „clean practice protocol“ die Rate an Händedesinfektion signifikant von 28% auf 89% stieg. Checklisten scheinen also eine sinnvolle Maßnahme zum Erhalt des Hygienestandards zu sein. Denn auch die Anzahl des korrekten Handschuhgebrauches stieg signifikant von 2% auf 50% (12,15). Die steigende Wundinfektionsrate lässt sich nur mit der Vernachlässigung der im Jahr 2015 eingeführten Maßnahmen erklären.

## 4.5 Ausblick

In der für diese Arbeit durchgeführten Studie wurden neben einigen Risikofaktoren seitens des Patienten (z.B. präoperative Wunden) aber auch perioperative Faktoren (z.B. Hämoglobinwert), die eine Wundinfektion begünstigen oder aber auch minimieren kann aufgezeigt. Ein besonderes Augenmerk wurde aber auch auf das Hygieneregime und Veränderungen in Ablaufstrukturen auf der 2014 gemischt allgemein-chirurgischen und gefäßchirurgischen Station und ab 2015 als eigenständige gefäßchirurgische Station gelegt.

So wurde gezeigt, dass im Jahr nach Einführung der hygienischen Umstrukturierung eine signifikante Senkung der postoperativen Wundinfektion stattgefunden hat. Dies hielt jedoch nicht an und so stieg die Rate im darauffolgenden Jahr wieder an, auch wenn nicht so hoch wie im Ausgangsjahr, obwohl sich an den Kofaktoren kaum et-

was geändert hat. Daraus schließen wir, dass zu Beginn die hygienischen Maßnahmen strikt umgesetzt wurden und sich so ein Erfolg eingestellt hat. Nach einem bestimmten Zeitraum waren die neuen Maßnahmen aber Routine und wurden anscheinend nicht mehr streng beachtet und somit vernachlässigt, sodass die Zahl der Infektionen wieder anstieg. Um langfristig den Erfolg von 2014 auf 2015 zu wahren, muss also in regelmäßigen Abständen eine Fortbildung zur Erinnerung und Verinnerlichung der Maßnahmen stattfinden. Diese müssen jedoch auch immer wieder kontrolliert werden, um den hohen Qualitätsstandard zu gewährleisten. Nur so kann bei Zunahme von immer risikobehafteteren Operationen und Patientenkollektiv eine geringe Zahl an postoperativen Komplikationen garantiert werden.

## 5 Zusammenfassung

Die postoperative Wundinfektion stellt heutzutage die häufigste nosokomiale Infektion dar. 2016 waren 25% aller im Krankenhaus erworbenen Infektionen postoperative Wundinfektionen (11). Dies ist nicht nur für die Patienten und das Krankenhauspersonal eine körperliche- und psychische Belastung, sondern stellt auch ein finanzielles Problem für das Gesundheitswesen dar. So belaufen sich die Mehrkosten bei einer Infektion auf ca. 14.000 Euro. Vor diesem Hintergrund beschäftigt sich diese Arbeit mit den Risikofaktoren, sowohl beeinflussbare als auch nicht beeinflussbare, einer Wundinfektion und mit hygienischen Maßnahmen und deren Beständigkeit.

Vom 01.01.2014-31.12.2016 wurde hierzu eine Beobachtungsstudie auf der gefäßchirurgischen Station der Universitätsklinik Magdeburg durchgeführt. Patienten wurden in die Studie eingeschlossen, wenn sie sich einer Operation unterzogen, die im OP-KISS Modul enthalten war. Zunächst wurden N= 449 Patienten eingeschlossen. Ausgeschlossen wurden anschließend Patienten mit fehlendem 30-Tage follow-up oder fehlender Zustimmung. Bei Patienten, die mehrfach in diesem Zeitraum operiert wurden, wurde nur die erste Operation ausgewertet. Letztendlich betrug die Teilnehmerzahl N= 353.

Im Beobachtungszeitraum fanden von 2014 auf 2015 sowohl wichtige strukturelle als auch organisatorische Umstrukturierungen als Reaktion auf die deutlich höheren Infektionsraten im Vergleich zu anderen Kliniken, die am OP- KISS Modul teilgenommen haben, statt. So wurden gefäßchirurgische Patienten von viszeralchirurgischen

Patienten separiert. Zudem wurde das Personal strukturiert im Rahmen von Weiterbildungen geschult und es wurden zudem zwei speziell ausgebildete Gefäßassistentinnen eingestellt, die die Wunddokumentation und -versorgung übernahmen. Auch die Antibiotikaphylaxe wurde umgestellt. 2014 wurden Antibiotika nach Belieben des Operateurs verabreicht, wohingegen ab 2015 wurde eine leitliniengerechte und evidenzbasierte Therapie eingeführt. Auch ein obligatorisches MRSA- und VRE-Screening war ab 2015 Pflicht.

Im beobachteten Zeitraum hatten von den N=353 Patienten N=62 eine postoperative Wundinfektion (2014= 30; 2015=13; 2016= 19). Dies entsprach einem signifikanten Abfall der Infektionsrate von 2014 auf 2015 um 56,67% ( $p:0,028$ ). Diese sinkende Tendenz hielt aber nicht weiter an. Von 2015 auf 2016 stieg die Zahl der Infektionen wieder von 13 Infizierten auf 19. Dies war aber zumindest keine signifikante Steigung ( $p: 0,073$ ). Mit Hilfen einer binären logistischen Regression wurde analysiert, welche Faktoren einen Einfluss auf die Wundinfektion hatten. Hier stellte sich heraus, dass ein Gstarzt ( $p:0,025$ ), ein niedriger Hb-Wert vor der Operation ( $p<0,001$ ), eine Antibiotikaphylaxe ( $p:0,049$ ) und autologes Implantat Material ( $p:0,038$ ) mit einer niedrigeren Wundinfektionsrate gekoppelt sind, wohingegen ein hoher BMI mit einem höheren Risiko einer postoperativen Infektion verbunden ist ( $p:0,023$ ). Die Matched-pairs-Analyse zur Minimierung eines confounding bias ergab ein gutes Matching. Auch hier konnte eine signifikante Reduzierung der postoperativen Wundinfektionsrate gezeigt werden ( $p: 0,043$  Fisher's Exact Test).

In der vorliegenden Arbeit wurde gezeigt, dass eine Wundinfektion das Resultat einer Reihe von Faktoren ist. Diese sind nicht nur mit den Komorbiditäten des Patienten assoziiert, sondern hauptsächlich auch stark abhängig vom Hygienestandard des Klinikums. Hygienemaßnahmen müssen somit regelmäßig kontrolliert und den Leitlinien angepasst werden und auch das Krankenhauspersonal muss in regelmäßigen Abständen geschult werden. Auch ist hier eine regelmäßige Qualitätskontrolle notwendig, um die Umsetzung der Maßnahmen zu gewährleisten.

## Literaturverzeichnis

1. Schulze-Röbbecke R. Postoperative Wundinfektionen: Über Miasmen, Luftkeime und andere Risikofaktoren [Surgical site infections: of miasma, airborne threats and other risk factors]. *Anaesthesist*. 2016;65(5):325–7. ger. doi:10.1007/s00101-016-0174-3 Cited in: PubMed; PMID 27146284.
2. Best M. Ignaz Semmelweis and the birth of infection control. *Quality and Safety in Health Care*. 2004;13(3):233–4. doi:10.1136/qshc.2004.010918
3. Pittet D, Boyce JM. Hand hygiene and patient care: pursuing the Semmelweis legacy. *The Lancet Infectious Diseases*. 2001;19–20. doi:10.1016/S1473-3099(09)70295-6
4. Daniels IR. Historical perspectives on health Semmelweis: a lesson to relearn? *Royal Society for the Promotion of Health*. 1998;(118.6):367–70.
5. Larson E. Innovations in health care: antisepsis as a case study. *Am J Public Health*. 1989;79(1):92–9. doi:10.2105/AJPH.79.1.92 Cited in: PubMed; PMID 2642372.
6. Fox NJ. Scientific theory choice and social structure: the case of Joseph Lister's antisepsis, humoral theory and asepsis. *Hist Sci*. 1988;26(74 pt 4):367–97. doi:10.1177/007327538802600402 Cited in: PubMed; PMID 11621887.
7. Flesch I. Hygiene im Operationssaal. *Trauma Berufskrankh*. 2014;16(S3):274–6. doi:10.1007/s10039-014-2058-6
8. Definitionen nosokomialer Infektionen für die Surveillance im Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS-Definitionen). Berlin: Robert Koch-Institut; 2017.p.8-9.
9. Definitionen nosokomialer Infektionen für die Surveillance im Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS-Definitionen). Berlin: Robert Koch-Institut; 2017.p 5-6.
10. Malone DL, Genuit T, Tracy JK, Gannon C, Napolitano LM. Surgical site infections: reanalysis of risk factors. *J Surg Res*. 2002;103(1):89–95. doi:10.1006/jsre.2001.6343 Cited in: PubMed; PMID 11855922.
11. Prävention postoperativer Wundinfektionen: Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) beim Robert Koch-Institut. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2018;61(4):448–73. ger. doi:10.1007/s00103-018-2706-2 Cited in: PubMed; PMID 29589090.
12. Kramer A, Bartels C, Hoffmann R, Ansorg J. Verantwortung hygienebeauftragter Ärzte für die Prävention nosokomialer Infektionen. *Trauma Berufskrankh*. 2016;18(S3):214–21. doi:10.1007/s10039-015-0068-7
13. Geffers C, Gastmeier P, Rüden H, editors. Nosokomiale Infektionen. Berlin: Robert Koch-Inst; 2002. p. 7(Gesundheitsberichterstattung des Bundes; vol. 8). ger.doi: 10.25646/3082

14. Engelke K, Oldhafer KJ. Prävention postoperativer Wundinfektionen [Prevention of postoperative wound infections]. *Chirurg*. 2010;81(6):577-85; quiz 585-6. ger. doi:10.1007/s00104-009-1860-3 Cited in: PubMed; PMID 20502850.
15. Oldhafer K, Hübner N-O, Leppin L, Kramer A. Lehrfilm „Prävention postoperativer Wundinfektionen“ – ein Beitrag zur Qualitätssicherung des prä-, intra- und postoperativen Hygienemanagements GMS Krankenhaushygiene Interdisziplinär; 4(2):Doc03; ISSN 1863-5245 / GMS Krankenhaushygiene Interdisziplinär; 4(2):Doc03; ISSN 1863-5245. 2009. de. doi:10.3205/dgkh000128
16. Magana M, Sereti C, Ioannidis A, Mitchell CA, Ball AR, Magiorkinis E, Chatzipanagiotou S, Hamblin MR, Hadjifrangiskou M, Tegos GP. Options and Limitations in Clinical Investigation of Bacterial Biofilms. *Clin Microbiol Rev*. 2018;31(3). doi:10.1128/CMR.00084-16 Cited in: PubMed; PMID 29618576.
17. Knobloch JK-M, Osten H v., Horstkotte MA, Rohde H, Mack D. Minimal attachment killing (MAK): a versatile method for susceptibility testing of attached biofilm-positive and -negative *Staphylococcus epidermidis*. *Med Microbiol Immunol*. 2002;191(2):107–14. doi:10.1007/s00430-002-0125-2 Cited in: PubMed; PMID 12410350.
18. Koseki H, Yonekura A, Shida T, Yoda I, Horiuchi H, Morinaga Y, Yanagihara K, Sakoda H, Osaki M, Tomita M. Early staphylococcal biofilm formation on solid orthopaedic implant materials: in vitro study. *PLoS One*. 2014;9(10):e107588. doi:10.1371/journal.pone.0107588 Cited in: PubMed; PMID 25299658.
19. Krause J, Geginat G, Tammer I. Prostaglandin E2 from *Candida albicans* Stimulates the Growth of *Staphylococcus aureus* in Mixed Biofilms. *PLoS One*. 2015;10(8):e0135404. doi:10.1371/journal.pone.0135404 Cited in: PubMed; PMID 26262843.
20. Gastmeier P, Brunkhorst F, Schrappe M, Kern W, Geffers C. Wie viele nosokomiale Infektionen sind vermeidbar? [How many nosocomial infections are avoidable?]. *Dtsch Med Wochenschr*. 2010;135(3):91–3. ger. doi:10.1055/s-0029-1244823 Cited in: PubMed; PMID 20077383.
21. Trampuz A, Widmer AF. Infections associated with orthopedic implants. *Curr Opin Infect Dis*. 2006;19(4):349–56. doi:10.1097/01.qco.0000235161.85925.e8 Cited in: PubMed; PMID 16804382.
22. Deutsche nationale Punkt-Prävalenzerhebung zu nosokomialen Infektionen und Antibiotika-Anwendung 2016 Abschlussbericht; 2016. [Internet]. [cited 2021 Jan 10]. Available from: [https://www.nrz-hygiene.de/fileadmin/nrz/download/pps2016/PPS\\_2016\\_Abschlussbericht\\_20.07.2017.pdf](https://www.nrz-hygiene.de/fileadmin/nrz/download/pps2016/PPS_2016_Abschlussbericht_20.07.2017.pdf)
23. Fariñas MC, Campo A, Duran R, Sarralde JA, Nistal JF, Gutiérrez-Díez JF, Fariñas-Álvarez C. Risk factors and outcomes for nosocomial infection after prosthetic vascular grafts. *J Vasc Surg*. 2017;66(5):1417–26. doi:10.1016/j.jvs.2017.06.078 Cited in: PubMed; PMID 28823865.
24. Takesue Y, Watanabe A, Hanaki H, Kusachi S, Matsumoto T, Iwamoto A, Totsuka K, Sunakawa K, Yagisawa M, Sato J, Oguri T, Nakanishi K, Sumiyama Y, Kitagawa Y, Wakabayashi G, Koyama I, Yanaga K, Konishi T, Fukushima R, Seki S, Imai S, Shintani T, Tsukada H, Tsukada K, Omura K, Mikamo H, Takeyama H,

- Kusunoki M, Kubo S, Shimizu J, Hirai T, Ohge H, Kadowaki A, Okamoto K, Yanagihara K. Nationwide surveillance of antimicrobial susceptibility patterns of pathogens isolated from surgical site infections (SSI) in Japan. *J Infect Chemother.* 2012;18(6):816–26. doi:10.1007/s10156-012-0509-1 Cited in: PubMed; PMID 23143280.
25. Takesue Y, Kusachi S, Mikamo H, Sato J, Watanabe A, Kiyota H, Iwata S, Kaku M, Hanaki H, Sumiyama Y, Kitagawa Y, Mizuguchi T, Ambo Y, Konosu M, Ishibashi K, Matsuda A, Hase K, Harihara Y, Okabayashi K, Seki S, Hara T, Matsui K, Matsuo Y, Kobayashi M, Kubo S, Uchiyama K, Shimizu J, Kawabata R, Ohge H, Akagi S, Oka M, Wakatsuki T, Suzuki K, Okamoto K, Yanagihara K. Antimicrobial susceptibility of pathogens isolated from surgical site infections in Japan: Comparison of data from nationwide surveillance studies conducted in 2010 and 2014-2015. *J Infect Chemother.* 2017;23(6):339–48. doi:10.1016/j.jiac.2017.03.010 Cited in: PubMed; PMID 28391954.
26. Song K-H, Kim ES, Kim YK, Jin HY, Jeong SY, Kwak YG, Cho YK, Sung J, Lee Y-S, Oh H-B, Kim TK, Koo K-H, Kim E-C, Kim JM, Choi TY, Kim HY, Choi HJ, Kim HB. Differences in the risk factors for surgical site infection between total hip arthroplasty and total knee arthroplasty in the Korean Nosocomial Infections Surveillance System (KONIS). *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2012;33(11):1086–93. doi:10.1086/668020 Cited in: PubMed; PMID 23041805.
27. Daschner F, Dettenkofer M, Frank U, Scherrer M, editors. *Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz.* Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag; 2006.3.Auflage.p.63.doi: 10.1007/3-540-34525-6
28. Daley J, Khuri SF, Henderson W, Hur K, Gibbs JO, Barbour G, Demakis J, Irvin G, Stremple JF, Grover F, McDonald G, Passaro E, Fabri PJ, Spencer J, Hammermeister K, Aust JB, Oprian C. Risk adjustment of the postoperative morbidity rate for the comparative assessment of the quality of surgical care: results of the National Veterans Affairs Surgical Risk Study. *J Am Coll Surg.* 1997;185(4):328–40. Cited in: PubMed; PMID 9328381.
29. Nakamura T, Mitomi H, Ihara A, Onozato W, Sato T, Ozawa H, Hatade K, Watanabe M. Risk factors for wound infection after surgery for colorectal cancer. *World J Surg.* 2008;32(6):1138–41. doi:10.1007/s00268-008-9528-6 Cited in: PubMed; PMID 18404288.
30. Mielke M, Hansis M. „Prävention postoperativer Wundinfektionen“: Aktualisierte Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention (KRINKO) [“Prevention of Surgical Site Infections”: Current recommendation of the German Commission of Hospital Hygiene and Infection Prevention]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2018;61(4):371–3. ger. doi:10.1007/s00103-018-2721-3 Cited in: PubMed; PMID 29536112.
31. Astagneau P, Rioux C, Golliot F, Brücker G. Morbidity and mortality associated with surgical site infections: results from the 1997-1999 INCISO surveillance. *J Hosp Infect.* 2001;48(4):267–74. doi:10.1053/jhin.2001.1003 Cited in: PubMed; PMID 11461127.
32. Pull ter Gunne AF, Cohen DB. Incidence, prevalence, and analysis of risk factors for surgical site infection following adult spinal surgery. *Spine.*

2009;34(13):1422–8. doi:10.1097/BRS.0b013e3181a03013 Cited in: PubMed; PMID 19478664.

33. Geffers C, Gastmeier P, Rüden H, editors. Nosokomiale Infektionen. Berlin: Robert Koch-Inst; 2002. p. 7-8(Gesundheitsberichterstattung des Bundes; vol. 8). ger.doi: 10.25646/3082

34. Hawn MT, Richman JS, Vick CC, Deierhoi RJ, Graham LA, Henderson WG, Itani KMF. Timing of surgical antibiotic prophylaxis and the risk of surgical site infection. *JAMA Surg.* 2013;148(7):649–57. doi:10.1001/jamasurg.2013.134 Cited in: PubMed; PMID 23552769.

35. Dyckhoff G. Totale Laryngektomie: Wundinfektionen sind bei Diabetespatienten häufiger. *Laryngorhinootologie.* 2018;97(5):301–2. ger. doi:10.1055/s-0043-121849 Cited in: PubMed; PMID 29719887.

36. RKI. Übergewicht und Adipositas bei Erwachsenen in Deutschland; 2017. de.doi: 10.17886/RKI-GBE-2017-025

37. Hijas-Gómez AI, Egea-Gámez RM, Martínez-Martín J, González-Díaz R, Losada-Viñas JI, Rodríguez-Caravaca G. Surgical Wound Infection Rates and Risk Factors in Spinal Fusion in a University Teaching Hospital in Madrid, Spain. *Spine.* 2017;42(10):748–54. doi:10.1097/brs.0000000000001916 Cited in: PubMed; PMID 27879565.

38. Bublak R. Rauchen verdoppelt Risiko für tiefe Wundinfektionen. *Orthop. Rheuma.* 2015;18(6):9. doi:10.1007/s15002-015-0771-6

39. Hachenberg T, Sentürk M, Jannasch O, Lippert H. Postoperative Wundinfektionen. Pathophysiologie, Risikofaktoren und präventive Konzepte [Postoperative wound infections. Pathophysiology, risk factors and preventive concepts]. *Anaesthesist.* 2010;59(9):851-66; quiz 867-8. ger. doi:10.1007/s00101-010-1789-4 Cited in: PubMed; PMID 20830460.

40. Gastmeier P, Brandt C, Sohr D, Babikir R, Mlageni D, Daschner F, Rüden H. Postoperative Wundinfektionen nach stationären und ambulanten Operationen Ergebnisse aus dem Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System (KISS) [Surgical site infections in hospitals and outpatient settings. Results of the German nosocomial infection surveillance system (KISS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz.* 2004;47(4):339–44. ger. doi:10.1007/s00103-004-0805-8 Cited in: PubMed; PMID 15205776.

41. Brandt C, Sohr D, Behnke M, Daschner F, Rüden H, Gastmeier P. Reduction of surgical site infection rates associated with active surveillance. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2006;27(12):1347–51. doi:10.1086/509843 Cited in: PubMed; PMID 17152033.

42. Schulz, Tannen. Pathogenese und Ätiologie chronischer Wunden im Alter. In: Balzer K, Eckardt-Felmberg R, Tannen A, Kuhlmeier A, Renteln-Kruse Wv, editors. *Chronische Wunden im Alter: de Gruyter;* 2018. p. 5. doi: 10.1515/9783110501803-002

43. van Kasteren MEE, Manniën J, Ott A, Kullberg B-J, Boer AS de, Gyssens IC. Antibiotic prophylaxis and the risk of surgical site infections following total hip

- arthroplasty: timely administration is the most important factor. *Clin Infect Dis*. 2007;44(7):921–7. doi:10.1086/512192 Cited in: PubMed; PMID 17342642.
44. Maier S, Eckmann C, Kramer A. Perioperative Antibiotikaprophylaxe: ein Update. *Krankenh.hyg. up2date*. 2015;10(02):1. doi:10.1055/s-0034-1392967
45. Agodi A, Quattrocchi A, Barchitta M, Adornetto V, Cocuzza A, Latino R, Li Destri G, Di Cataldo A. Risk of surgical site infection in older patients in a cohort survey: targets for quality improvement in antibiotic prophylaxis. *Int Surg*. 2015;100(3):473–9. doi:10.9738/INTSURG-D-14-00042.1 Cited in: PubMed; PMID 25785330.
46. Frank U. Kosten nosokomialer Infektionen. In: Daschner F, Dettenkofer M, Frank U, Scherrer M, editors. *Praktische Krankenhaushygiene und Umweltschutz*. Berlin/Heidelberg: Springer-Verlag; 2006. p. 298–304. (vol. 42).
47. Lawall, Huppert, Rümenapf. S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der periphere arteriellen Verschlusskrankheit [Internet]. 2015 [cited 2021 Jan 7]. Available from: [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/065-003I\\_S3\\_PAVK\\_periphere\\_arterielle\\_Verschlusskrankheit\\_2020-05.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/065-003I_S3_PAVK_periphere_arterielle_Verschlusskrankheit_2020-05.pdf)
48. Shanmugasundaram M, Ram VK, Luft UC, Szerlip M, Alpert JS. Peripheral Arterial Disease-What Do We Need to Know? *Clin Cardiol*. 2011;34(8):478–82. doi:10.1002/clc.20925
49. Diehm, Trampisch. Definition und Epidemiologie. *Vasa*. 2009;38(Supplement 75):9–12. doi:10.1024/0301-1526.38.S75.9
50. Espinola-Klein C. Periphere arterielle Verschlusskrankheit. *Internist (Berl)*. 2011;52(5):549–61. doi:10.1007/s00108-011-2814-7
51. Tendera M, Aboyans V, Bartelink M-L, Baumgartner I, Clément D, Collet J-P, Cremonesi A, Carlo M de, Erbel R, Fowkes FGR, Heras M, Kownator S, Minar E, Ostergren J, Poldermans D, Riambau V, Roffi M, Röther J, Sievert H, van Sambeek M, Zeller T. ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of peripheral artery diseases: Document covering atherosclerotic disease of extracranial carotid and vertebral, mesenteric, renal, upper and lower extremity arteries: the Task Force on the Diagnosis and Treatment of Peripheral Artery Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2011;28:1–906. doi:10.1093/eurheartj/ehr211. Cited in: PubMed; PMID 21873417.
52. Wolf GL, Wilson SE, Cross AP, Deupree RH, Stason WB. Surgery or Balloon Angioplasty for Peripheral Vascular Disease: A Randomized Clinical Trial. *Journal of Vascular and Interventional Radiology*. 1993;4(5):639–48. doi:10.1016/s1051-0443(93)71939-9
53. Friedell ML, Stark KR, Kujath SW, Carter RR. Current status of lower-extremity revascularization. *Curr Probl Surg*. 2014;254–90. doi:10.1067/j.cpsurg.2014.02.005 Cited in: PubMed; PMID 24863077.
54. Ambler GK, Twine CP. Graft type for femoro-popliteal bypass surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;2CD001487. doi:10.1002/14651858.CD001487.pub3 Cited in: PubMed; PMID 29429146.

55. Twine CP, McLain AD. Graft type for femoro-popliteal bypass surgery. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010;CD001487. doi:10.1002/14651858.CD001487.pub2 Cited in: PubMed; PMID 20464717.
56. Dr. H. Lawall, Prof. Dr. P. Huppert, Prof Dr.G. Rümenapf. S3-LEITLINIE ZUR DIAGNOSTIK, THERAPIE UND NACHSORGE DER PERIPHEREN ARTERIELLEN VERSCHLUSSKRANKHEIT [Internet]. 2015 [cited 2021 Aug 16]. Available from: [https://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/065-003l\\_S3\\_PAVK\\_periphere\\_arterielle\\_Verschluesskrankheit\\_2020-05.pdf](https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/065-003l_S3_PAVK_periphere_arterielle_Verschluesskrankheit_2020-05.pdf)
57. NRZ für Surveillance von nosokomialen Infektionen. Beschreibung der Indikator-OP-Arten: Arterielle Rekonstruktion - untere Extremität [Internet]. 2015 [cited 2021 Mar 28]. Available from: [https://www.nrz-hygiene.de/fileadmin/nrz/module/op/indikator/2015\\_GC\\_EXT\\_2.pdf](https://www.nrz-hygiene.de/fileadmin/nrz/module/op/indikator/2015_GC_EXT_2.pdf)
58. Ho DE, Imai K, King G, Stuart EA. MatchIt: Nonparametric Preprocessing for Parametric Causal Inference. *J. Stat. Soft.* 2011;42(8). doi:10.18637/jss.v042.i08
59. R Core Team. A language and environment for R: A language and environment for statistical computing [Internet]. 2021 [cited 2021 Jan 3]. Available from: <https://www.R-project.org/>
60. Arie S. Revision of Helsinki declaration aims to prevent exploitation of study participants. *BMJ.* 2013;347f6401. doi:10.1136/bmj.f6401 Cited in: PubMed; PMID 24150682.
61. Elm E v., Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) statement: guidelines for reporting observational studies. *Ann Intern Med.* 2007;147(8):573–7. doi:10.7326/0003-4819-147-8-200710160-00010 Cited in: PubMed; PMID 17938396.
62. Lawall H, Huppert P, Espinola-Klein C, Rümenapf G. The Diagnosis and Treatment of Peripheral Arterial Vascular Disease. *Dtsch Arztebl Int.* 2016;113(43):729–36. doi:10.3238/arztebl.2016.0729 Cited in: PubMed; PMID 27866570.
63. Vogel TR, Dombrovskiy VY, Carson JL, Haser PB, Lowry SF, Graham AM. Infectious complications after elective vascular surgical procedures. *J Vasc Surg.* 2010;51(1):122-9; discussion 129-30. doi:10.1016/j.jvs.2009.08.006 Cited in: PubMed; PMID 19954920.
64. McGarry SA, Engemann JJ, Schmader K, Sexton DJ, Kaye KS. Surgical-site infection due to *Staphylococcus aureus* among elderly patients: mortality, duration of hospitalization, and cost. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2004;25(6):461–7. doi:10.1086/502422 Cited in: PubMed; PMID 15242192.
65. Willy C, Trampuz A. Antiinfektiöse Strategien in der Unfallchirurgie Teil 1 [Anti-infective strategies in trauma surgery Part 1]. *Unfallchirurg.* 2017;120(6):452–3. ger. doi:10.1007/s00113-017-0368-4 Cited in: PubMed; PMID 28577251.
66. Geffers C. Postoperative Wundinfektionen [Internet]. 2011 [cited 2021 Jan 26]. Available from: <http://www.krankenhausinfektionen.info/download/geffers-postop-wundinfallg-100803-stand-210311>

67. Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen. KISS Krankenhaus-Infektions-Surveillance-System- Modul OP-KISS Referenzdaten Berechnungszeitraum: Januar 2010 bis Dezember 2014 [Internet]. 2015 [cited 2021 Jan 10]. Available from: [https://www.nrz-hygiene.de/fileadmin/nrz/module/op/Referenzdaten\\_2010-2014](https://www.nrz-hygiene.de/fileadmin/nrz/module/op/Referenzdaten_2010-2014)
68. Tiemann M, Mohokum M. Prävention und Gesundheitsförderung. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2021.p.842.doi: 10.1007/978-3-662-62426-5
69. Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes Care*. 2004;27(5):1047–53. doi:10.2337/diacare.27.5.1047 Cited in: PubMed; PMID 15111519.
70. Narayan KMV, Boyle JP, Thompson TJ, Sorensen SW, Williamson DF. Lifetime risk for diabetes mellitus in the United States. *JAMA*. 2003;290(14):1884–90. doi:10.1001/jama.290.14.1884 Cited in: PubMed; PMID 14532317.
71. Robert Koch-Institut. 12-Monats-Prävalenz des bekannten Diabetes mellitus in Deutschland; 2017. ger.doi: 10.17886/RKI-GBE-2017-008
72. Diener H, Larena-Avellaneda A, Debus ES. Postoperative Komplikationen in der Gefäßchirurgie [Postoperative complications in vascular surgery]. *Chirurg*. 2009;80(9):814–26. ger. doi:10.1007/s00104-009-1692-1 Cited in: PubMed; PMID 19693475.
73. Cheng H, Chen BP-H, Soleas IM, Ferko NC, Cameron CG, Hinoul P. Prolonged Operative Duration Increases Risk of Surgical Site Infections: A Systematic Review. *Surg Infect (Larchmt)*. 2017;18(6):722–35. doi:10.1089/sur.2017.089 Cited in: PubMed; PMID 28832271.
74. Kramer A, Gröschel D, Heeg P, Hingst V, Lippert H, Rotter M, Weuffen W, editors. *Klinische Antiseptik*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1993. ger.doi: 10.1007/978-3-642-77715-8
75. Muñoz P, Hortal J, Giannella M, Barrio JM, Rodríguez-Créixems M, Pérez MJ, Rincón C, Bouza E. Nasal carriage of *S. aureus* increases the risk of surgical site infection after major heart surgery. *J Hosp Infect*. 2008;68(1):25–31. doi:10.1016/j.jhin.2007.08.010 Cited in: PubMed; PMID 17945393.
76. Geiss HK. Perioperative Antibiotikaprophylaxe aus mikrobiologischer Sicht. In: *Klinik und Forschung in der Chirurgie unter dem Aspekt von Effizienz und Ökonomie*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 1997. p. 1019–21. (vol. 326).
77. Ho VP, Barie PS, Stein SL, Trencheva K, Milsom JW, Lee SW, Sonoda T. Antibiotic regimen and the timing of prophylaxis are important for reducing surgical site infection after elective abdominal colorectal surgery. *Surg Infect (Larchmt)*. 2011;12(4):255–60. doi:10.1089/sur.2010.073 Cited in: PubMed; PMID 21790479.
78. Yerdel MA, Akin EB, Dolalan S, Turkcapar AG, Pehlivan M, Gecim IE, Kuterdem E. Effect of single-dose prophylactic ampicillin and sulbactam on wound infection after tension-free inguinal hernia repair with polypropylene mesh: the randomized, double-blind, prospective trial. *Ann Surg*. 2001;233(1):26–33. doi:10.1097/00000658-200101000-00005 Cited in: PubMed; PMID 11141221.

79. Arenbergerova M, Engels P, Gkalpakiotis S, Dubská Z, Arenberger P. Einfluss von topischem Hämoglobin auf die Heilung von Patienten mit Ulcus cruris venosum [Topical hemoglobin promotes wound healing of patients with venous leg ulcers]. *Hautarzt*. 2013;64(3):180–6. ger. doi:10.1007/s00105-012-2528-3 Cited in: PubMed; PMID 23354657.
80. WHO. Body-Mass-Index - BMI [Internet]. 2022 [cited 2022 Mar 31]. Available from: [https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi?source=post\\_page-----](https://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi?source=post_page-----)
81. WHO. Obesity and overweight [Internet]. 2020 [cited 2021 Feb 14]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight>
82. Wick EC, Hirose K, Shore AD, Clark JM, Gearhart SL, Efron J, Makary MA. Surgical site infections and cost in obese patients undergoing colorectal surgery. *Arch Surg*. 2011;146(9):1068–72. doi:10.1001/archsurg.2011.117 Cited in: PubMed; PMID 21576597.
83. Toma O, Suntrup P, Stefanescu A, London A, Mutch M, Kharasch E. Pharmacokinetics and tissue penetration of cefoxitin in obesity: implications for risk of surgical site infection. *Anesth Analg*. 2011;113(4):730–7. doi:10.1213/ANE.0b013e31821fff74 Cited in: PubMed; PMID 21642605.
84. Lübbecke A, Moons KGM, Garavaglia G, Hoffmeyer P. Outcomes of obese and nonobese patients undergoing revision total hip arthroplasty. *Arthritis Rheum*. 2008;59(5):738–45. doi:10.1002/art.23562 Cited in: PubMed; PMID 18438918.
85. Nationales Referenzzentrum für Surveillance von nosokomialen Infektionen. Modul OP-KISS Referenzdaten: Berechnungszeitraum: Januar 2012 bis Dezember 2016 [Internet]. 2017 [cited 2020 Dec 10]. Available from: [https://www.nrz-hygiene.de/fileadmin/nrz/module/op/201201\\_201612\\_OPRef.pdf](https://www.nrz-hygiene.de/fileadmin/nrz/module/op/201201_201612_OPRef.pdf)
86. Kramer A. Hygiene am Operationstisch. *Trauma Berufskrankh*. 2012;14(S2):105–9. doi:10.1007/s10039-011-1783-3

## Danksagung

Ich möchte mich an dieser Stelle bei all den Menschen bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben und mir in dieser Zeit tatkräftig geholfen und mir immer wieder Mut zugesprochen haben.

Besonders möchte ich mich bei meinem Betreuer PD Dr. Andrej Udelnow bedanken, der mir diese Arbeit überhaupt erst ermöglicht hat. Ein Dank geht auch an Christoph Herold, der mich in diese Doktorarbeit geführt hat und mit dem ich die Daten teilen durfte.

Auch der Klinik für Hygiene der Universitätsklinik Magdeburg möchte ich danken, die mir bereitwillig immer wieder Fragen beantwortet haben.

Ein weiterer Dank geht an meinen Bruder, der einfach immer an seine große Schwester glaubt und an meinen wundervollen Ehemann, der mich immer wieder motiviert und an mich geglaubt hat, wenn die Motivation auf dem Tiefpunkt war.

Aber der größte Dank geht an meine geliebte Mutter, durch die ich überhaupt erst Medizin studieren konnte und die mir immer gezeigt hat, was es heißt, stark zu sein, immer wieder aufzustehen und sein Ziel im Auge zu behalten. – Con căm ƠN má.

## Ehrenerklärung

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

„Analyse der postoperativen Infektionen nach arteriellen Rekonstruktionen der unteren Extremitäten“

in der Abteilung Gefäßchirurgie der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Transplantationschirurgie der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg mit Unterstützung durch Herrn Priv.-Doz. Dr. med. habil. A. Udelnow ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Braunschweig, 22.01.2022

Thi To Nga Vo-Schwarz

## Lebenslauf

### Zur Person

---

Name	Thi To Nga Vo-Schwarz
Geburtsdatum	22.01.1992
Geburtsort	Dannenberg (Elbe)
Familienstand	verheiratet

### Schulbildung

---

1998 - 2002	Grundschule Lüchow
2002 - 2004	Orientierungsstufe Lüchow
2004 – 2011	Gymnasium Lüchow – Abitur:1,7

### Hochschulbildung

---

10.2014 - 12.2020	Medizinstudium an der OvGU Magdeburg
31.11.2020	Approbation als Ärztin
2017 – 2021	Dissertation in der Gefäßchirurgie der Universitätsklinik Magdeburg:  Analyse der postoperativen Infektionen nach arterieller Rekonstruktion der unteren Extremitäten

### Famulaturen

---

02.2017-03.2017	Famulatur in der Allgemeinchirurgie Universitätsklinik Magdeburg
-----------------	--

07.2017-08.2017	Famulatur in der Allgemeinmedizinische Praxis Pralle (Lüchow)
02.2018-03.2018	Famulatur in der Unfallchirurgie Universitätsklinik Magdeburg
07.2018-09.2018	Famulatur in der Anästhesie/Radiologie Universitätsklinik Magdeburg

#### Praktisches Jahr

---

11.2019 - 03.2020	Praktisches Jahr in der Inneren (Endokrinologie/ Gastroenterologie) Universitätsklinik Magdeburg
03.2020 - 06.2020	Praktisches Jahr in der Chirurgie (Unfallchirurgie/ Allgemein Chirurgie) Universitätsklinik Magdeburg
06.2020 -10.2020	Praktisches Jahr in der Hals-Nasen-Ohren Klinik Universitätsklinik Magdeburg

#### Beruflicher Werdegang

---

Ab 02.2021	Assistenzärztin in Weiterbildung zur Allgemeinmedizinerin im Klinikum Braunschweig
------------	--

Braunschweig, den 22.01.2022

Thi To Nga Vo-Schwarz