

Stationäre Versorgung von PatientInnen mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit im letzten Jahrzehnt – Trends in der interventionellen und chirurgischen Versorgung sowie Einfluss demographischer Variablen und Komorbiditäten auf den stationären Verlauf.

Magnus Helmer

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Helmer, Magnus. 2025. "Stationäre Versorgung von PatientInnen mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit im letzten Jahrzehnt – Trends in der interventionellen und chirurgischen Versorgung sowie Einfluss demographischer Variablen und Komorbiditäten auf den stationären Verlauf." Augsburg: Universität Augsburg.

Nutzungsbedingungen / Terms of use:

licgercopyright

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:

Deutsches Urheberrecht

Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:

<https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publiz/>



Aus der Klinik für Diagnostische und Interventionelle Radiologie
des Universitätsklinikums Augsburg

**Stationäre Versorgung von PatientInnen mit
peripherer arterieller Verschlusskrankheit im
letzten Jahrzehnt – Trends in der
interventionellen und chirurgischen
Versorgung sowie Einfluss
demographischer Variablen und
Komorbiditäten auf den stationären Verlauf**

Kumulative Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med.

eingereicht an der

Medizinischen Fakultät der Universität Augsburg

von

Magnus Helmer

Augsburg, 24.10.2024



Eidesstattliche Versicherung und Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass die vorliegende Dissertation von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt wurde. Zudem wurden keine anderen als die angegebenen Quellen verwendet. Außerdem versichere ich, dass die Dissertation keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt wurde und ich mich nicht anderweitig einer Doktorprüfung ohne Erfolg unterzogen habe.

Statutory declaration and statement

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources. As well I declare that I have not submitted a dissertation without success and not passed the oral exam. The present dissertation (neither the entire dissertation nor parts) has not been presented to another examination board.

Dissertation eingereicht am: 24.10.2024

Erstgutachter (Hauptbetreuer): Prof. Dr. Thomas Kröncke

Zweitgutachter: Prof. Dr. Matthias May

Tag der mündlichen Prüfung: 22.07.2025

Inhaltsverzeichnis

1.	Abkürzungsverzeichnis.....	4
2.	Publikationsliste	4
3.	Erklärung zum Eigenanteil.....	5
4.	Einleitung und Methodik	6
	<i>Die beiden Publikationen im Kontext der aktuellen Datenlage</i>	6
	<i>Diagnosebezogene Fallgruppen (G-DRG)</i>	7
	<i>Datenquelle vom Statistischen Bundesamt (Destatis)</i>	8
	<i>Klassifikation und Einschlusskriterien von pAVK-Fällen</i>	8
	<i>pAVK-Patienten mit und ohne KHK und deren Behandlungsstrategie.....</i>	9
	<i>Kategorisierung der Revaskularisationsmethoden</i>	9
	<i>Elixhauser-Komorbiditätsindex und van Walraven score (vWs)</i>	10
5.	Ergebnisse und Diskussion.....	11
	<i>Grundlegende Merkmale</i>	11
	<i>Behandlungsstrategien der pAVK</i>	11
	<i>Dichotomisierung nach dem vWs</i>	12
	<i>Patienten mit begleitender KHK – grundlegende Aspekte.....</i>	13
	<i>Morbidität und Mortalität einer pAVK mit begleitender KHK</i>	13
	<i>Behandlungsstrategie der pAVK mit und ohne begleitender KHK.....</i>	14
	<i>Therapiekosten einer begleitenden KHK</i>	14
	<i>Diskussion</i>	14
6.	Zusammenfassung in deutscher und englischer Sprache.....	18
7.	Veröffentlichungen.....	20
	<i>Coronary Artery Disease in Patients Hospitalized for Peripheral Artery Disease: A Nationwide Analysis of 1.8 Million Patients.....</i>	20
	<i>Comparison and Trends of Endovascular, Surgical and Hybrid Revascularizations and the Influence of Comorbidity in 1 Million Hospitalizations Due to Peripheral Artery Disease in Germany Between 2009 and 2018.....</i>	20
8.	Literaturverzeichnis	21
9.	Danksagung	24

1. Abkürzungsverzeichnis

pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
KHK	koronare Herzkrankheit
Destatis	Statistisches Bundesamt
%	Prozent
et. al.	lat. et alii, deutsch: und andere
G-DRG	deutsche diagnosebezogene Fallgruppen (englisch: German diagnosis related groups)
ICD	internationale Klassifikation der Krankheiten (englisch: international classification of diseases)
InEK	Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus
vWs	van Walraven score
€	Euro
vs.	versus
PAD	peripheral artery disease
CAD	coronary artery disease

2. Publikationsliste

Helmer M, Scheurig-Muenkler C, Brandt V, Tesche C, Bette S, Schwarz F, et al. Coronary Artery Disease in Patients Hospitalized for Peripheral Artery Disease: A Nationwide Analysis of 1.8 Million Patients. *Diagnostics*. 2023 Mar 18;13(6):1163.

Decker JA, Helmer M, Bette S, Schwarz F, Kroencke TJ, Scheurig-Muenkler C. Comparison and Trends of Endovascular, Surgical and Hybrid Revascularizations and the Influence of Comorbidity in 1 Million Hospitalizations Due to Peripheral Artery Disease in Germany Between 2009 and 2018. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2022 Oct 15;45(10):1472–82.

3. Erklärung zum Eigenanteil

Die Akquise der Rohdaten aus der fallpauschalenbezogenen Krankenhausstatistik des Statistischen Bundesamtes (Destatis) wurde durch PD Dr. med. Josua Decker durchgeführt. Der genaue Ablauf dieses Vorgangs wird in der Einleitung im Detail beschrieben. Abgefragt wurden sämtliche Daten zu Krankenhausaufenthalten in Deutschland im Zeitraum von 2009 bis 2018 aufgrund einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK).

Erstautorenschaft (*Veröffentlichung mit dem englischsprachigen Titel: Coronary Artery Disease in Patients Hospitalized for Peripheral Artery Disease: A Nationwide Analysis of 1.8 Million Patients*):

In meiner Rolle als Erstautor wurden die abgefragten Daten der fallpauschalenbezogenen Krankenhausstatistik durch mich strukturiert aufbereitet und in Excel-Tabellen für spezifische Auswertungen überführt. Dabei umfasste meine Arbeit die Einbeziehung aller Patienten mit begleitender koronarer Herzkrankheit (KHK). Es wurden sämtliche Begleiterkrankungen, Risikofaktoren sowie charakteristische Patientendaten wie Alter, Dauer des Krankenhausaufenthalts, eingesetzte Therapiemethoden, Therapieerfolge, aufgetretene Komplikationen und entstandenen Kosten durch mich kategorisiert. Von mir ausgewertete Daten wurden in Form von Texten, Tabellen und Grafiken in Eigenarbeit dargestellt und interpretiert.

Die Wahl der Methodik, die Software-gestützte Auswertung, die Validierung der Ergebnisse und die formale Analyse erfolgten maßgeblich durch mich. Der gesamte Inhalt der Publikation ist eigenständig von mir verfasst. Alle darin enthaltenen Gedanken und Interpretationen stammen ausschließlich von mir beziehungsweise sind in der Diskussion mit den Mitautoren entstanden und wurden von mir eigenständig in das Manuskript überführt. Abgesehen von Überarbeitungen und Korrekturen durch meine Mitautoren ist der gesamte Text mein eigenes Werk.

Co-Autorenschaft (*Veröffentlichung mit dem englischsprachigen Titel: Comparison and Trends of Endovascular, Surgical and Hybrid Revascularizations and the Influence of Comorbidity in 1 Million Hospitalizations Due to Peripheral Artery Disease in Germany Between 2009 and 2018*).

Als Zweitautor dieser Publikation sind die strukturierte Aufbereitung der Rohdaten, deren Software-gestützte Auswertung, die Validierung der Ergebnisse sowie die formale Analyse maßgeblich durch mich übernommen worden. Hierbei wurden die Daten nach verschiedenen Revaskularisationsstrategien aufgearbeitet. Dabei lag ein besonderes Augenmerk auf der Anzahl und der Art der Eingriffe, dem Therapieerfolg und die damit verbundenen Kosten. Diese Analysen wurden von mir in der Publikation entsprechend aufbereitet und dargestellt. Die Abschnitte zu Material und Methodik sowie zu den Ergebnissen wurden von mir in Teilen vorformuliert. Im Rahmen der Manuskriptfinalisierung beteiligte ich mich zudem mehrstufig an der Revision der Arbeit.

4. Einleitung und Methodik

Die beiden Publikationen im Kontext der aktuellen Datenlage

Atherothrombotische Erkrankungen, insbesondere die KHK und pAVK sind in unserer Gesellschaft weit verbreitet (1,2). Weltweit gelten sie als häufigste Ursache für Mortalität und Morbidität und stellen eine erhebliche medizinische sowie wirtschaftliche Herausforderung dar (3,4). Global sind über 200 Millionen Menschen an einer pAVK erkrankt, mit einer Prävalenz von bis zu 5 Prozent (%) (5–7). Das Risiko für weitere kardiovaskuläre Erkrankungen erhöht sich bei Patienten, die an einer pAVK leiden, um das Zwei- bis Sechsfache (8,9). Angesichts des medizinischen Fortschritts und der steigenden Lebenserwartung ist von einem Anstieg dieser Erkrankungen auszugehen (10).

In einer umfassenden Übersichtsarbeit haben Bauersachs et al. (11) Krankenhausaufenthalte von pAVK- und KHK-Patienten analysiert. Sie unterstrichen die hohen medizinischen Kosten atherothrombotischer Erkrankungen – wenngleich durch den gezielten Einsatz von Antithrombotika und Anpassungen beim Lebensstil beachtliche Fortschritte erzielt wurden, welche die Überlebensrate, Morbidität und Lebensqualität verbessern konnten (12). Es mangelt jedoch an umfassenden Daten, die Krankenhausaufenthalte von pAVK-Patienten mit und ohne begleitender KHK gegenüberstellen. Meine im Journal *Diagnostics* veröffentlichte und im Anhang separat aufgeführte Erstautorenschaft mit dem englischsprachigen Titel „Coronary Artery Disease in Patients Hospitalized for Peripheral Artery Disease: A Nationwide Analysis

of 1.8 Million Patients“ widmet sich diesem Thema und analysiert die stationäre Versorgung von pAVK-Patienten in Deutschland, sowohl mit als auch ohne begleitender KHK zwischen den Jahren 2009 und 2018. Dabei liegt besonderes Augenmerk auf Krankenhausverweildauer, Komplikationen, Therapieentscheidungen und Kosten (13).

Medikamentöse Behandlung, Raucherentwöhnung und körperliche Betätigung können die Prognose in frühen Stadien der Erkrankung erheblich verbessern, aber insbesondere in späten Stadien der pAVK ist bei einem hohen Anteil der Patienten eine Gefäßintervention erforderlich (14–17). Vielfach bessere postinterventionelle Ergebnisse und niedrigere Behandlungskosten haben die endovaskuläre Behandlung der pAVK gegenüber der rein chirurgischen zunehmend als bevorzugten Revaskularisierungsansatz in den letzten Jahrzehnten etabliert (18–21).

Obgleich diverse Studien die Kosteneffizienz von endovaskulären Revaskularisierungen gegenüber chirurgischen Methoden belegen, bleiben die Gesundheitskosten für die pAVK-Behandlung auf einem hohen Niveau und zeigen, insbesondere bei Patienten mit ausgeprägter Komorbidität, eine steigende Tendenz (18,22–25).

Eben diesen Trends in der Wahl unterschiedlicher Revaskularisierungsstrategien und den damit verbundenen Kosten unter Einbezug der individuellen Komorbidität widmet sich erstmals umfassend meine ebenfalls im Anhang aufgeführte Zweitautorenschaft, veröffentlicht in *Cardiovascular and Interventional Radiology*, mit dem englischsprachigen Titel „Comparison and Trends of Endovascular, Surgical and Hybrid Revascularizations and the Influence of Comorbidity in 1 Million Hospitalizations Due to Peripheral Artery Disease in Germany Between 2009 and 2018“ (26).

Diagnosebezogene Fallgruppen (G-DRG)

Im System der deutschen diagnosebezogenen Fallgruppen (G-DRG-System) wird die Vergütung für Krankenhausleistungen durch die exakte Kodierung der Hauptdiagnose gemäß ICD-10-GM (internationale Klassifikation der Krankheiten) und aller Nebendiagnosen sowie durchgeführter diagnostischer und therapeutischer medizinischer Verfahren nach dem Operationen- und Prozedurenschlüssel (OPS) bestimmt. Diese Kodierungen führen zur Einstufung in eine spezifische G-DRG, die die

Grundlage für die fallbezogene Vergütung durch das InEK (Institut für das Endgeldsystem im Krankenhaus) im Sinne einer Fallpauschale bildet. Die Vergütungssätze der G-DRG werden jährlich aktualisiert, reflektieren die kollektive Patientenentwicklung und dienen der Kostenkontrolle im Gesundheitswesen. Sie repräsentieren jedoch Durchschnittswerte und decken nicht zwingend die tatsächlichen Kosten jeder einzelnen Krankenhausbehandlung ab.

Datenquelle vom Statistischen Bundesamt (Destatis)

Alle erhobenen Daten wurden von Destatis und den statistischen Landesämtern von 2009 bis 2018 bezogen. Destatis sammelt dabei in ihrer DRG-Statistik umfassende Daten zu individuellen Krankenhausaufenthalten inklusive demographischer Daten, Aufnahmeart, Liegedauer, Fachabteilung, Haupt- und Nebendiagnosen, aller Prozeduren sowie zahlreicher weiterer Variablen unter Verwendung von InEK-Daten des DRG-Systems, ausgenommen psychiatrische und psychosomatische Krankenhausaufenthalte. Ein Direktzugriff auf diese InEK-Daten ist jedoch nicht möglich, stattdessen erfolgen konkrete Abfragen dieser Daten über eine kontrollierte Fernverarbeitung. Mit Hilfe der von Destatis zur Verfügung gestellten Datenstrukturdateien wurden statistische Syntaxen in der Programmiersprache R formuliert. Diese Syntaxen, die als Programmierbefehle fungieren, dienten der Analyse der von Destatis bereitgestellten Datenstrukturen. Nachdem mit Hilfe der Syntaxen die gewünschten Abfragen der Rohdaten von Destatis durchgeführt wurde, erfolgte eine Geheimhaltungsprüfung der Ergebnisse, in der Untergruppen mit weniger als fünf Individuen zensiert wurden, um die Anonymität der Einzelfälle zu wahren. Nach erfolgreichem Testen wurden die anonymisierten Ergebnisse an die Autoren gesendet. Die Daten der DRG-Statistik bilden dabei die individuellen stationären Aufenthalte umfassend und vollständig ab, auch unabhängig von der Versicherungsart. Jedoch fehlen sowohl longitudinale Daten, und damit die fehlende Erfassung von Mehrfachhospitalisationen, als auch ambulante Daten.

Klassifikation und Einschlusskriterien von pAVK-Fällen

In Eigenarbeit wurden für beide Arbeiten alle Krankenhausaufenthalte mit symptomatischer pAVK als Hauptdiagnose eingeschlossen, die folgende ICD-10-Codes verwendeten: I70.21–I70.24 für 2009–2014 und I70.22–I70.25 für 2015–2018. Der ICD-Code I70.21 (2009–2014) oder I70.22 (2015–2018) steht für Patienten mit

einer schmerzfreien Gehstrecke < 200 m (Fontaine IIb, Rutherford-Kategorie 2–3). Patienten mit Ruheschmerzen (Fontaine III, Rutherford-Kategorie 4) sind als I70.22 (2009–2014) oder I70.23 (2015–2018) kodiert. Patienten mit Gewebeverlust werden in solche mit Ulzerationen (I70.23 für 2009–2014 und I70.24 für 2015–2018) und solche mit Gangrän (I70.24 für 2009–2014 und I70.25 für 2015–2018) unterteilt. Beide dieser schwersten Grade werden als Fontaine IV klassifiziert, sind aber weiter in geringeren (Kategorie 5) oder größeren (Kategorie 6) Gewebeverlust entsprechend der Rutherford-Klassifikation unterteilt. Bei jedem Fall wurden auch Nebendiagnosen (unter Verwendung von ICD-10-GM), OPS-Codes (unter Verwendung der entsprechenden Version für jedes Jahr 2009–2018) sowie Patientenmerkmale wie zum Beispiel Alter oder Geschlecht ausgewertet.

pAVK-Patienten mit und ohne KHK und deren Behandlungsstrategie

In meiner Erstautorenschaft - einem Vergleich zwischen pAVK-Patienten mit und ohne begleitende KHK – habe ich für den Zeitraum von 2009 bis 2018 bei allen Krankenhausaufenthalten aufgrund von pAVK jene Patienten identifiziert, die zusätzlich eine KHK aufwiesen, klassifiziert anhand der entsprechenden ICD-10-Codes. I25.10: Atherosklerotische Herzkrankheit ohne hämodynamisch signifikante Stenose; I25.11: Atherosklerotische Herzkrankheit, koronare Eingefäßerkrankung; I25.12: Atherosklerotische Herzkrankheit, koronare Zweigefäßerkrankung; I25.13: Atherosklerotische Herzkrankheit, koronare Dreigefäßerkrankung; I25.14: Stenose der linken Hauptkoronararterie; I25.15: KHK mit Stenose eines Bypass-Gefäßes; und I25.16: KHK mit In-Stent-Stenose. Zudem wurden, sofern eine KHK vorlag, während des Krankenhausaufenthalts durchgeführte koronare Interventionen anhand der folgenden OPS-Codes ermittelt: 8-837 für perkutane koronare Interventionen (PCI) allgemein; 8-837.00 und 8-837.01 für koronare Ballonangioplastie; 8-837.k für Rakanalisationen mit Einlage nicht-medikamentenfreisetzender Stents; und 8-837.m für Rakanalisationen mit Einlage medikamentenfreisetzender Stents.

Kategorisierung der Revaskularisationsmethoden

In der zweiten Veröffentlichung im Kontext dieser kumulativen Promotion habe ich mithilfe individueller OPS-Codes jeden Krankenhausaufenthalt aufgrund einer pAVK zwischen 2009 und 2018 in folgende Kategorien unterteilt: (1) Keine Revaskularisation; (2) endovaskuläre Revaskularisation; (3) offen-chirurgische Revaskularisation; (4)

zweizeitige Revaskularisation; (5) hybride Revaskularisation. Hybride Ansätze werden in der DRG-Statistik durch einen spezifischen OPS-Code definiert, der ein kombiniertes chirurgisches und endovaskuläres Verfahren in einem Eingriff beschreibt. Zweizeitige Ansätze wurden hingegen zugewiesen, wenn chirurgische und endovaskuläre Verfahren in einem Krankenhausaufenthalt, aber nicht in einem einzigen Eingriff durchgeführt wurden. Die wichtigsten DRGs, die 80 % der Krankenhausaufenthalte abdeckten, wurden identifiziert. Sowohl die gesamten als auch die subgruppenspezifischen Case-Mix-Indizes wurden mithilfe der jeweiligen Kosten-Gewichtungsfaktoren berechnet, die für die Zeiträume 2009 bis 2011 und 2016 bis 2018 festgelegt wurden. Der Case-Mix-Index, der die durchschnittliche Schwere der Behandlungsfälle widerspiegelt, ergibt sich aus der Gesamtsumme der Gewichtungsfaktoren geteilt durch die Patientenzahl.

Elixhauser-Komorbiditätsindex und van Walraven score (vWs)

Um die Morbidität von Krankenhauspatienten zu erfassen und die Auswirkungen von Komorbiditäten auf die Krankenhausmortalität, Liegedauer und Behandlungskosten zu bewerten wurden von Elixhauser et. al. (27) der Elixhauser-Komorbiditätsindex entwickelt. Dieser Index, der aus den ICD-Diagnosecodes abgeleitet wurde, besteht aus 30 Komorbiditätsgruppen, die maßgeblich den Verlauf eines Krankenhausaufenthaltes beeinflussen können. Dabei wird ein breites Spektrum an Komorbiditäten erfasst, unter anderem die Herzinsuffizienz, die chronische Lungenerkrankung und das Nierenversagen. Jede diagnostizierte Komorbidität eines Patienten fließt in die Kalkulation einer zusammengefassten Gesamtpunktzahl ein.

Basierend auf diesem Index erarbeiteten van Walraven et. al. (28) einen zusätzlichen Gewichtungsfaktor, den vWs, der den Elixhauser-Komorbiditätsindex durch die Gewichtung verschiedener Komorbiditätsgruppen ergänzt. Dieser soll die individuellen Auswirkungen einzelner Komorbiditäten auf die Krankenhaussterblichkeit widerspiegeln. Komorbiditäten, die eine höhere Assoziation mit der Krankenhausmortalität aufzeigen, wie beispielsweise das Nieren- oder Leberversagen, werden mit einer erhöhten Punktzahl bewertet. Kompensierte Stoffwechselerkrankungen, wie unkomplizierter Diabetes oder ein gut kontrollierter Bluthochdruck, sind hingegen mit einer niedrigeren Gewichtung versehen.

Im Rahmen der kumulativen Dissertation habe ich Nebendiagnosen den Elixhauser-Komorbiditätsgruppen zugeordnet und den Elixhauser-Komorbiditätsindex (Summe der Komorbiditätsgruppen) mit dem gewichteten vWs ermittelt. Dies erfolgte unter Anwendung der etablierten ICD-10-Kodierungsdefinition von Quan et al. (29).

5. Ergebnisse und Diskussion

Grundlegende Merkmale

Im Auswertungszeitraum zwischen 2009 und 2018 wurden knapp 1,8 Millionen (1.793.517) Hospitalisierungen aufgrund einer pAVK mit einem mittleren Patientenalter von $71,3 \pm 11,1$ Jahren untersucht, wobei 60,1 % der Patienten männlich waren. Im gleichen Zeitraum wurde ein Anstieg der Krankenhausaufenthalte um 9,8 % festgestellt. Gleichzeitig stiegen die damit verbundenen Kosten um 28,0 %, von 2,72 Milliarden Euro (€) (5.350 € / Fall) im Jahr 2009 auf 3,49 Milliarden € (6.238 € / Fall) im Jahr 2018, insbesondere bei Patienten mit einem vWs ≥ 20 . Die mittlere Krankenhausverweildauer reduzierte sich um 16,1 %, von $11,5 \pm 10,9$ auf $9,6 \pm 9,3$ Tage, während die Mortalitätsrate von 3,0 % auf 2,6 % fiel.

Behandlungsstrategien der pAVK

Insgesamt wurde bei 70,1 % der Patienten während ihres Krankenhausaufenthalts eine Revaskularisation durchgeführt, was einen Anstieg um 8,9 % von 67,7 % im Zeitraum 2009-2011 auf 73,7 % im Zeitraum 2016-2018 repräsentiert.

Dieser Anstieg war hauptsächlich auf eine Zunahme der hybriden, zweizeitigen und rein endovaskulären Revaskularisationen zurückzuführen, die von 40,8 % auf 49,3 % stiegen, während rein chirurgische Revaskularisationen von 20,9 % auf 15,6 % zurückgingen. Zweizeitige und hybride Revaskularisationen nahmen bei Patienten mit pAVK Fontaine IIb um 80,4 % bzw. 53,4 % und bei Patienten mit pAVK Fontaine III/IV um 53,0 % bzw. 63,6 % zu. Endovaskuläre Revaskularisationen waren mit einem kürzeren Krankenhausaufenthalt (median 7 versus (vs.) 15 Tage), geringeren Kosten (5.511 € vs. 10.394 € / Fall) und einer geringeren Krankenhausmortalität (2,4 % vs. 5,2 %) im Vergleich zu chirurgischen Revaskularisationen verbunden.

Das erhobene Ausmaß der Komorbidität zeigte nur geringe Unterschiede zwischen den verschiedenen Behandlungsarten, wobei es bei Krankenhausaufenthalten mit alleinigen endovaskulären Revaskularisationen am niedrigsten ($vWs\ 5,6 \pm 5,2$) und bei denen mit einem zweizeitigen Ansatz am höchsten war ($vWs\ 7,3 \pm 6,4$).

Im Vergleich zu zweizeitigen chirurgischen und endovaskulären Eingriffen während eines Krankenhausaufenthalts waren hybride Revaskularisationen in einer Sitzung mit einem kürzeren Krankenhausaufenthalt (14 vs. 17 Tage), geringeren Kosten (8.767 € vs. 11.248 €) und einer geringeren Krankenhaussterblichkeit (5,0 % vs. 6,1 %) bei Patienten mit pAVK Fontaine III/IV zwischen 2016-2018 verbunden.

Dichotomisierung nach dem vWs

Zwischen den beiden Vergleichszeiträumen 2009–2011 und 2016–2018 konnte eine signifikante Kostensteigerung bei Patienten mit einem $vWs \geq 20$ (+24,6 %, +1.750 € / Fall) festgestellt werden.

In der Gruppe mit $vWs < 20$ ging der Case-Mix-Index zwischen 2011 bis 2018 geringfügig um 0,03 Punkte von 1,64 auf 1,61 zurück, jedoch stieg er bei den komplexeren Fällen ($vWs \geq 20$) signifikant um 0,19 Punkte - von 2,56 auf 2,75 - an. Bei allen Krankenhausaufenthalten mit einer durchgeführten Revaskularisation stieg die Gesamtzahl der Eingriffe bei Patienten $vWs \geq 20$ um bis zu das Zweifache an (+90,6 % bei $vWs \geq 20$ vs. +41,5% bei $vWs < 20$).

Folglich wiesen Untergruppen mit einer höheren Komorbiditätsbelastung einen Anstieg der durchgeführten hybriden (+71,6 %), zweizeitigen (+32,6 %) und endovaskulären Verfahren (+28,5 %) auf, während bei den rein chirurgischen Verfahren ein Rückgang um 39,2 % zu verzeichnen war.

Des Weiteren wurde bei Patienten mit einem $vWs \geq 20$ eine deutlich höhere Hospitalisierungsrate (46,8 %) registriert. Dies umfasste eine Zunahme schwererer Eingriffe, wie beispielsweise größere (von 7,2 % auf 7,6 %) und kleinere Amputationen (von 16,7 % auf 17,3 %), sowie eine steigende Zahl von Fontaine-IV-Patienten mit Ulzerationen (von 26,3 % auf 31,7 %).

Patienten mit begleitender KHK – grundlegende Aspekte

Im Untersuchungszeitraum zwischen 2009 und 2018 wurde unter den Hospitalisierungen aufgrund einer pAVK im Durchschnitt bei 21,8 % eine begleitende KHK festgestellt. Dabei erhöhte sich verglichen mit den pAVK-Patienten ohne begleitender KHK die relative Zahl der Krankenhausaufenthalte mit begleitender KHK um 31,2 %, von 18,6 % im Jahr 2009 auf 24,4 % im Jahr 2018 - in absoluten Zahlen stieg die Zahl KHK-begleiterkrankter pAVK-Patienten im genannten Zeitraum sogar um 48,8 % (von 30.160 auf 45.160). Männer repräsentierten dabei 60,9 % der Patienten ohne KHK und 71,7% der Patienten mit KHK – ein Unterschied von 17,7 %. Das Durchschnittsalter war bei pAVK-Patienten mit begleitender KHK etwas höher als bei Patienten ohne KHK (72,7 vs. 71,0 Jahre).

Morbidität und Mortalität einer pAVK mit begleitender KHK

Die Sterblichkeitsrate im Krankenhaus lag bei Patienten mit begleitender KHK höher als bei Patienten ohne KHK (3,7 % vs. 2,6 %). Zwischen 2009 und 2018 sank die Krankenhaussterblichkeit bei pAVK-Patienten in beiden Subgruppen – ohne begleitender KHK um 20,8 % und mit begleitender KHK um 10,2 %. Dabei stieg das Verhältnis der Krankenhaussterblichkeit von Patienten mit begleitender KHK im Vergleich zu Patienten ohne KHK um 13,4 %. Invasive Beatmung wurde bei Krankenhausaufenthalten mit KHK häufiger durchgeführt als bei Krankenhausaufenthalten ohne KHK (2,7 % vs. 1,4 %).

Darüber hinaus konnte eine Korrelation zwischen Stadien der pAVK und dem Schweregrad der KHK nachgewiesen werden; bei pAVK-Patienten hatte die KHK ohne hämodynamisch signifikante Stenose die niedrigste Prävalenz unter allen KHK-Patienten und entsprach weniger als 2 %. Bei Patienten mit einer koronaren Dreifgefäßerkrankung, dem schwersten Grad der KHK, stieg die Ko-Prävalenz jedoch auf bis zu 9 % an. Zwischen 2009 und 2018 wurde ein relativer Anstieg aller KHK-Stadien beobachtet, mit Ausnahme der leichtesten Form der KHK (keine hämodynamisch signifikante Stenose), welche um 20,8 % zurückging. Der Anteil der Patienten mit einer koronaren Dreifgefäßerkrankung stieg im genannten Zeitraum signifikant von 7 % auf 10 % an.

Krankenhausaufenthalte mit begleitender KHK wiesen eine höhere Komorbiditätsrate (Elixhauser-Score: $4,2 \pm 1,8$ vs. $3,2 \pm 1,6$ und vWs: $9,1 \pm 7,3$ vs. $6,1 \pm 6,1$) und einen höheren Anteil an diversen Begleiterkrankungen auf, wobei Herzklappenerkrankungen (um das 2,9-fache) und Herzinsuffizienz (um das 2,5-fache) am häufigsten auftraten.

Behandlungsstrategie der pAVK mit und ohne begleitender KHK

Es wurden lediglich geringe Unterschiede zwischen den Revaskularisationen bei pAVK-Patienten in den Gruppen mit und ohne begleitender KHK festgestellt. Von 2009 bis 2018 stieg die Zahl der endovaskulären Revaskularisationen in beiden Gruppen an (30,5 % und 32,9 %), während die Zahl der chirurgischen Ansätze um 44,9 % und 40,2 % abnahm. Darüber hinaus wurde bei Patienten mit begleitender KHK gegenüber denen ohne KHK ein höherer Prozentsatz kleinerer (9,0 % vs. 7,7 %) und größerer Amputationen (4,3 % vs. 4,2 %) durchgeführt. Zwischen 2009 und 2018 stieg die Rate kleiner Amputationen bei Patienten mit und ohne KHK leicht an - bei Patienten mit KHK von 7,9% auf 9,2%, bei Patienten ohne KHK von 7,3 % auf 7,8 %. Die Rate der größeren Amputationen sank hingegen bei Patienten mit KHK von 5,4 % auf 3,7 % und bei Patienten ohne KHK von 5,6 % auf 3,4 %.

Therapiekosten einer begleitenden KHK

Der Median der Therapiekosten für Krankenhausaufenthalte mit einer KHK war 6,4 % höher als für solche ohne KHK (4541 € vs. 4268 €). Obwohl die Behandlungskosten für beide Gruppen zwischen 2009 und 2013 eine ähnliche Entwicklung aufwiesen, wurde ab 2014 eine deutliche Kostenzunahme bei pAVK-Patienten mit begleitender KHK gegenüber KHK-freien pAVK-Patienten beobachtet. Dabei war im Jahr 2018 die mediane Kostendifferenz zwischen den beiden Patientengruppen mit 17,1 % (739 €, 4.333 € vs. 5072 €) am höchsten.

Diskussion

Angesichts der steigenden Prävalenz von Herz-Kreislauf-Erkrankungen in unserer alternden Gesellschaft bieten die Daten von nahezu 1,8 Millionen Krankenhausaufenthalten in Deutschland über ein Jahrzehnt einen umfassenden Überblick, nicht nur über Wandel und aktuellen Stand der stationären Versorgung von pAVK-Patienten in Deutschland, sondern ermöglichen auch Zukunftsausblicke und Verbesserungsvorschläge in der Behandlung von pAVK-Patienten (10).

Bei der Analyse der Behandlungsstrategien einer pAVK lauten die wichtigsten Erkenntnisse wie folgt:

1. die Zahl aller Revaskularisierungen nahm zwischen den Jahren 2009 und 2018 zu.
2. die Anzahl rein endovaskulärer, zweizeitiger und hybrider Eingriffe stieg, während rein chirurgische Ansätze abnahmen.
3. Krankenhausaufenthalte mit rein endovaskulären Verfahren waren mit niedrigeren Kosten, kürzeren Krankenhausaufenthalten und geringerer Krankenhaussterblichkeit verbunden.
4. eine steigende Komorbiditätsbelastung ging mit einem überproportionalen Anstieg an individuellen Revaskularisationen und Behandlungskosten einher.

Ferner ließen sich in der Subgruppenanalyse bei pAVK-Patienten mit und ohne begleitender KHK folgende wichtige Aspekte herausarbeiten:

1. die Koprävalenz von pAVK-Patienten mit begleitender KHK war hoch und stieg kontinuierlich von unter 20 % im Jahr 2009 auf knapp 25 % im Jahr 2018.
2. die Krankenhaussterblichkeit bei Patienten mit zusätzlicher KHK war über 40 % höher als bei Patienten ohne KHK.
3. Krankenhausaufenthalte aufgrund einer pAVK mit begleitender KHK führten zu höheren Behandlungskosten.
4. Patienten mit begleitender KHK zeigten insgesamt eine höhere Komorbidität, was sich in einem höheren Elixhauser- und vWs widerspiegelte.

In den letzten Jahrzehnten hat sich eine Verlagerung von chirurgischen zu endovaskulären Revaskularisationsverfahren durchgesetzt, die mit niedrigeren individuellen Behandlungskosten und geringeren Risiken verbunden sind und zugleich bessere Behandlungsergebnisse aufweisen (18,22,30–32). Die erhobenen Daten legen nahe, dass auf Grundlage dieser Entwicklung die Krankenhaussterblichkeit nachweislich verringert und Amputationen an den unteren Extremitäten zunehmend vermieden werden konnten. Dieser Rückgang der Krankenhaussterblichkeit war in allen Patientengruppen, einschließlich der multimorbiden, zu beobachten. Dies deutet

darauf hin, dass eine gegebenenfalls erforderliche Therapieeskalation erfolgreich war und die höheren Kosten rechtfertigen könnte.

Gleichzeitig unterschied sich die Behandlung einer pAVK bei Patienten mit und ohne KHK nicht wesentlich - die Tendenz zur endovaskulären Intervention war in beiden Gruppen vergleichbar (26). Eine zunehmende Verlagerung hin zu endovaskulären Revaskularisationsverfahren dürfte daher insbesondere für multimorbide Patientengruppen einen bedeutsamen Schritt repräsentieren. Endovaskuläre Verfahren können bei Patienten mit zahlreichen Begleiterkrankungen und erhöhten operativen Risiken die perioperative Komplikationsrate minimieren und eine schnellere Genesung ermöglichen.

Neben rein endovaskulären Revaskularisationsansätzen nahm die Zahl der hybriden Eingriffe zu – mit einer geringeren Komplikationsrate und Sterblichkeit sowie kürzeren Krankenhausaufenthalten im Vergleich zur rein chirurgischen Revaskularisationen (26).

Zahlreiche wissenschaftliche Untersuchungen haben gezeigt, dass sowohl die pAVK als auch die KHK altersbedingte Krankheiten darstellen (5–7,11,33–35). Angesichts des demographischen Wandels in Deutschland war eine Zunahme pAVK-erkrankter Patienten im Zeitraum zwischen 2009 und 2018 somit nicht überraschend. Es ist davon auszugehen, dass die pAVK in einer alternden Bevölkerung künftig neue Rekordhöhen erreichen wird.

Zudem weisen die pAVK und KHK ähnliche Krankheitsursachen auf und teilen Risikofaktoren wie Bluthochdruck, Hypercholesterinämie und Typ-2-Diabetes (1,2). Die Datenanalyse zeigte, dass eben diese Risikofaktoren bei pAVK-Patienten mit begleitender KHK häufiger auftraten als bei Patienten ohne KHK (13,36). Angesichts der gemeinsamen Risikofaktoren dürfte in Zukunft ein integrierter Behandlungsansatz von hoher Bedeutung sein. Durch die höhere Inzidenz von Bluthochdruck, Hypercholesterinämie und Typ-2-Diabetes bei pAVK-Patienten mit begleitender KHK könnte ein intensiviertes Risikomanagement erforderlich sein, um gesundheitliche Belastungen durch diese Krankheiten zu minimieren und Komplikationen vorzubeugen.

Überdies konnte ein negativer Einfluss einer begleitenden KHK auf den Verlauf des Krankenhausaufenthalts bei pAVK-Patienten festgestellt werden, insbesondere in

Bezug auf Sterblichkeit, Beatmungsraten und kleinere sowie größere Amputationen der unteren Extremitäten. Dieser Umstand konnte jedoch nicht allein auf eine begleitende KHK zurückgeführt werden; vielmehr war eine begleitende KHK auch mit einer höheren Belastung durch andere Komorbiditäten wie Typ-2-Diabetes, Nierenversagen oder Herzklappenerkrankungen verbunden. Die höhere Komorbiditätslast pAVK-erkrankter Patienten mit begleitender KHK – ausgedrückt durch einen höheren Elixhauser-Komorbiditätsindex und vWs - könnte daher in großem Maße für die genannten negativen Auswirkungen auf den Krankenhausaufenthalt verantwortlich sein. In Zukunft dürfte durch eine verstärkte Berücksichtigung der Komorbiditätslast stationärer pAVK-Patienten eine genauere Prognose hinsichtlich Krankenhausmortalität, Hospitalisierungsdauer und verbundenen Therapiekosten erzielt werden. Diese Erkenntnisse eröffnen neue Möglichkeiten sowohl Therapie als auch Krankheitsverlauf positiv zu beeinflussen.

Trotz der offensichtlichen Stärken durch den großen Datensatz eines repräsentativen Gesundheitssystems weisen beide Studien auch einige Limitationen auf. Hierzu im Einzelnen: Erstens beschränkt sich die Analyse auf stationäre Behandlungen innerhalb des deutschen Gesundheitssystems, ambulante Fälle einer pAVK wurden nicht einbezogen. Obwohl die Durchführung ambulanter Revaskularisierungen in anderen Ländern etabliert ist, wurden Revaskularisationseingriffe im Untersuchungszeitraum in Deutschland fast ausschließlich in Krankenhäusern durchgeführt (37,38). Zweitens wurden Daten einzelner Krankenhausaufenthalte ohne Identifizierung individueller Patienten dargestellt. Dies führt zu einer Verzerrung durch mehrfache Krankenhausaufenthalte einzelner Patienten, was Rückschlüsse auf individuelle pAVK-Patienten nicht zulässt. Drittens konnten mithilfe der Krankenhausdaten nur die Sterblichkeit und Amputationen im Krankenhaus als primäres Ergebnis identifiziert werden. Unterschiede in der allgemeinen Mortalität, Wiederaufnahmequoten und Folgeeingriffe jedweder Revaskularisationsstrategie konnten mit diesen Daten nicht bewertet werden. Viertens reflektieren die erstatteten Kosten nicht unbedingt die realen Kosten eines Krankenhausaufenthaltes wieder, sondern die durchschnittlich einer bestimmten DRG zugeordneten Kosten und damit die Vergütung des Leistungserbringers. Fünftens birgt die Verwendung administrativer Daten zu Abrechnungszwecken das Risiko von Kodierungsfehlern. Diese Einschränkungen müssen bei der Interpretation der Studienergebnisse berücksichtigt werden.

6. Zusammenfassung in deutscher und englischer Sprache

Ziel der Arbeit: Analyse der stationären Versorgung von Patienten mit pAVK, einschließlich der Bewertung verschiedener Revaskularisationsstrategien unter Einbezug individueller Komorbiditäten. Subgruppenanalyse von KHK-Patienten und deren Implikationen für Behandlungskosten und Therapieerfolg.

Material und Methoden: Anhand der DRG-Statistik des Statistischen Bundesamtes erfolgte die Abfrage und Analyse von allen Krankenhausaufenthalten aufgrund einer pAVK zwischen 2009 und 2018 in Deutschland. Demographische und kodierte klinische Daten wurden nach Art der durchgeführten Eingriffe, Behandlungsergebnissen und entstandenen Kosten kategorisiert. Die Eingriffe selbst wurden gemäß der Prozedurenkodierung in rein endovaskuläre, chirurgische, hybride und zweizeitige Eingriffe eingeteilt. Zudem wurde eine vergleichende Subgruppenanalyse von Patienten mit und ohne begleitender KHK durchgeführt. Die Komorbidität der Patienten wurde anhand des Elixhauser-Komorbiditätsindex und van Walraven scores (vWs) ermittelt.

Ergebnisse: Der Anteil der Krankenhausaufenthalte mit einer durchgeführten Revaskularisation stieg um 8,9 % (von 67,7 % auf 73,7 %), was auf eine Zunahme von zweizeitigen (+63,3 %), hybriden (+58,2 %) und rein endovaskulären Revaskularisationen (+32,6 %) zurückzuführen ist, während die rein chirurgische Behandlung abnahm (-18,2 %). Die Kosten für Krankenhausaufenthalte infolge einer pAVK stieg im gleichen Zeitraum um 28,0 % von 2,72 Mrd. € (5.350 € / Fall) auf 3,49 Mrd. € (6.238 € / Fall). Insgesamt litten 21,8 % der pAVK-Patienten an einer begleitenden KHK, ein Anstieg von 18,6 % auf 24,4 % im genannten Zeitraum. Patienten mit begleitender KHK wiesen eine höhere Krankenhausmortalität (3,7 % vs. 2,6 %), höhere Rate an Majoramputationen (9,0 % vs. 7,7 %) und eine Zunahme an Komorbiditäten (Elixhauser-Score: 4,2 vs. 3,2 und vWs: 9,1 vs. 6,1) auf, verbunden mit höheren Kosten (Median: 4541 € vs. 4268 € / Fall).

Schlussfolgerung: Zwischen 2009 und 2018 konnte ein klarer Trend hin zur endovaskulären und hybriden Revaskularisation festgestellt werden, die gegenüber rein chirurgischen Eingriffen mit geringeren Kosten und besserem klinischen Outcome verbunden waren. Gestiegene Behandlungskosten sind insbesondere auf eine Zunahme komorbider Patienten und eine höhere Anzahl durchgeführter Revaskularisationen zurückzuführen. Ein Viertel aller stationären Aufenthalte aufgrund einer pAVK ging mit einer begleitenden KHK einher – Tendenz steigend - mit zusätzlich

verbundener medizinischer und wirtschaftlicher Belastung für Krankenhäuser und Gesellschaft.

Objective: Analysis of the current inpatient care of peripheral artery disease (PAD), including an evaluation of various revascularization strategies considering individual comorbidities. This includes a special focus on coronary artery disease (CAD) as a comorbid condition and its implications for treatment costs and therapeutic success.

Materials and Methods: Utilizing the DRG statistics from the German Federal Statistical Office, an analysis was conducted of all hospital admissions due to PAD in Germany between 2009 and 2018 in Germany. Demographic and coded clinical data were categorized according to the type of procedures performed, treatment outcomes and costs incurred. Procedures were classified according to the OPS into solely endovascular, surgical, hybrid, and two-step interventions. Additionally, a comparative subgroup analysis of patients with and without concomitant CAD was carried out. Patient comorbidity was assessed based on the Elixhauser Comorbidity Index and the van Walraven score (vWs). **Results:** Between 2009 and 2018 there was an 8.9 % increase of hospital stays involving any type of revascularization, from 67.7 % to 73.7 %. This rise is attributed to an increase in procedures such as two-step (up by 63.3 %), hybrid (up by 58.2 %), and solely endovascular revascularizations (up by 32.6 %), while purely surgical treatments declined by 18.2 %. Reimbursement costs due to PAD rose by 28.0 % from 2.72 billion euros (5,350 € / case) to 3.49 billion euros (6,238 € / case). A total of 21.8 % of PAD patients had concomitant CAD, an increase from 18.6 % in 2009 to 24.4 % in 2018. Patients with concomitant CAD had higher hospital mortality (3.7 % vs. 2.6 %), more major amputations (9.0 % vs. 7.7 %), and an increase in comorbidities (Elixhauser Score: 4.2 vs. 3.2 and vWs: 9.1 vs. 6.1), associated with higher costs (median: 4541 € vs. 4268 € / case).

Conclusion: Between 2009 and 2018, a clear trend towards hybrid and endovascular revascularisations was observed in the inpatient treatment of PAD, which was associated with lower costs and better clinical outcomes compared to purely surgical procedures. Increased treatment costs are due in particular to an increase in comorbid patients and a higher number of revascularisations performed. A quarter of all inpatient stays due to PAD were associated with concomitant CAD - and the trend is on the rise - with an additional medical and economic burden for hospitals and society.

7. Veröffentlichungen

Coronary Artery Disease in Patients Hospitalized for Peripheral Artery Disease: A Nationwide Analysis of 1.8 Million Patients

Diagnostics 2023, 13(6), 1163

Magnus Helmer, Christian Scheurig-Muenkler, Verena Brandt, Christian Tesche, Stefanie Bette, Florian Schwarz, Thomas Kroencke & Josua A. Decker

Comparison and Trends of Endovascular, Surgical and Hybrid Revascularizations and the Influence of Comorbidity in 1 Million Hospitalizations Due to Peripheral Artery Disease in Germany Between 2009 and 2018

CardioVascular and Interventional Radiology volume 45, pages1472–1482 (2022)

Josua A. Decker, Magnus Helmer, Stefanie Bette, Florian Schwarz, Thomas J. Kroencke & Christian Scheurig-Muenkler

8. Literaturverzeichnis

1. Libby P. Mechanisms of Acute Coronary Syndromes and Their Implications for Therapy. *New England Journal of Medicine*. 2013;368(21).
2. Hiatt WR, Armstrong EJ, Larson CJ, Brass EP. Pathogenesis of the Limb Manifestations and Exercise Limitations in Peripheral Artery Disease. *Circ Res*. 2015;116(9).
3. Libby P, Ridker PM, Hansson GK. Progress and challenges in translating the biology of atherosclerosis. Vol. 473, *Nature*. 2011.
4. Erratum: Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017 (*The Lancet* (2018) 392(10159) (1789–1858), (S0140673618322797), (10.1016/S0140-6736(18)32279-7)). Vol. 393, *The Lancet*. 2019.
5. Fowkes FGR, Rudan D, Rudan I, Aboyans V, Denenberg JO, McDermott MM, et al. Comparison of global estimates of prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2000 and 2010: A systematic review and analysis. *The Lancet*. 2013;382(9901).
6. Kreutzburg T, Peters F, Rieß HC, Hischke S, Marschall U, Kriston L, et al. Editor's Choice – Comorbidity Patterns Among Patients with Peripheral Arterial Occlusive Disease in Germany: A Trend Analysis of Health Insurance Claims Data. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2020;59(1).
7. Criqui MH, Aboyans V. Epidemiology of Peripheral Artery Disease. *Circ Res*. 2015 Apr 24;116(9):1509–26.
8. Criqui MH, Langer RD, Fronek A, Feigelson HS, Klauber MR, McCann TJ, et al. Mortality over a Period of 10 Years in Patients with Peripheral Arterial Disease. *New England Journal of Medicine*. 1992;326(6).
9. Smith GD, Shipley MJ, Rose G. Intermittent claudication, heart disease risk factors, and mortality. The Whitehall study. *Circulation*. 1990;82(6).
10. Song P, Rudan D, Zhu Y, Fowkes FJI, Rahimi K, Fowkes FGR, et al. Global, regional, and national prevalence and risk factors for peripheral artery disease in 2015: an updated systematic review and analysis. *Lancet Glob Health*. 2019 Aug 1;7(8):e1020–30.
11. Bauersachs R, Zeymer U, Brière JB, Marre C, Bowrin K, Huelsebeck M. Burden of Coronary Artery Disease and Peripheral Artery Disease: A Literature Review. *Cardiovasc Ther*. 2019;2019.
12. Decker JA, Helmer M, Bette S, Schwarz F, Kroencke TJ, Scheurig-Muenkler C. Comparison and Trends of Endovascular, Surgical and Hybrid Revascularizations and the Influence of Comorbidity in 1 Million Hospitalizations Due to Peripheral Artery Disease in Germany Between 2009 and 2018. *Cardiovasc Intervent Radiol* [Internet]. 2022 Apr 15; Available from: <https://link.springer.com/10.1007/s00270-022-03136-9>
13. Helmer M, Scheurig-Muenkler C, Brandt V, Tesche C, Bette S, Schwarz F, et al. Coronary Artery Disease in Patients Hospitalized for Peripheral Artery Disease: A Nationwide Analysis of 1.8 Million Patients. *Diagnostics*. 2023 Mar 18;13(6):1163.
14. Aboyans V, Ricco JB, Bartelink MLEL, Björck M, Brodmann M, Cohnert T, et al. 2017 ESC Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Peripheral

- Arterial Diseases, in collaboration with the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur Heart J*. 2018 Mar 1;39(9):763–816.
15. Westin GG, Armstrong EJ, Bang H, Yeo KK, Anderson D, Dawson DL, et al. Association Between Statin Medications and Mortality, Major Adverse Cardiovascular Event, and Amputation-Free Survival in Patients With Critical Limb Ischemia. *J Am Coll Cardiol*. 2014 Feb;63(7):682–90.
 16. Freisinger E, Malyar NM, Reinecke H, Unrath M. Low rate of revascularization procedures and poor prognosis particularly in male patients with peripheral artery disease — A propensity score matched analysis. *Int J Cardiol*. 2018 Mar;255:188–94.
 17. Decker JA, Schwarz F, Kroencke TJ, Scheurig-Muenkler C. Stationäre Versorgung von Patienten mit peripherer arterieller Verschlusskrankheit. *Dtsch Arztebl Int*. 2022 Sep 16;119(37):611–8.
 18. Tang L, Paravastu SC V., Thomas SD, Tan E, Farmer E, Varcoe RL. Cost Analysis of Initial Treatment With Endovascular Revascularization, Open Surgery, or Primary Major Amputation in Patients With Peripheral Artery Disease. *Journal of Endovascular Therapy*. 2018 Aug 14;25(4):504–11.
 19. Holler, Claes, von der Schulenburg. Treatment costs and quality of life of patients with peripheral arterial occlusive disease – the German perspective. *Vasa*. 2004 Aug 1;33(3):145–53.
 20. Moriarty JP, Murad MH, Shah ND, Prasad C, Montori VM, Erwin PJ, et al. A systematic review of lower extremity arterial revascularization economic analyses. *J Vasc Surg*. 2011 Oct;54(4):1131-1144.e1.
 21. Vossen RJ, Philipszoon PC, Vahl AC, Montauban van Swijndregt AD, Leijdekkers VJ, Balm R. A Comparative Cost-Effectiveness Analysis of Percutaneous Transluminal Angioplasty With Optional Stenting and Femoropopliteal Bypass Surgery for Medium-Length TASC II B and C Femoropopliteal Lesions. *Journal of Endovascular Therapy*. 2019 Apr 22;26(2):172–80.
 22. Decker JA, Varga-Szemes A, Schoepf UJ, Emrich T, Schwarz F, Kroencke TJ, et al. In-patient care trends in peripheral artery disease in the German healthcare system over the past decade. *Eur Radiol*. 2022 Mar 1;32(3):1697–708.
 23. Mahoney EM, Wang K, Keo HH, Duval S, Smolderen KG, Cohen DJ, et al. Vascular Hospitalization Rates and Costs in Patients With Peripheral Artery Disease in the United States. *Circ Cardiovasc Qual Outcomes*. 2010 Nov;3(6):642–51.
 24. Scully RE, Arnaoutakis DJ, DeBord Smith A, Semel M, Nguyen LL. Estimated annual health care expenditures in individuals with peripheral arterial disease. *J Vasc Surg*. 2018 Feb;67(2):558–67.
 25. Hunink MG, Wong JB, Donaldson MC, Meyerovitz MF, de Vries J, Harrington DP. Revascularization for femoropopliteal disease. A decision and cost-effectiveness analysis. *JAMA*. 274(2):165–71.
 26. Decker JA, Helmer M, Bette S, Schwarz F, Kroencke TJ, Scheurig-Muenkler C. Comparison and Trends of Endovascular, Surgical and Hybrid Revascularizations and the Influence of Comorbidity in 1 Million Hospitalizations Due to Peripheral Artery Disease in Germany Between 2009 and 2018. *Cardiovasc Intervent Radiol*. 2022 Oct 15;45(10):1472–82.
 27. Elixhauser A, Steiner C, Harris DR, Coffey RM. Comorbidity Measures for Use with Administrative Data. *Med Care*. 1998;36(1).

28. Van Walraven C, Austin PC, Jennings A, Quan H, Forster AJ. A modification of the elixhauser comorbidity measures into a point system for hospital death using administrative data. *Med Care*. 2009;47(6).
29. Quan H, Sundararajan V, Halfon P, Fong A, Burnand B, Luthi JC, et al. Coding algorithms for defining comorbidities in ICD-9-CM and ICD-10 administrative data. *Med Care*. 2005;43(11).
30. Jones WS, Dolor RJ, Hasselblad V, Vemulapalli S, Subherwal S, Schmit K, et al. Comparative effectiveness of endovascular and surgical revascularization for patients with peripheral artery disease and critical limb ischemia. *Am Heart J*. 2014 Apr;167(4):489-498.e7.
31. Agarwal S, Sud K, Shishehbor MH. Nationwide Trends of Hospital Admission and Outcomes Among Critical Limb Ischemia Patients. *J Am Coll Cardiol*. 2016 Apr;67(16):1901–13.
32. Kolte D, Kennedy KF, Shishehbor MH, Mamdani ST, Stangenberg L, Hyder ON, et al. Endovascular Versus Surgical Revascularization for Acute Limb Ischemia. *Circ Cardiovasc Interv*. 2020 Jan;13(1).
33. Norgren L, Hiatt WR, Dormandy JA, Nehler MR, Harris KA, Fowkes FGR. Inter-Society Consensus for the Management of Peripheral Arterial Disease (TASC II). *J Vasc Surg*. 2007 Jan;45(1 SUPPL.).
34. Sartipy F, Lundin F, Wahlberg E, Sigvant B. Cardiovascular long-term outcome and prophylactic treatment patterns in peripheral arterial disease in a population-based cohort. *Eur Heart J Qual Care Clin Outcomes*. 2019;5(4).
35. Sartipy F, Sigvant B, Lundin F, Wahlberg E. Ten Year Mortality in Different Peripheral Arterial Disease Stages: A Population Based Observational Study on Outcome. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery*. 2018;55(4).
36. Bhatt DL, Gabriel Steg P, Magnus Ohman E, Hirsch AT, Ikeda Y, Mas JL, et al. International prevalence, recognition, and treatment of cardiovascular risk factors in outpatients with atherothrombosis. *J Am Med Assoc*. 2006;295(2).
37. Alimi Y, Hauguel A, Casbas L, Magnan PE, Pin JL, Sabatier J, et al. French Guidelines for the Management of Ambulatory Endovascular Procedures for Lower Extremity Peripheral Artery Disease. *Ann Vasc Surg*. 2019 Aug;59:248–58.
38. Albert B, Davaine JM, Chaillet MP, Grimandi G, Guyomarch B, Azéma L, et al. Clinical and Economic Evaluation of Ambulatory Endovascular Treatment of Peripheral Arterial Occlusive Lesions. *Ann Vasc Surg*. 2014 Jan;28(1):137–43.

9. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich allen beteiligten Personen meinen tiefen Dank aussprechen, die mich bei der Anfertigung meiner Dissertation begleitet und unterstützt haben.

Besonderer Dank gebührt Prof. Dr. med. Thomas Kröncke und PD Dr. med. Christian Scheurig-Münkler, deren hervorragende Betreuung und Unterstützung maßgeblich zur erfolgreichen Umsetzung dieser Arbeit beigetragen haben.

Ebenso danke ich PD Dr. med. Josua Decker, dessen umfassende Expertise und motivierende Begleitung unverzichtbar waren. Seine fachkundigen Ratschläge und seine Bereitschaft, mich bei Herausforderungen zu unterstützen, waren von unschätzbarem Wert und trugen wesentlich zum Erfolg dieser Dissertation bei.

Ein herzliches Dankeschön geht auch an meine Freundin Sandra Bittmann, deren mentale Unterstützung während der gesamten Doktorarbeit für mich eine unermüdliche Kraftquelle war. Ihre Geduld und inspirierenden Worte haben mir stets neuen Mut gegeben.

Schließlich widme ich diese Arbeit meiner Familie: meinen Eltern, Gertraud Appel-Helmer und Kurt Helmer, sowie meiner Schwester Nora, deren unerschütterliche Liebe und Unterstützung meinen Weg geprägt haben. Ihnen gebührt mein tiefster Dank für die unzähligen Möglichkeiten, die sie mir eröffnet haben.