



Technische Universität München
TUM School of Medicine and Health

**Epidemiologie und Volume-Outcome Analyse
der akuten mesenterialen Ischämie
in Deutschland von 2005 bis 2014**

Tim Eger

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Medicine and Health der Technischen Universität München zur Erlangung eines Doktors der Medizin (Dr. med.) genehmigten Dissertation.

Vorsitz: apl. Prof. Dr. Stefan Thorban
Prüfer der Dissertation: 1. Prof. Dr. Dr. h.c. Hans-Henning Eckstein
2. apl. Prof. Dr. Andreas Kühnl

Die Dissertation wurde am 11.07.2023 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät der Medizin am 30.09.2023 angenommen.

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	3
Abbildungsverzeichnis	4
Tabellenverzeichnis	6
1. Einleitung	7
1.1. Krankheitsbild	7
1.2. Epidemiologie.....	8
1.3. Therapie	9
1.4. Volume-Outcome	10
1.5. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit	10
2. Methoden	12
2.1. Datenquelle.....	12
2.2. Fallauswahl	13
2.3. Studienvariablen	15
2.4. Studienoutcomes.....	16
2.5. Hospital-Volume im Krankenhaus.....	16
2.6. Statistische Analysen	16
3. Ergebnisse	18
3.1. Patientencharakteristika	18
3.2. Krankenhausinzidenz und Art der Behandlung im Krankenhaus.....	20
3.3. Mortalität im Krankenhaus.....	25
3.4. Sekundäre Outcomes im Krankenhaus.....	28
3.5. Ergebnisse und Risikofaktoren basierend auf einer Mehrebenen multivariablen Regressionsanalyse.....	32
(a) Wahrscheinlichkeit für eine Revaskularisation (ja vs. nein)	32
(b) Wahrscheinlichkeit für eine endovaskuläre Revaskularisation (endovaskulär vs. offen-chirurgisch).....	33
(c) Wahrscheinlichkeit für das Versterben im Krankenhaus (Mortalität).....	34
3.6. Volume Outcome Analyse	36
4. Diskussion	43
4.1. Krankenhausinzidenz.....	43
4.2. Behandlungen	45
4.3. Krankenhausmortalität.....	48
4.4. Volume-Outcome	50
4.4. Limitationen	52
5. Literaturverzeichnis	54
6. Danksagung	63

Abkürzungsverzeichnis

AAA	Abdominelles Aortenaneurysma
Alpha-GS	Alpha-Gluthation-S-Transferase
AMI	Akute mesenteriale Ischämie
AMS	Arteria mesenterica superior
CMI	Case Mix Index
CRP	C-reaktives Protein
CT	Computertomographie
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
DRG	Diagnosis Related Group
ECMO	Extrakorporale Membranoxygenierung
G-BA	Gemeinsamer Bundesausschuss
HD	Hauptdiagnose
ICD-10 GM	Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten, German Modification
I-FAB	Intestinal Fatty Binding Protein
IMA	Ischemia Modified Albumine
KDFV	Kontrollierte Datenfernverarbeitung
KHEntG	Krankenhausentgeltgesetz
KI	Konfidenzintervall
LDH	Laktat-Dehydrogenase
LOS	Length of stay (Krankenhausverweildauer)
ND	Nebendiagnose
NIS	National Inpatient Sample
NOMI	Nicht-okklusive mesenteriale Ischämie
OR	Odds Ratio
PTA	Perkutan Transluminale Angioplastie
Rt-PA	Rekombinanter Gewebe-Plasminogen-Aktivator
ROMS	Retrogrades offenes mesenteriales Stenting
SD	Standard deviation (Standardabweichung)
StBA	Statistisches Bundesamt
TAA	Thorakales Aortenaneurysma
TAVI	Transkather-Aortenklappenimplantation

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aorta abdominalis und Beckenarterien im Überblick (Bauchorgane entfernt).....	8
Abbildung 2: Flowchart.....	14
Abbildung 3: Krankenhausinzidenz pro 100.000 Einwohner (alters- und geschlechtsstandardisiert).....	20
Abbildung 4: Krankenhausinzidenz (alters- und geschlechtsstandardisiert) aufgeteilt nach durchgeführter Therapie (Revaskularisierung vs. keine Revaskularisierung).....	21
Abbildung 5: Krankenhausinzidenz pro 100.000 Einwohner (alters- und geschlechtsstandardisiert) aufgeteilt nach Therapie (Offen chirurgisch, endovaskulär, nur Darmresektion und andere oder keine Behandlung).	22
Abbildung 6: Krankenhaussterblichkeit in Prozent für alle Gruppen (alters-, geschlechts- und risikoadjustiert).....	25
Abbildung 7: Krankenhaussterblichkeit (alters-, geschlechts- und risikoadjustiert) aufgeteilt nach durchgeführter Therapie (Revaskularisation vs. keine Revaskularisation).	26
Abbildung 8: Mortalität im Krankenhaus (alters-, geschlechts- und risikoadjustiert) aufgeteilt nach Behandlungsverfahren.....	27
Abbildung 9: Forest-Plot von Faktoren, die mit der Wahrscheinlichkeit einer Revaskularisierung im Vergleich zu keiner Revaskularisierung assoziiert sind (n=212.562 Patienten, 9.034 'Events').	32
Abbildung 10: Forest-Plot von Faktoren, die mit der Wahrscheinlichkeit einer endovaskulären Behandlung im Vergleich zu einer offenen Operation bei Patienten assoziiert sind, die eine Revaskularisation erhalten (n=9.034 Patienten, n=2.043 'Events').	33
Abbildung 11: Forest Plot von Faktoren, die mit der Mortalität im Krankenhaus von Patienten mit offener chirurgischer Revaskularisation (erste Linien), Patienten mit endovaskulärer Revaskularisation (zweite Linien) und Patienten mit nur Darmresektion (dritte Linien).....	35

Abbildung 12: Entwicklung der absoluten Krankenhausfallzahlen bezogen auf die Krankenhauscluster (Revaskularisation und Darmresektion)	40
Abbildung 13: Altersverteilungen nach Prozedere	71
Abbildung 14: Rohe Krankenhausinzidenz nach Behandlung und Geschlecht	72
Abbildung 15: Anteil der revaskularisierten Patienten von allen Patienten (violette Linie). Anteil der Patienten die eine endovaskuläre Behandlung erhalten haben von allen revaskularisierten Patienten (rote Linie)	73

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Charakteristika von Patienten mit akuter mesenterialen Ischämie (K55.0).....	19
Tabelle 2: Management und Behandlung von Patienten mit akuter mesenterialen Ischämie (K55.0)	24
Tabelle 3: Outcome von Patienten mit akuter mesenterialen Ischämie (K55.0).	30
Tabelle 4: Fälle und Mortalität in Gruppe 4 (andere oder keine Behandlung)	31
Tabelle 5: Charakteristika von allen Fällen (n=88.229), welche eine Revaskularisation oder Darmresektion bei einer akuten mesenterialen Ischämie erhalten haben.	38
Tabelle 6: Outcome von Patienten mit einer akuten mesenterialen Ischämie (K55.0).....	42
Tabelle 7: Patienten Komorbiditäten (Elixhauser items)	64
Tabelle 8: Codes zur Klassifizierung von Komorbiditäten, und andere oder keine Behandlung	66
Tabelle 9: Administrative Codes für Revaskularisierungsverfahren.....	67
Tabelle 10: Administrative Codes für Darmresektionsverfahren.....	68
Tabelle 11: Kreuztabelle der Verfahren pro Fall mit akuter mesenterialer Ischämie. Diese Tabelle ist nach Verfahren aufgeteilt, nicht nach Patienten	69

1. Einleitung

1.1. Krankheitsbild

Die akute mesenteriale Ischämie (AMI) ist ein plötzlicher Perfusionsmangel des Darmtrakts mit einer hohen Krankenhaussterblichkeit zwischen 50% und 90% (Arthurs et al., 2011; Schoots et al., 2004).

Aus pathophysiologischer Sicht wird zwischen einem arteriell-embolischen Verschluss, einer arteriellen Mesenterialthrombose, einer nicht-okklusiven Mesenterialischämie (NOMI) und einem Verschluss der Mesenterialvenen unterschieden (Klar et al., 2012; Kopp et al., 2009). Der häufigste Grund ist mit 40-50% die arterielle Embolie, mit 20-30% die arterielle Thrombose und in 5-15% die Mesenterialvenenthrombose (Lim et al., 2019). In ca. 25% kommt es zu einer NOMI, welche in den meisten Fällen mit einer hohen Katecholamingabe (z.B. bei Komplikationen nach kardiochirurgischen Eingriffen auftritt) assoziiert ist. In 85% der Fälle von Mesenterialischämie ist die Arteria mesenterica superior (AMS) betroffen (Klar et al., 2012).

Klinisch wird zwischen einem Initialstadium (0-6 Stunden) mit einer akuten abdominellen Schmerzsymptomatik im Sinne eines akuten Abdomens, einem stillen Intervall (7-12 Stunden) und dem Endstadium (12-24 Stunden) mit Ileus, Peritonitis, Sepsis und Multiorganversagen unterschieden.

Problematisch bei der Diagnostik ist das heterogene Erscheinungsbild und das unauffällige Labor am Anfang der Erkrankung. Erst wenn Darmanteile zugrunde gehen, zeigen sich erhöhte Leukozyten, Laktat, LDH, CRP und D-Dimere. Aktuell werden verschiedene Biomarker wie z.B. I-FAB (Intestinal Fatty Binding Protein), Alpha-GST (Gluthation-S-Transferase) und IMA (Ischemia Modified Albumine) bezüglich der diagnostischen Genauigkeit untersucht (Treskes et al., 2017). Bei dem I-FAB handelt es sich um ein kleines zytosolisches Protein, das ausschließlich von Enterozyten exprimiert wird und im Falle von mesenterialer Zellschädigung in den Kreislauf freigesetzt wird. Zur weiteren Diagnostik werden verschiedene Schnittbildverfahren benutzt, wobei die CT-Angiographie mit einer Sensitivität von 93% und Spezifität von 100 % der Goldstandard ist (Aschoff et al., 2009).

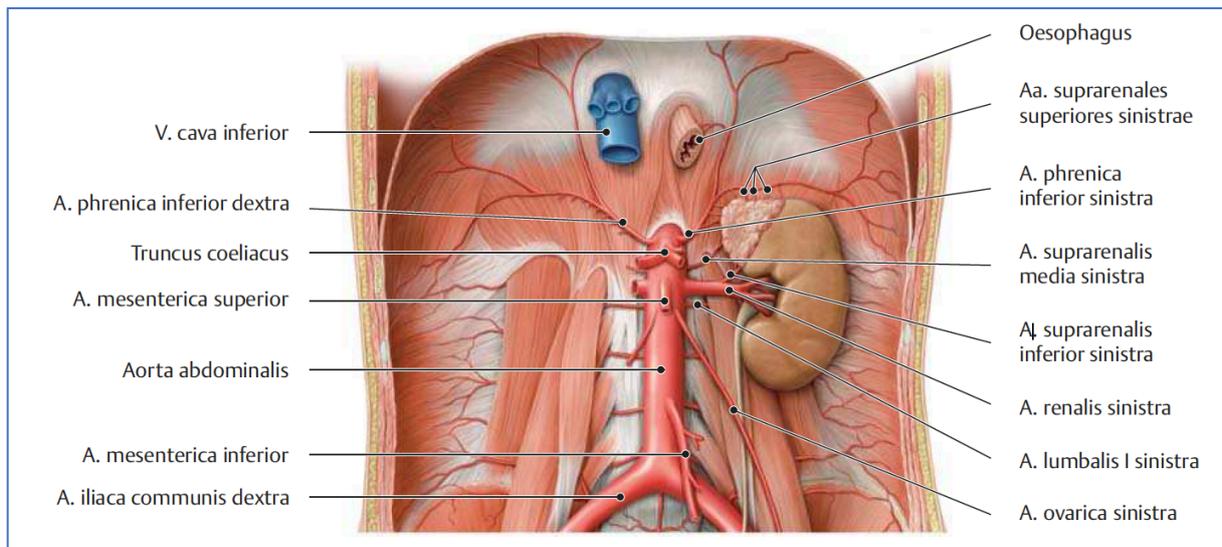


Abbildung 1: Aorta abdominalis und Beckenarterien im Überblick (Bauchorgane entfernt) © Thieme

(Schünke/Schulte/Schumacher/Voll/Wesker, 2015)

1.2. Epidemiologie

Bei nur etwa 0,1-1% der Patienten mit akuten Bauchschmerzen ist eine Darmischämie die Ursache, daher bleibt diese häufig über längere Zeit unerkant (Bjorck et al., 2017; Kopp et al., 2009). Die Inzidenz der AMI steigt mit zunehmendem Alter erheblich an und ist bei Patienten über 70 Jahren in bis zu 10% der Grund für ein akutes Abdomen (Carver et al., 2016; Klar et al., 2012). In der schwedischen Bevölkerung von Malmö wurde zwischen 1970 und 1982 eine AMI-Inzidenzdichte von 12,9/100.000 Personenjahre geschätzt (Acosta, 2010). Eine Studie aus Finnland, die auf einer genau definierten Bevölkerung von 248.000 Einwohnern basiert, ergab eine AMI-Inzidenzrate von 7,3/100.000 Personenjahre (Karkkainen et al., 2015). Interessanterweise ist die Gesamtinzidenz von AMI in dieser Kohorte bei Patienten über 75 Jahren höher als bei einem rupturierten abdominalen Aortenaneurysma (7,3 / 100.000 gegenüber 3,9 / 100.000) (Karkkainen et al., 2015).

1.3. Therapie

Bei den meisten Patienten mit einem akuten AMS-Verschluss ist eine intestinale Revaskularisation erforderlich (Carver et al., 2016). Abhängig vom klinischen Erscheinungsbild des Patienten und den radiologischen Befunden gibt es verschiedene Behandlungsoptionen, wie offen-chirurgische Revaskularisation, endovaskuläre Verfahren, Hybridverfahren oder die ausschließliche Darmresektion. Neben der perkutanen transluminalen Angioplastie (PTA) und der Lyse gibt es endovaskuläre Verfahren, wie die perkutane Aspirations-Embolektomie/Thrombektomie. Zu den klassischen chirurgischen Verfahren zählen z.B. die offene Embolektomie/Thrombektomie, die Thrombendarteriektomie der proximalen AMS sowie die Anlage eines Venen-oder prothetischen Bypasses auf die AMS.

Laut dem nationalen schwedischen Register für vaskuläre Eingriffe (Swedvasc), hat die mesenteriale Revaskularisation bei AMI seit 2004 stetig zugenommen (Bjorck et al., 2017; Carver et al., 2016). Darüber hinaus übertraf der Anteil der endovaskulären Behandlungen den der offenen Chirurgie für AMI in Schweden (Lim et al., 2019; Treskes et al., 2017). Diese Zahlen werden durch eine in den USA durchgeführte Studie unter Verwendung der NIS-Datenbank (National Inpatient Sample) gestützt. Es zeigte sich ein signifikanter Anstieg der Patienten, die sich einer endovaskulären AMI-Behandlung unterziehen, von 12% im Jahr 2005 auf 30% im Jahr 2009. Die Anzahl der Patienten, die während des gesamten Untersuchungszeitraums einer offenen Operation erhielten, betrug 76%, die die sich einer endovaskulären Behandlung unterzogen hatten 24%. Detaillierte Empfehlungen für die Diagnose, Behandlung und Behandlung von AMI wurden in internationalen Leitlinien veröffentlicht (Aschoff et al., 2009; Bjorck et al., 2017). In Deutschland wird die AMI in verschiedenen Disziplinen behandelt. Abhängig von der Größe und Organisation der einzelnen Krankenhäuser werden die Patienten u.a. in der Allgemein-, Viszeral- und/oder Gefäßchirurgie behandelt.

1.4. Volume-Outcome

In den letzten Jahren wurden für verschiedene Krankheitsbilder der Zusammenhang zwischen jährlicher Fallzahl (als Surrogatmarker z.B. der Versorgungskompetenz bzw. Versorgungsqualität) und Krankenhaussterblichkeit untersucht, sog. Volume-Outcome Analysen. Auch der Gemeinsame Bundesausschuss (G-BA) in Deutschland hat sich in den letzten Jahren zunehmend mit diesem Thema befasst und Mindestmengen-Regelungen durch Richtlinien umgesetzt. Ziel ist die Verbesserung der Ergebnisqualität bei höheren Fallzahlen spezieller Prozeduren durch besonders erfahrene Ärzte und Teams. Insbesondere bei chirurgischen Interventionen können teilweise bessere Ergebnisse, wie z.B. geringere Mortalität, bei einer höheren Leistungsmenge erzielt werden (Matthias et al., 2014). Im Falle einer Transkatheter-Aortenklappenimplantation (TAVI), großen Operationen an der Bauchspeicheldrüse, Karotis-Revaskularisation und Reparatur der thorakalen und abdominalen Aortenaneurysma konnte die inverse Beziehung zwischen dem Volumen und dem Outcome gezeigt werden (Badheka et al., 2015; Birkmeyer et al., 2002; Davies et al., 2015; Eckstein et al., 2007; Killeen et al., 2007; Krautz et al., 2018; Kuehnl, Tsantilas, Knappich, Schmid, König, et al., 2016; Leow et al., 2018; Moxey et al., 2012).

1.5. Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Berichte über die Epidemiologie, Behandlung und Ergebnisse der AMI in Deutschland basieren fast ausschließlich auf Einzelstudien oder Übersichten kleiner Kohorten aus dem 20. Jahrhundert (Eckstein, 2003). Darüber hinaus wurden Risikofaktoren im Zusammenhang mit der Mortalität im Krankenhaus bislang nicht in unselektierten landesweiten Kohorten untersucht.

Zudem gibt es bislang in Deutschland keine Volume-Outcome Analyse bezüglich der Therapie der akuten mesenterialen Ischämie.

Deshalb wurde unter Verwendung der bundesweiten DRG-Statistik des Statistischen Bundesamtes eine Analyse aller Patienten mit akuter mesenterialer Ischämie erstellt, die zwischen 2005 und 2014 in bundesdeutschen Krankenhäusern behandelt wurden. Analysiert wurden die Krankenhaus-Inzidenz (Anzahl an Krankenhausaufnahmen), die Behandlungsmodalität, die Mortalität im Krankenhaus und die mit den letztgenannten

Maßnahmen verbundenen Risikofaktoren, sowie der Zusammenhang zwischen jährlicher Fallzahl und perioperativem Ergebnis (Volume Outcome Analyse).

Wissenschaftliche Fragestellungen der vorliegenden Arbeit:

- Wie hoch ist die Inzidenz der AMI in Deutschland?
- Welche diagnostischen Maßnahmen und Therapieverfahren werden angewendet?
- Wie hoch ist die Morbidität und Mortalität in Bezug auf die jeweiligen Behandlungsmethoden?
- Ist die zentrumsbezogene jährliche Fallzahl mit der Krankenhausletalität assoziiert (Volume-Outcome Zusammenhang)?
- Können durch die Ergebnisse der Studie Verbesserungsvorschläge für die Versorgung der AMI konzipiert werden?

2. Methoden

In dieser sekundären Datenanalyse wurden alle Fälle identifiziert, die zwischen dem 1. Januar 2005 und dem 31. Dezember 2014 in Deutschland aufgrund einer AMI in einem zugelassenen deutschen Krankenhaus aufgenommen wurden. Die in dieser Studie verwendeten Methoden werden im Folgenden detailliert dargestellt und wurden auch bereits publiziert (Geisbusch et al., 2019a, 2019b; Kuehnl, Salvermoser, Erk, et al., 2018; Kuehnl, Salvermoser, Knipfer, et al., 2018; Reutersberg et al., 2019; Trenner, Kuehnl, Reutersberg, et al., 2018; Trenner, Kuehnl, Salvermoser, et al., 2018).

2.1. Datenquelle

Die vorliegende Analyse basiert auf der Fallpauschalenbezogenen Krankenhausstatistik (DRG-Statistik) von 2005 bis 2014. Die Daten werden vom Institut für das Entgeltsystem im Krankenhaus in Siegburg gesetzlich erhoben und anschließend an das Statistische Bundesamt (StBA) weitergeleitet, gemäß §21 des Krankenhausentgeltgesetzes (KHEntG). Es wurden Daten aller stationären Fälle gesammelt, die in deutschen Krankenhäusern (zugelassen gemäß §1 KHEntG) behandelt wurden und die nach dem Vergütungssystem der Diagnosis-Related Groups (DRG) erstattet wurden. Ausgenommen hiervon sind die 5 Krankenhäuser der Bundeswehr und rein psychiatrische Einrichtungen. Rechtsgrundlage für die wissenschaftliche Nutzung von StBA-DRG-Daten sind §3a und §16 des Bundesstatistikgesetzes. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Technischen Universität München (Referenznummer 21 / 16S) genehmigt. Die Analyse wurde gemäß den Richtlinien der Good Practice of Secondary Data Analysis (Swart et al., 2015) durchgeführt. Die Studie wurde nicht von externen Sponsoren oder Zuschüssen finanziert. Da es sich um eine Beobachtungsstudie handelt, bei der routinemäßig gesammelte Gesundheitsdaten verwendet werden, wurden die Empfehlungen des RECORD-Statements angewendet (Benchimol et al., 2015). Alle Daten werden gemäß den jeweiligen Datenschutzbestimmungen auf StBA-Servern gespeichert. Der Datenzugriff war aus Datenschutzgründen nur über die kontrollierte Datenfernverarbeitung (KDFV) zulässig. In anderen Studien der Arbeitsgruppe wurden wesentliche Methoden der KDFV von DRG-Daten ebenfalls beschrieben und bereits veröffentlicht (Nimptsch et al., 2016; Nimptsch & Mansk, 2015; Nimptsch & Mansk, 2012; Wengler et al., 2014).

Das Studienprotokoll wurde während des Antragsverfahrens beim StBA eingereicht, jedoch nicht separat veröffentlicht. Mittels KDFV wurden die Daten der DRG-Statistik der StBA-Forschungsdatenzentren genutzt (FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder, 2005-2013).

2.2. Fallauswahl

Alle Fälle mit Haupt- oder Nebendiagnose einer akuten mesenterialen Ischämie (ICD-10 GM K55.0) zwischen 2005 und 2014 wurden eingeschlossen. Fälle mit AMI (K55.0), die ohne Revaskularisation oder Darmresektion in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden und Patienten mit unbekanntem Wohnsitz oder im Ausland wurden ausgeschlossen. Die Hauptunterteilung der Patientenkohorten erfolgte in Abhängigkeit davon, ob sie eine viszerale Revaskularisation erhielten oder nicht. Diese Unterteilung stellt den Schwerpunkt dieser Arbeit dar. Nachfolgend wurde nach der Art der Revaskularisierungsverfahren unterschieden, in offen-chirurgische, rein endovaskuläre sowie Kombinations- (hybride) Verfahren. Patienten ohne vaskuläre Eingriffe wurden in Abhängigkeit davon unterteilt, ob eine Darmresektion erfolgte oder nicht. Abbildung 2 zeigt das Patientenflussdiagramm.

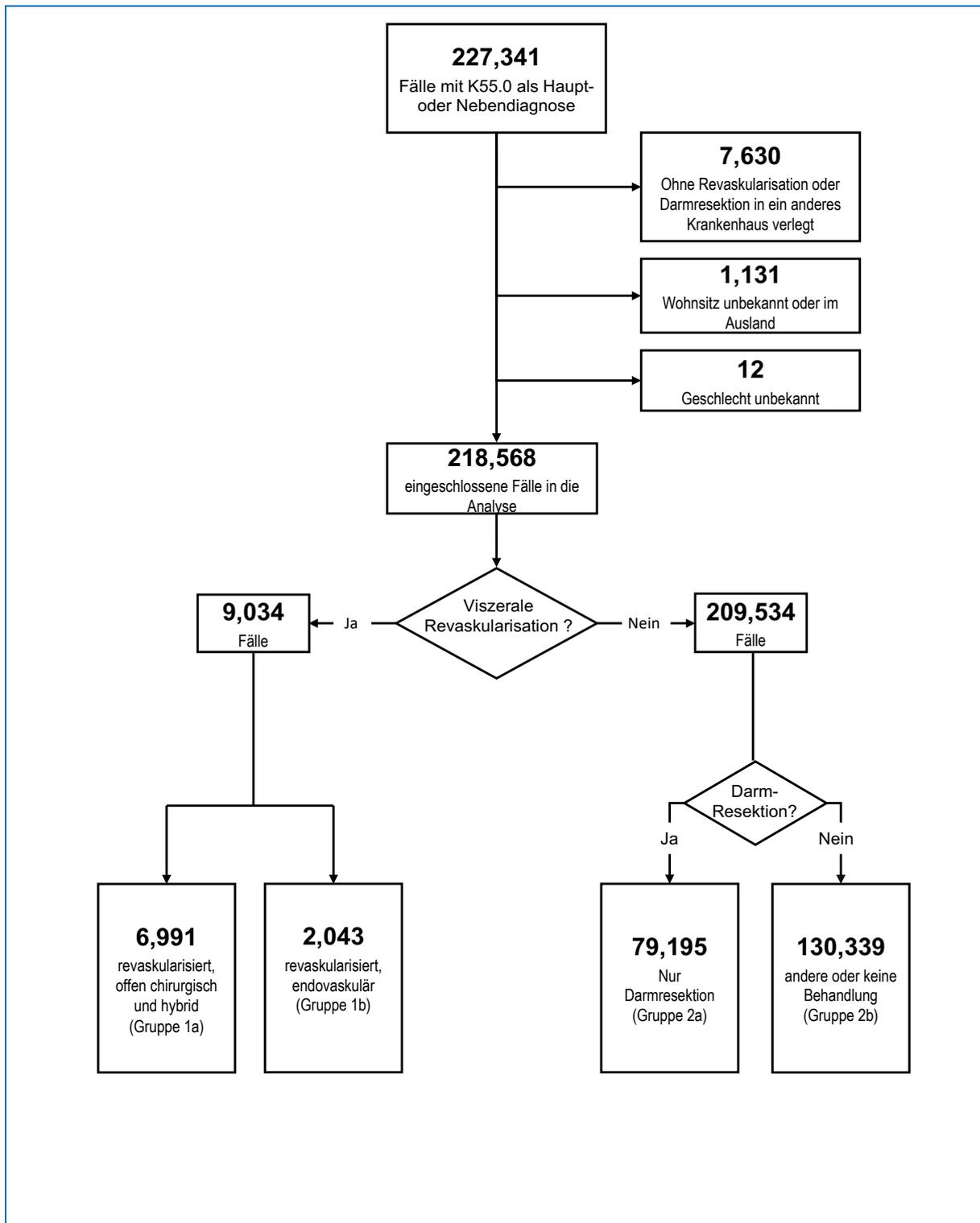


Abbildung 2: Flowchart.

Eingeschlossen wurden alle Fälle mit K55.0 als Haupt- oder Nebendiagnose. Ausgeschlossen wurden alle Fälle, die ohne Operation in ein anderes Haus verlegt wurden und Patienten mit unbekanntem Wohnsitz oder im Ausland. Anschließend erfolgte die Einteilung, ob eine Revaskularisierung erfolgte oder nicht. Nachfolgend wurde nach der Art der Revaskularisierungsverfahren unterschieden, in offen-chirurgische, rein endovaskuläre sowie Kombinations- (hybride) Verfahren. Patienten ohne vaskuläre Eingriffe wurden in Abhängigkeit davon unterteilt, ob eine Darmresektion erfolgte oder nicht.

2.3. Studienvariablen

Die folgenden Variablen wurden analysiert: Geschlecht, Alter, modifizierter Elixhauser-Score (Elixhauser et al., 1998; Sharabiani et al., 2012; van Walraven et al., 2009), Komorbiditäten, Wohnort des Patienten, Behandlungsort, Luftliniendistanz zwischen Wohnort des Patienten und dem behandelnden Krankenhaus sowie Art der Aufnahme („direkt (geplant und nicht geplant)“ und „verlegt“ aus einem anderen Krankenhaus oder einer anderen Einrichtung wie z.B. Pflegeheim). Der Wohnsitz der Patienten wurde in vier Untergruppen unterteilt, gemäß dem offiziellen siedlungsstrukturellen Kreistyp. Dabei wurde zwischen einer kreisfreien Großstadt, städtischen Kreis, ländlichen Kreis und einem dünn besiedelten ländlichen Kreis unterteilt. Die Siedlungsstrukturellen Kreistypen werden von dem Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung unterteilt (BBSR, 2022, June 22).

Der modifizierte Elixhauser-Score (van Walraven) wurde als Gesamtmaß für die Komorbiditätsbelastung berechnet (van Walraven et al., 2009). Der Score besteht aus 30 Gruppen von chronischen und/oder akuten Komorbiditäten, die durch das ICD-10 System codiert werden können (Tabelle 7). In seiner modifizierten Version wird der Elixhauser/Van-Walraven-Score für die multivariable Risikoadjustierung für administrative Krankenhausdaten verwendet und ist für die Schätzung der Krankenhausmortalität gut validiert (Elixhauser et al., 1998; Sharabiani et al., 2012). Spezifische Komorbiditäten wurden unter Verwendung der ICD-10-Codierung für Haupt- oder Sekundär Diagnosen analysiert. Detaillierte Codes zur Klassifizierung von Diagnosen sowie diagnostische und therapeutische Verfahren (offen-chirurgisch, rein endovaskulär, hybride Verfahren, allgemeine Darmresektion und andere/keine Behandlung) sind in der Tabelle 8-10 aufgeführt. Der Case-Mix-Index (CMI) ist ein Indikator zur Ermittlung der durchschnittlichen Fallschwere im G-DRG-System. Er gibt Aufschluss über den relativen ökonomischen Ressourcenaufwand (Gesundheitsberichterstattung des Bundes, 2021, November 4).

2.4. Studienoutcomes

In dieser Studie wurden folgende primäre Outcomes analysiert:

- die Krankenhausinzidenz pro 100.000 Einwohner,
- die Art der Behandlung und
- die Letalität im Krankenhaus.

Sekundäre Outcome-Variablen waren

- ein akuter Myokardinfarkt,
- Niereninsuffizienz,
- Bluttransfusion,
- längerer Beatmungsbedarf (definiert als Beatmung nach Verlassen des Operationsraums; kodiert als „Stunden postoperativer Beatmung“) und
- Dauer des Krankenhausaufenthalts (LOS). Die verwendeten DRG- und OPS-Codes sind in der Tabelle 8 aufgeführt.

2.5. Hospital-Volume im Krankenhaus

Zur Analyse des Volume-Outcome-Effektes wurden für jedes Jahr Krankenhäuser unter Verwendung des k-Means-Algorithmus (Lloyd, 1982; MacQueen, 1967; Steinhaus, 1957) in low-, middle-, und high-volume, bezogen auf die jährliche Behandlung der AMI, gruppiert. Dies wurde durchgeführt um eine willkürliche Kategorisierung zu vermeiden und vor allem, um homogene Cluster auf Grundlage von empirischen Daten zu schaffen. Im Anschluss wurde erneut die Krankenhausinzidenz, Komorbiditäten, der Einweisungsgrund und die Mortalität in Bezug auf die jeweiligen Cluster analysiert.

2.6. Statistische Analysen

Kategoriale Variablen werden als absolute Zahlen und Prozentsätze angegeben. Wenn nicht anders angegeben, wurden kontinuierliche Variablen mit schiefer Verteilung als Median mit erstem (Q1) und dritten (Q3) Quartil dargestellt. Die

Inzidenzen wurden indirekt nach Geschlecht und Alter standardisiert. Die Mortalität im Krankenhaus wurde nach Geschlecht, Alter und Komorbidität (Elixhauser-Summen-Score) adjustiert. Auf der Grundlage eines explorativen Ansatzes wurde ein Mehrebenen multivariablen Regressionsmodell mit robustem Standardfehler angewendet, um Faktoren zu identifizieren, die mit der Wahrscheinlichkeit einer Revaskularisierung, einer endovaskulären Behandlung oder einer Mortalität im Krankenhaus assoziiert waren. Die Variablen Alter, Geschlecht, Elixhauser-Summen-Score, jährliche Fallzahl pro Zentrum der AMI-Patienten (Gruppe 1–3, logarithmiert), Art der Aufnahme (verlegt vs. direkte Aufnahme), Vorhofflimmern (I48 *), Diabetes mellitus (Dummyvariable der Elixhauser-Gruppen 10 und 11) und chronische mesenteriale Ischämie (K55.1) wurden in das Modell aufgenommen. Regionale Siedlungsstruktur des behandelnden Krankenhauses und Wohnort des Patienten (4 Kategorien von kreisfreier Großstadt bis dünn besiedelten ländlichen Kreis) sowie ein einfacher Summenwert für vaskuläre Komorbiditäten (Werte 0–4) für chronisch ischämische Herzerkrankungen (I25 *), Karotisstenose (I65), Nierenarterien Stenose (I70.1) und periphere arterielle Erkrankung (I70.2) wurden zusätzlich in das Modell aufgenommen. Um die Clusterbildung von Patienten in Krankenhäusern und die zeitliche Autokorrelation zu berücksichtigen, wurden der Standortcode des Krankenhauses (Kombination aus Institutionskennung und Standortnummer) sowie das Behandlungsjahr als Random-Effekte (nur Random Intercept) in das Modell aufgenommen. Die Kovarianzstruktur des Random-Effekts wurde als "simple diagonal" bzw. "autoregressiv erster Ordnung" spezifiziert. Die Modellspezifikation und die Variablenauswahl wurden a priori gemäß einem vorgegebenen Analyseplan durchgeführt, der auf Literaturrecherche und Expertenwissen beruhte. Für die KDFV- und statistische Analyse wurde SAS-Software (Version 9.2, Microsoft Windows, © 2015 SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) verwendet. Die grafische Verarbeitung der Daten wurde mit Microsoft Excel durchgeführt. Für alle Tests wurde ein zweiseitiges Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$ verwendet.

3. Ergebnisse

3.1. Patientencharakteristika

Zwischen 2005 und 2014 wurden in Deutschland 227.341 Patienten mit der Diagnose einer akuten mesenterialen Ischämie (AMI) behandelt (Abbildung 3). Davon wurden 218.568 Patienten in die Analyse eingeschlossen (Fallselektion siehe 2.2). 88.906 (41%) aller Patienten mit AMI waren männlich (Tabelle 1).

In jeder Behandlungsgruppe war das Durchschnittsalter der Frauen höher als das Durchschnittsalter der Männer (Abbildung 13). Bei den offen chirurgischen Eingriffen lag das mediane Alter der Männer bei 72 Jahren und bei den Frauen bei 79 Jahren. Hingegen war das Durchschnittsalter bei den endovaskulären Eingriffen bei den Männern mit 68 Jahren und bei den Frauen mit 74 Jahren geringer.

Die häufigsten Begleiterkrankungen waren Bluthochdruck (52%), Vorhofflimmern (27%) und Diabetes mellitus (24%). Verglichen mit den Patienten aus der offen chirurgischen Gruppe, hatten doppelt so viele Patienten eine chronische mesenteriale Ischämie, die eine endovaskuläre Versorgung erhielten.

Mit 38,5% kamen die meisten Patienten aus einem städtischen Kreis. Vergleicht man die Behandlungsgruppen in Bezug auf den Wohnsitz zeigten sich keine relevanten signifikanten Unterschiede.

Der mediane Elixhauser-Score in der offenen chirurgischen Gruppe war höher (12) als in den anderen Gruppen (endovaskuläre Gruppe 10, nur Darmresektion 10 und andere oder keine Behandlungsgruppe 8).

Patienten, welche eine endovaskuläre Revaskularisation im Krankenhaus erhalten haben, wohnten im Median 11 km vom behandelnden Krankenhaus entfernt. Die Fälle der offen chirurgischen Gruppe wurden wohnortnäher versorgt (8 km).

Über 90% der Patienten wurden direkt eingewiesen, wobei der Anteil der Verlegungen in ein anderes Krankenhaus in der endovaskulären Gruppe deutlich höher als in der offen chirurgischen Gruppe war (18,2% vs. 10,7%). Weitere Details sind in Tabelle 1 gezeigt.

Tabelle 1: Charakteristika von Patienten mit akuter mesenterialen Ischämie (K55.0).

n/N (%)	Revaskularisierungsverfahren durchgeführt		Keine viszerale Revaskularisation	
	Offen chirurgisch*	Endovaskulär	Nur Darmresektion	Andere oder keine Behandlung#
Fälle (Zeilen-%)	6.991 (3,2)	2.043 (0,9)	79.195 (36,2)	130.339 (59,6)
Alter	76 (67–83)	71 (62–79)	74 (64–81)	78 (68–84)
Männliches Geschlecht (Spalten-%)	2.954 (42,3)	1.003 (49,1)	36.512 (46,1)	48.437 (37,2)
Elixhauser Summenscore†	12 (7–18)	10 (5–17)	10 (5–18)	8 (3–15)
Kodierte Komorbiditäten (Spalten-%)‡				
Vorhofflimmern	3.448 (49,3)	541 (26,5)	21.989 (27,8)	33.555 (25,7)
Arterielle Hypertonie	4.051 (57,9)	1.218 (59,6)	40.577 (51,2)	68.296 (52,4)
Diabetes mellitus	1.905 (27,2)	613 (30,0)	18.162 (22,9)	32.111 (24,6)
Chronische KHK	1.830 (26,2)	632 (30,9)	16.646 (21,0)	27.795 (21,3)
Karotisstenose	149 (2,1)	73 (3,6)	943 (1,2)	1.614 (1,2)
Nierenarterienstenose	98 (1,4)	95 (4,7)	169 (0,2)	484 (0,4)
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	1.065 (15,2)	416 (20,4)	6.191 (7,8)	9.540 (7,3)
Chronische mesenteriale Ischämie	590 (8,4)	356 (17,4)	1.701 (2,1)	2.222 (1,7)
Siedlungsstruktureller Kreistyp des Wohnsitzes (Bundesinstitut für Bau-, 2022, June 22) (Spalten-%)				
Kreisfreie Großstadt	2.106 (30,1)	666 (32,6)	23.956 (30,2)	37.871 (29,1)
Städtischer Kreis	2.718 (38,9)	698 (34,2)	29.556 (37,3)	50.117 (38,5)
Ländlicher Kreis	1.118 (16,0)	329 (16,1)	12.824 (16,2)	21.198 (16,3)
Dünn besiedelter ländlicher Kreis	1.049 (15,0)	350 (17,1)	12.867 (16,2)	21.157 (16,2)
Luftlinie (Wohnort–Krankenhaus, km)	8 (4–16)	11 (5–27)	7 (4–14)	7 (4–13)
Fahrzeit (Wohnort zum Krankenhaus, Minuten)	12 (6–22)	16 (8–33)	11 (6–20)	11 (6–18)
Art der Aufnahme (Spalten-%)				
direkt (geplante oder ungeplante Aufnahme)	6.245 (89,3)	1.672 (81,8)	73.106 (92,3)	121.206 (93,0)
Zuverlegung	746 (10,7)	371 (18,2)	6.097 (7,7)	9.137 (7,0)

* = einschließlich hybrider Verfahren, #= alle Patienten die nicht verlegt wurden und eine andere Behandlung außer der Revaskularisation oder Darmresektion bekommen haben, ohne Patienten, die in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden. Wenn nicht anders angegeben, wurden metrische Variablen als Median mit dem ersten (Q1) und dritten Quartil (Q3) angegeben. Wenn nicht anderes angegeben, beziehen sich die Prozentwerte auf die Spalte (Spaltenprozent). † = für einzelne Komorbiditäten siehe Tabelle 7. ‡ = für die Kodierung siehe Tabelle 8.

3.2. Krankenhausinzidenz und Art der Behandlung im Krankenhaus

Die alters- und geschlechtsstandardisierte AMI-Inzidenz in Krankenhäusern stieg gering an, von 2005 bis 2014 von 24,4 auf 26,2 pro 100.000 Einwohner (Abbildung 3). Im gleichen Zeitraum stieg die Häufigkeit von Revaskularisierungsverfahren von 0,76 auf 1,23 pro 100.000 Einwohner (relativer Anstieg um 62 %). In etwa konstant blieb die Inzidenz der Patienten mit AMI, die keine Revaskularisierungsverfahren erhalten haben (Abbildung 4). Darüber hinaus stieg die altersstandardisierte Inzidenz endovaskulärer Behandlungen von 0,08 auf 0,41 pro 100.000 Einwohner. Ebenfalls stieg die Inzidenz bei der offenen chirurgischen Behandlung und der Darmresektion um ca. 20% in der Studienzeit zwischen 2005 und 2014 (Abbildung 5). In Abbildung 14 sind die jeweiligen Rohdaten dargestellt.

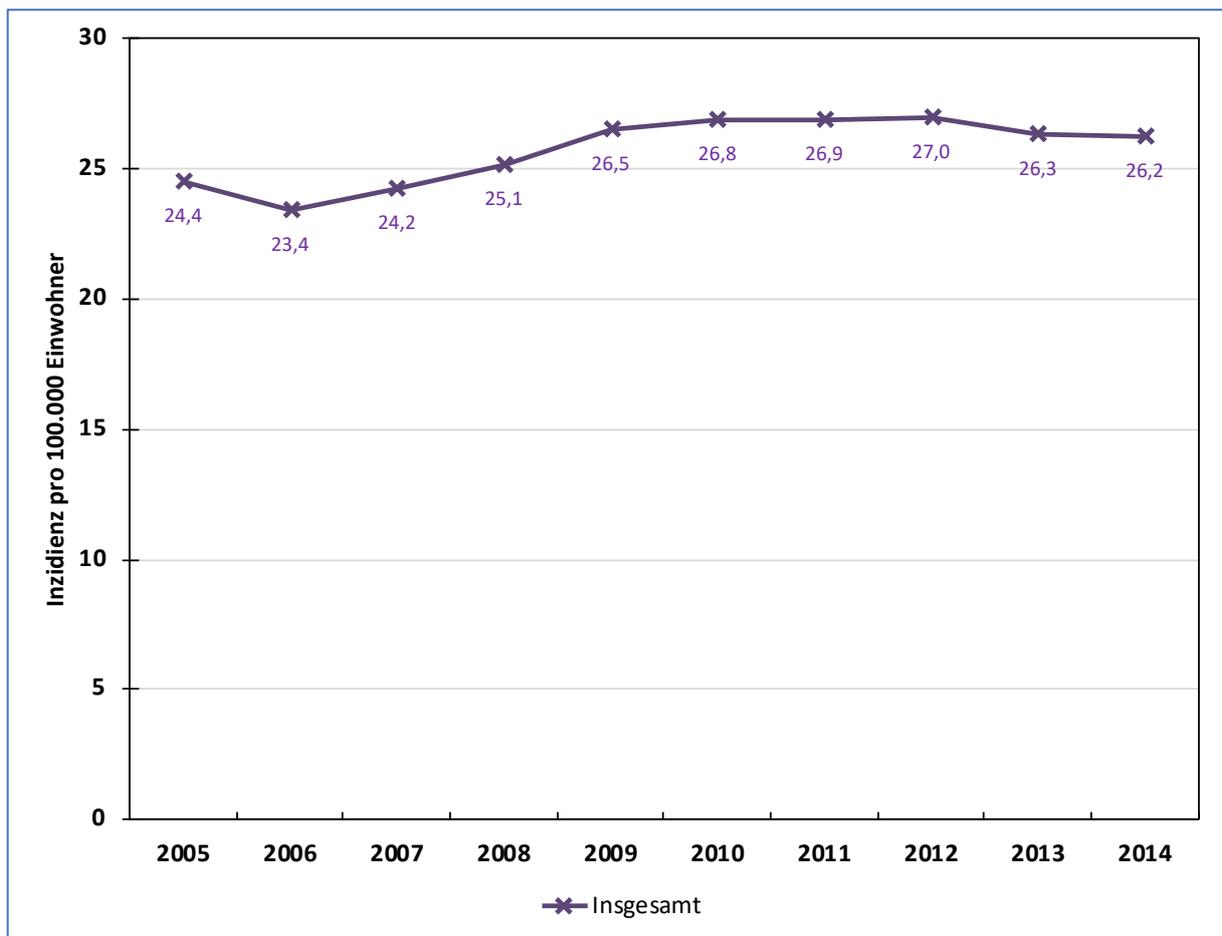


Abbildung 3: Krankenhausinzidenz pro 100.000 Einwohner (alters- und geschlechtsstandardisiert)

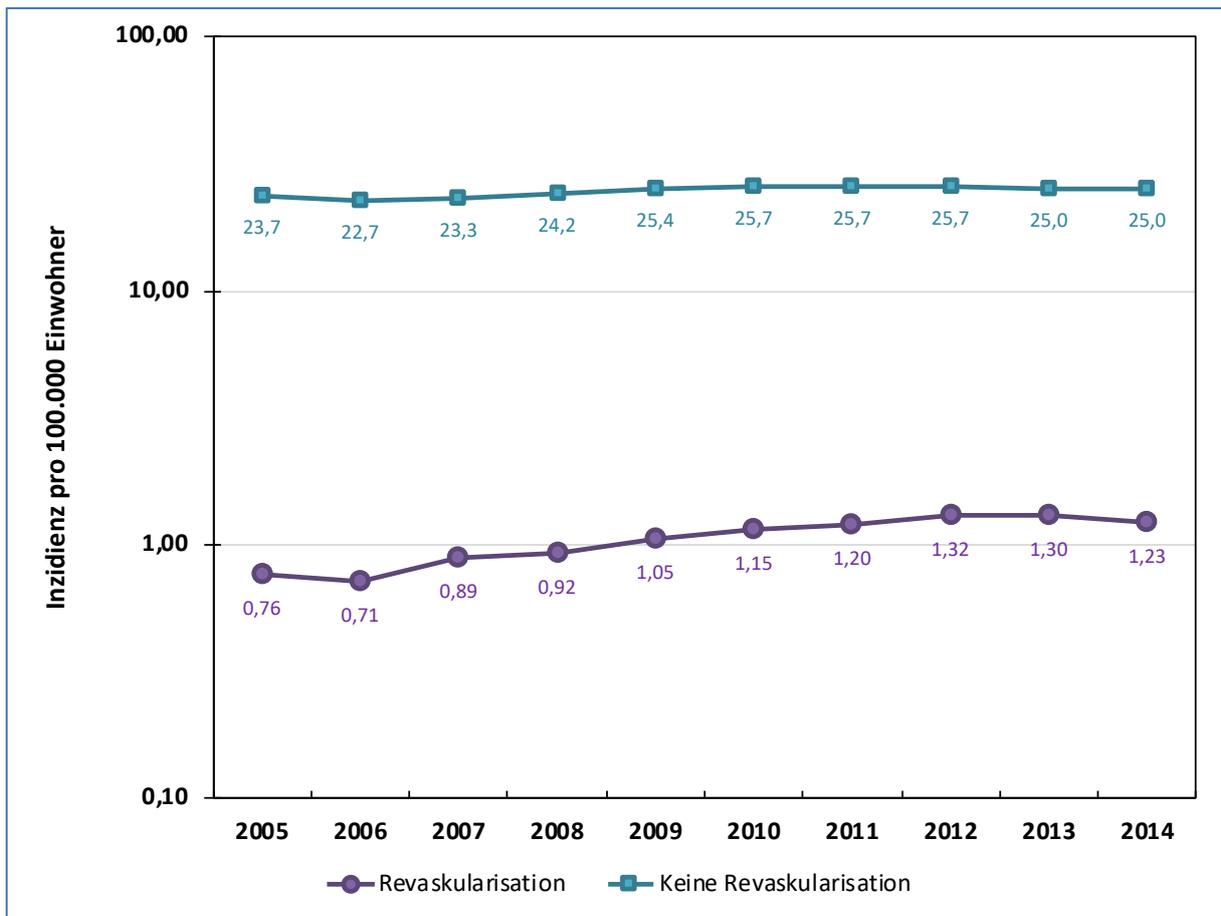


Abbildung 4: Krankenhausinzidenz (alters- und geschlechtsstandardisiert) aufgeteilt nach durchgeführter Therapie (Revaskularisierung vs. keine Revaskularisierung)

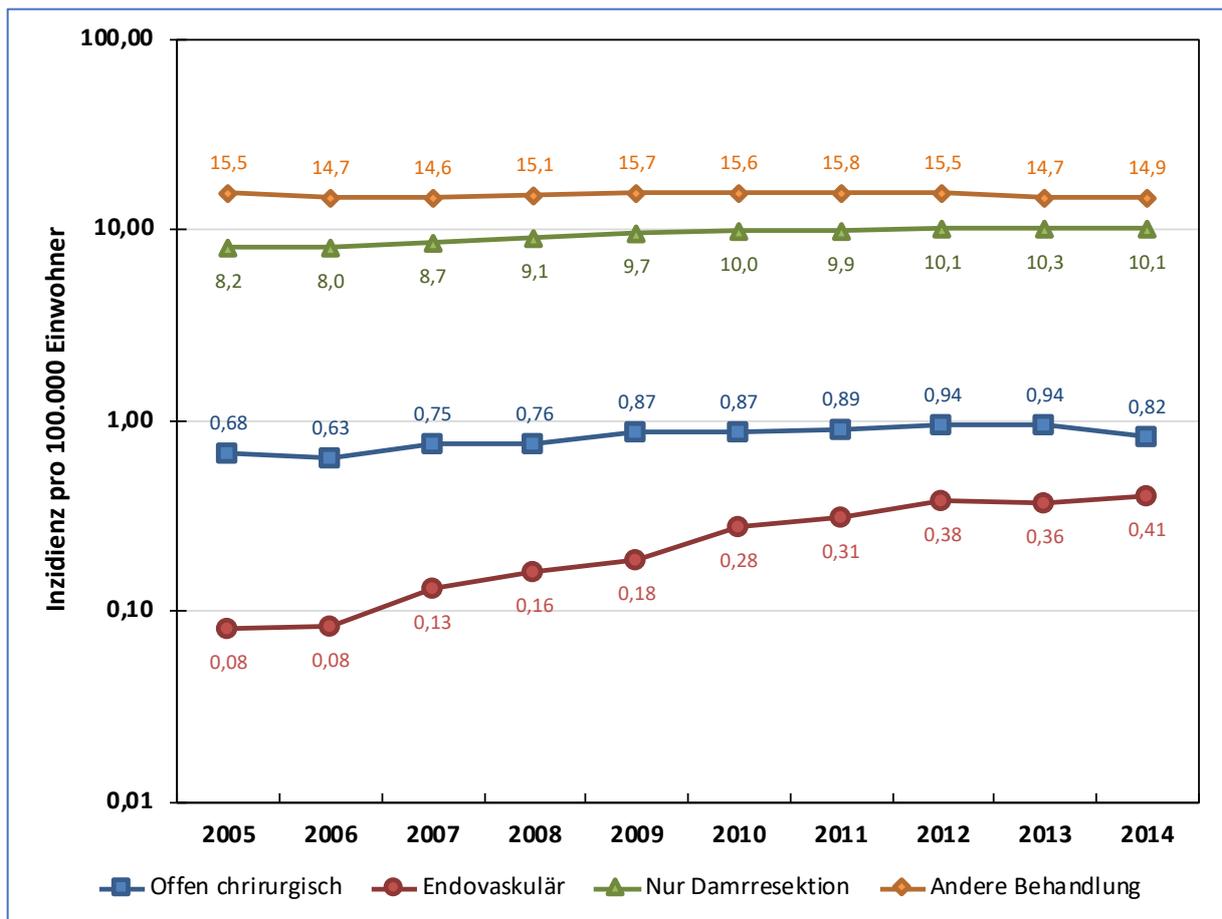


Abbildung 5: Krankenhausinzidenz pro 100.000 Einwohner (alters- und geschlechtsstandardisiert) aufgeteilt nach Therapie (Offen chirurgisch, endovaskulär, nur Darmresektion und andere oder keine Behandlung).

Von allen eingeschlossenen Fällen erhielten 79.203 (36,2%) nur eine Darmresektion und 9.034 (4,1%) ein Revaskularisierungsverfahren. Unter den letzteren wurden 6.991 (77%) mit offenen chirurgischen Mitteln behandelt und in 2.041 (23%) endovaskulär behandelt. Kombinierte Therapien (u.a. offen-chirurgisches Verfahren und endovaskuläres Vorgehen, Hybridverfahren) wurden aus Datenschutzgründen unter der offen chirurgischen Therapie aufgeführt. In 561 von 6.991 Fällen wurde eine endovaskuläre Therapie in Kombination zur offen chirurgischen Therapie durchgeführt. Bei Patienten, die sich einer Revaskularisation unterzogen, stieg der Anteil der Patienten, die eine endovaskuläre Behandlung erhielten, von 10,9% auf 32,5% (Abbildung 15).

Eine Darmresektion wurde zusätzlich in 49% der offenen chirurgischen Gruppe und in 25% der endovaskulären Gruppe durchgeführt.

Die am meisten verwendeten diagnostischen Maßnahmen in Bezug auf die o.g. Gruppen sind in Tabelle 2 dargestellt. In 63,2% erhielten Patienten eine Computertomographie mit Kontrastmittel vor einer offenen chirurgischen Therapie (endovaskulär 66,1%). Deutlich seltener wurde ein MRT vor einer Revaskularisation durchgeführt (offen chirurgische Therapie: 1,3 % und endovaskuläre Therapie 3,5%).

Bei dem Großteil (59,6%) der Patienten mit einer AMI wurde weder eine Revaskularisation noch eine Darmresektion durchgeführt. Nur 12,3% von dieser Gruppe erhielten eine explorative Laparotomie (Tabelle 4).

Außerdem wurde, ähnlich zu der Unterteilung des Wohnsitzes der Patienten in Tabelle 1, der Ort des Krankenhauses analysiert. In allen vier Behandlungsgruppen wurden die meisten Patienten (37%) in einem Krankenhaus, welches in einem städtischen Kreis liegt, behandelt. Mit jeweils 16% wurde der kleinste Anteil der Patienten in einem Krankenhaus, welches in einem ländlichen Kreis oder einem dünn besiedelten ländlichen Landkreis liegt, behandelt.

Eine Kreuztabelle der durchgeführten Verfahren ist in der Tabelle 11 aufgeführt. Zu beachten ist, dass die Tabelle 11 nach Anzahl codierter Prozeduren und nicht nach Krankenhausfällen aufgebaut ist.

Tabelle 2: Management und Behandlung von Patienten mit akuter mesenterialen Ischämie (K55.0)

n/N (Spalten-%)	Revaskularisierungsverfahren		Keine viszerale Revaskularisation	
	Offen chirurgisch* (n = 6.991)	Endovaskulär (n = 2.043)	Nur Darmresektion (n = 79.195)	Andere/keine Behandlung# (n = 130.339)
Siedlungsstruktureller Kreistyp des Krankenhauses				
Kreisfreie Großstadt	3.376 (48,3)	1.219 (59,7)	33.842 (42,7)	49.917 (38,3)
Städtischer Kreis	2.035 (29,1)	472 (23,1)	24.038 (30,4)	43.414 (33,3)
Ländlicher Kreis	761 (10,9)	148 (7,2)	10.407 (13,1)	18.332 (14,1)
Dünn besiedelter ländlicher Kreis	819 (11,7)	204 (10,0)	10.898 (13,8)	18.656 (14,3)
Diagnostik & Management				
CT mit Kontrastmittel	4.419 (6,2)	1.351 (66,1)	37.828 (47,8)	40.111 (30,8)
MRI mit Kontrastmittel	88 (1,3)	72 (3,5)	689 (0,9)	1.594 (1,2)
DSA der Viszeralarterien	1.006 (14,4)	1.692 (82,8)	1.723 (2,2)	3.522 (2,7)
Jährliches Krankenhausvolumen (median)				
AAA Reparatur (OAR oder EVAR)	3 (1–6)	4 (1–7)	1 (0–4)	1 (0–3)
T(A)AA Reparatur (OAR, Hybrid oder f/b EVAR)	0 (0–4)	3 (0–13)	0 (0–1)	0 (0–1)
Reparaturverfahren für eine Aortendissektion	0 (0–4)	3 (0–22)	0 (0–1)	0 (0–0)
Mesenteriale arterielle Revaskularisation †				
Offen chirurgische Eingriffe durchgeführt	6.991 (100)	--	--	--
Offen chirurgische Fälle pro Fall	1,20 (SD 0,53)	--	--	--
Endovaskuläre Eingriffe durchgeführt	561 (8,0)	2.043 (100)	--	--
Endovaskuläre Fälle pro Fall	1,42 (SD 0,83)	1,74 (SD 0,88)	--	--
Darmresektion‡				
Durchgeführt	3.418 (48,9)	514 (25,2)	79.195 (100)	--
Wenn durchgeführt:				
Anzahl der Dünndarmresektionen	1,60 (SD 0,84)	1,49 (SD 0,78)	1,21 (SD 0,53)	--
Anzahl der Dickdarmresektionen	1,16 (SD 0,46)	1,12 (SD 0,38)	1,17 (SD 0,45)	--
Anzahl der Stomata	1,19 (SD 0,46)	1,25 (SD 0,55)	1,16 (SD 0,44)	1,07 (SD 0,28)

* = einschließlich kombinierter Verfahren, # = ohne Patienten, die in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden. Wenn nicht anders angegeben, wurden die metrischen Daten als Mittelwert mit Standardabweichung (SD) angegeben. CT = Computertomographie, MRT = Magnetresonanztomographie, DSA = digitale Subtraktionsangiographie, AAA = Abdominelle Aortale Aneurysmen, TAA = Thorakale Aorten Aneurysmen. † = Kodierung siehe Tabelle 9, ‡ = Kodierung siehe Tabelle 10

3.3. Mortalität im Krankenhaus

Die Gesamtmortalität im Krankenhaus betrug 38,6% (offene chirurgische Revaskularisation 62,6%; endovaskuläre Revaskularisation 31,5%; nur Darmresektion 36,1%; andere oder keine Behandlung 38,9%, Tabelle 3). Von den 130.339 Patienten, die eine andere oder keine Behandlung erhielten, starben 24.707 (19%) innerhalb von 2 Tagen nach der Aufnahme.

Die alters-, geschlechts- und risikoadjustierte Mortalität der AMI aller Behandlungsgruppen betrug im Jahr 2005 45%. Während des Untersuchungszeitraumes nahm die Gesamtmortalität bis zum Jahr 2014 um ca. 11%-Punkte ab und erreichte 2015 einen Wert von 34% (Abbildung 6).

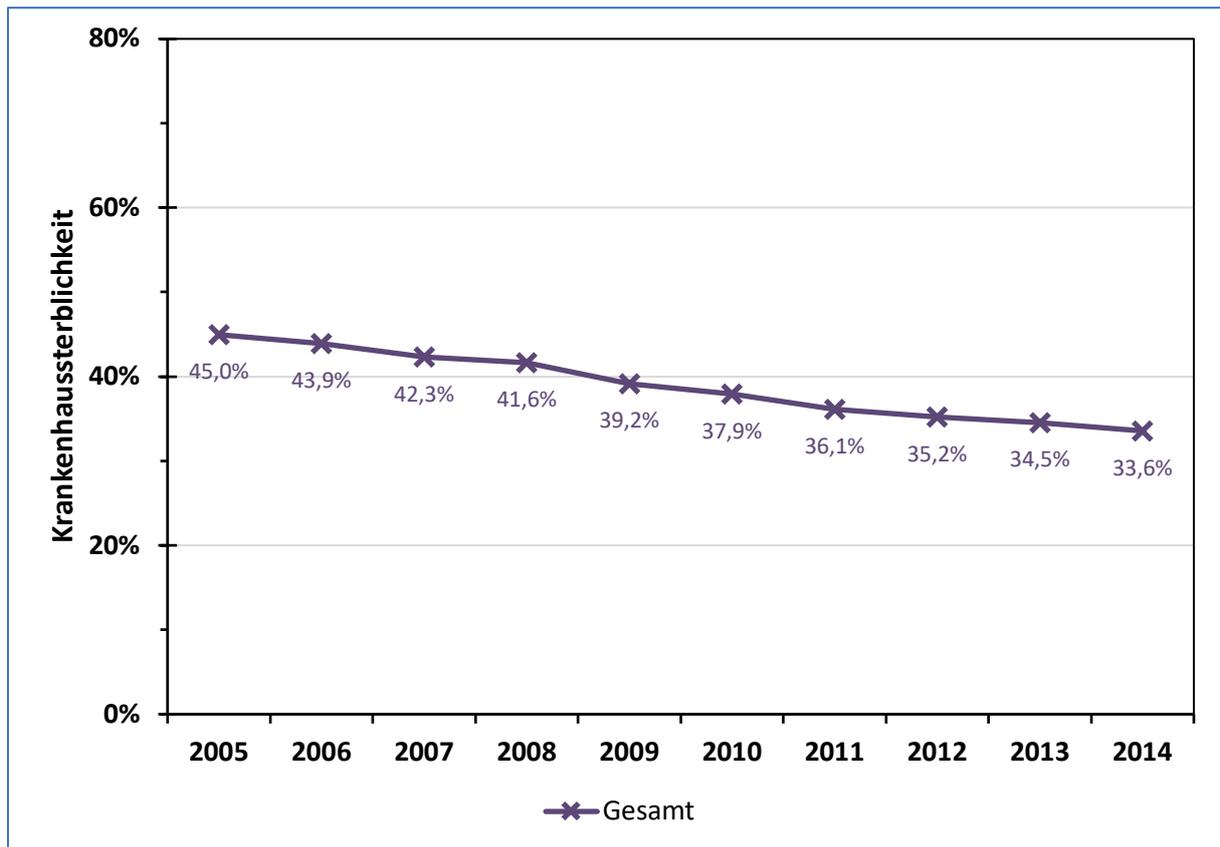


Abbildung 6: Krankenhaussterblichkeit in Prozent für alle Gruppen (alters-, geschlechts- und risikoadjustiert)

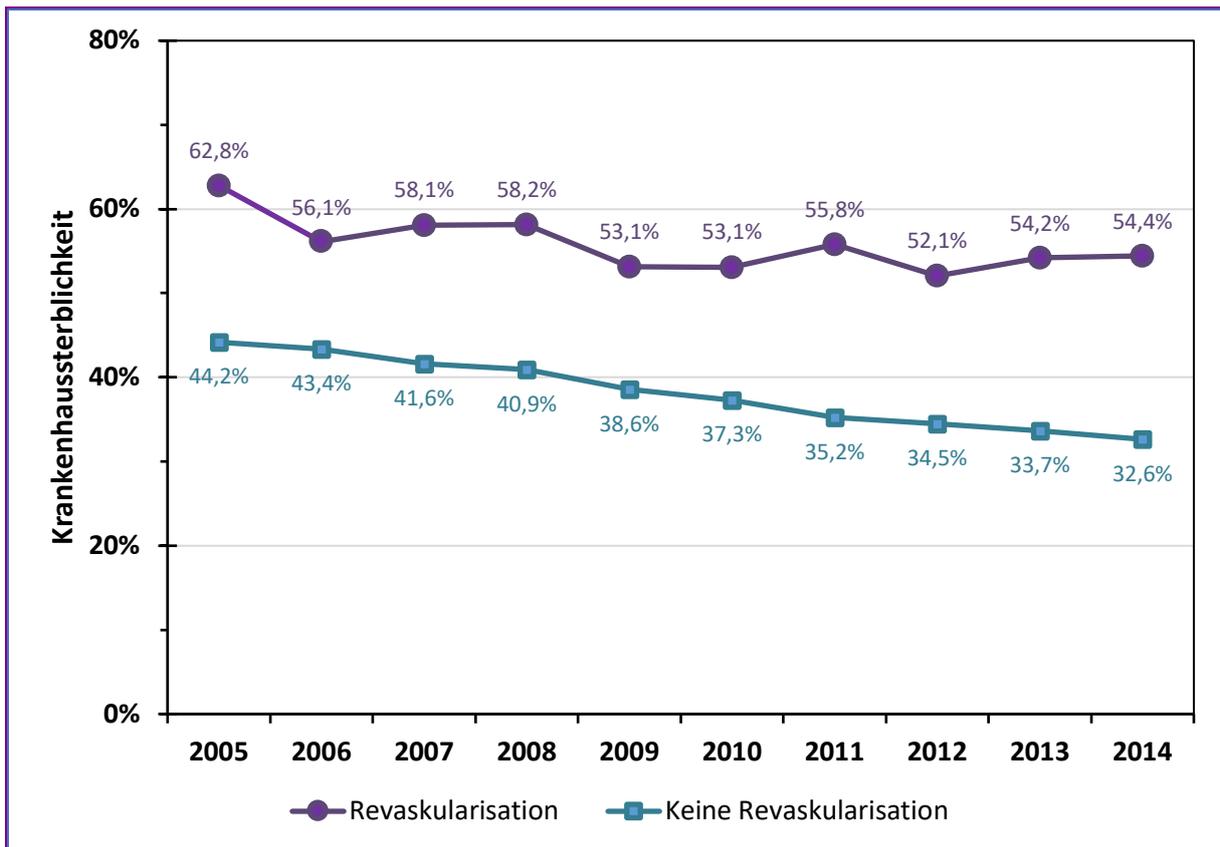


Abbildung 7: Krankenhaussterblichkeit (alters-, geschlechts- und risikoadjustiert) aufgeteilt nach durchgeführter Therapie (Revaskularisation vs. keine Revaskularisation).

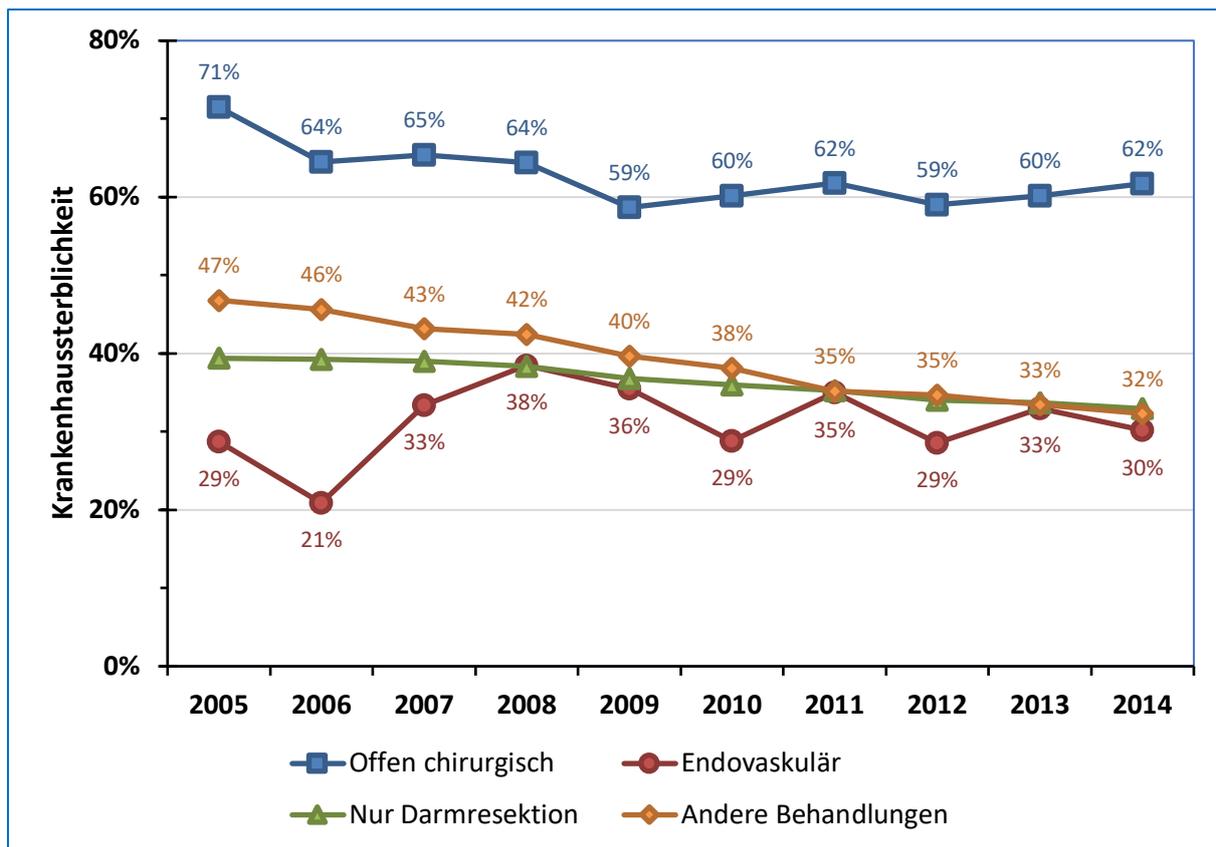


Abbildung 8: Mortalität im Krankenhaus (alters-, geschlechts- und risikoadjustiert) aufgeteilt nach Behandlungsverfahren.

Die alters-, geschlechts- und risikoadjustierte Mortalität aller Revaskularisierungsverfahren zeigte eine Abnahme von 62,8% im Jahr 2005 auf 54,4% im Jahr 2014. Eine Abnahme der Mortalität um ca. 12%-Punkte zeigte sich auch bei den Patienten, die keine Revaskularisation erhielten (Abbildung 7). In Bezug auf offene Revaskularisierungsverfahren sank die alters-, geschlechts- und risikoadjustierte Mortalität von 71% im Jahr 2005 auf 62% im Jahr 2014.

Im Untersuchungszeitraum ist die alters- und geschlechtsspezifische Krankenhaussterblichkeit der Darmresektion minimal gesunken, 2004 lag die Mortalität bei 37,3% und 2015 bei 32,7%. Die Mortalität im Zusammenhang mit endovaskulären Behandlungen lag in den untersuchten Jahren bei etwa 30% (Abbildung 8).

3.4 Sekundäre Outcomes im Krankenhaus

Die Häufigkeit eines akuten Myokardinfarkts war zwischen beiden Revaskularisationsgruppen nicht wesentlich unterschiedlich (offene chirurgisch 5,4% gegenüber endovaskulär 4,7%). Darüber hinaus war das akute Nierenversagen nach einer offenen Operation häufiger (25,0%) als nach einer endovaskulären Behandlung (18,8%).

In 5,5% aller behandelten Patienten wurde eine dokumentierte Reanimation durchgeführt, mit 7,7% am meisten nach einer offen-chirurgischen Revaskularisation.

69,4% der Patienten mit einem offenen Revaskularisationsverfahren erhielten eine verlängerte Beatmung, verglichen mit 53,5% der Patienten, welche nur eine Darmresektion erhielten und 37,4% der Patienten mit einer endovaskulären Revaskularisation. Hingegen ist die mediane Beatmungszeit bei den Patienten nach einer offen-chirurgischen Behandlung mit 73 Stunden deutlich unter der medianen Beatmungszeit der Patienten mit einer endovaskulären Versorgung und Darmresektion (105 Stunden bzw. 123 Stunden).

26,6% der Patienten erhielten nach einer offen chirurgischen Revaskularisation eine Transfusion von mindestens 5 Erythrozytenkonzentraten, in der Gruppe mit keiner oder einer anderen Behandlung lediglich 6,7%. Im Vergleich zu den anderen Gruppen erhielten die Patienten in der endovaskulären Versorgungsgruppe mit 3,1% am häufigsten >5 Thrombozytenkonzentrate.

Bei 0,3% aller behandelten Patienten musste eine ECMO-Therapie durchgeführt werden, prozentual wurde diese am meisten nach einer endovaskulären Versorgung durchgeführt.

Der mediane Case Mix Index von 3,5 in der offen chirurgischen Behandlungsgruppe (Gruppe 1a) und in der „nur Darmresektion“-Gruppe (Gruppe 2a) war höher als in der Gruppe „endovaskulär“ (Gruppe 1b) mit 2,9 und „andere oder keine Behandlung“ (Gruppe 2b) mit 1,31.

In Bezug auf die Dauer des Krankenhausaufenthalts nach offener chirurgischer und endovaskulärer Behandlung (Median jeweils 14 Tage) konnte kein relevanter Unterschied festgestellt werden (Tabelle 3).

In Bezug auf die Art der Entlassung zeigte sich in den jeweiligen Gruppen eine unterschiedliche Verteilung. Nach einer offen chirurgischen Behandlung wurden

63,3% der Überlebenden in die häusliche Versorgung entlassen, 16,7% in eine Rehabilitation entlassen und 15,9% wurden in ein anderes Krankenhaus verlegt. In der Gruppe der endovaskulären Revaskularisation war der Anteil der Patienten, die nach Hause entlassen wurden mit 79,3% höher. Sieben Prozent der Patienten wurden in ein Rehabilitationszentrum entlassen und 11,9% in ein anderes Krankenhaus verlegt.

Tabelle 3: Outcome von Patienten mit akuter mesenterialen Ischämie (K55.0).

	Revaskularisierungsverfahren		Keine Revaskularisation	
	Offen chirurgisch* (n = 6.991)	Endovaskulär (n = 2.043)	Nur Darmresektion (n = 79.195)	Andere oder keine Behandlung# (n = 130.339)
Primäres Outcome				
Krankenhaussterblichkeit	4.349 (62,2)	643 (31,5)	28.616 (36,1)	50.689 (38,9)
Sekundäre Outcomes				
Akuter Myokardinfarkt	377 (5,4)	97 (4,7)	2.875 (3,6)	4.707 (3,6)
Reanimation	541 (7,7)	116 (5,7)	5.520 (7,0)	5.779 (4,4)
Akute Niereninsuffizienz	1.751 (25,0)	384 (18,8)	17.712 (22,4)	16.856 (12,9)
Akute Extremitätenischämie	1.190 (17,0)	260 (13,0)	1.896 (2,4)	3.012 (2,3)
Transfusion >5 Erythrozytenkonzentraten	1.861 (26,6)	492 (24,1)	19.764 (25,0)	8.686 (6,7)
Transfusion >5 Thrombozytenkonzentraten	155 (2,2)	64 (3,1)	2.243 (2,8)	1.267 (1,0)
ECMO Therapie	14 (0,2)	13 (0,6)	298 (0,4)	359 (0,3)
Verlängerte Beatmung	4.854 (69,4)	764 (37,4)	42.394 (53,5)	24.357 (18,7)
Verlängerte Beatmungszeit (Stunden)	73 (30–229)	105 (32–306)	123 (38–370)	36 (11–178)
Administrative Ergebnisse				
DRG Case mix index	3,5 (2,7–7,9)	2,9 (2,2–6,3)	3,5 (2,5–8,2)	1,31 (0,8–1,9)
Krankenhausaufenthalt (Tage)	14 (4–27)	14 (7–26)	18 (10–33)	8 (3–15)
Art der Entlassung (Überlebende)				
Reguläre Entlassung nach Hause	1.674 (63,4)	1.110 (79,3)	38.252 (75,6)	71.695 (90,0)
Entlassung in ein Rehabilitätszentrum	440 (16,7)	92 (6,6)	4664 (9,2)	2737 (3,4)
Verlegung in ein anderes Krankenhaus	421 (15,9)	166 (11,9)	5160 (10,2)	- -
Andere Art der Entlassung	107 (4,0)	32 (2,2)	2503 (5,0)	5218 (6,6)

* = einschließlich kombinierter Verfahren, # = ohne Patienten, die in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden, HD = Hauptdiagnose, ND = Nebendiagnose. Wenn nicht anders angegeben, wurden die metrischen Daten als Median mit dem ersten (Q1) und dritten Quartil (Q3) angegeben. ECMO= Extrakorporale Membranoxygenierung

Tabelle 4: Fälle und Mortalität in Gruppe 4 (andere oder keine Behandlung)

	Keine Revaskularisationsverfahren, andere oder keine Behandlung, nicht verlegt			
	Fälle (%)		Verstorbene (%)	
Gesamtzahl	130.339	(100)	50.689	(38,9)
Explorative Laparotomie	16.007	(12,3)	14.109	(88,1)
Laparotomie mit Drainage	2.205	(1,7)	1.296	(58,8)
Relaparotomie	2.900	(2,2)	1.763	(60,8)
Jede andere Laparotomie	20.008	(15,4)	16.397	(82,0)
Andere oder keine Prozedur	89.219	(68,5)	17.124	(19,2)

Der Großteil der behandelten Patienten mit einer akuten mesenterialen Ischämie erhielten keine Revaskularisation und keine Darmresektion (ca. 60%).

In 16.007 (12,3%) von den 130.339 Fällen wurde eine explorative Laparotomie durchgeführt, hier zeigte sich die höchste Mortalität mit 88,1% (Tabelle 4).

3.5. Ergebnisse und Risikofaktoren basierend auf einer Mehrebenen multivariablen Regressionsanalyse

(a) Wahrscheinlichkeit für eine Revaskularisation (ja vs. nein)

Revaskularisierungsverfahren (entweder offen chirurgisch oder endovaskulär) wurden signifikant häufiger bei Patienten durchgeführt, die aus einem anderen Krankenhaus überwiesen wurden (OR 1,41), die in Krankenhäusern mit höherem jährlichen AMI-Volumen behandelt wurden (OR 1,55 pro 1 log-Punkt-Anstieg), Patienten mit Vorhofflimmern (OR 2,15), Patienten mit Diabetes mellitus (OR 1,04) und Patienten mit chronischer mesenterialen Ischämie (OR 5,17). Eine Revaskularisation war bei Männern (OR 0,95) und jüngeren Patienten (OR 0,97 pro 10 Jahre) signifikant weniger wahrscheinlich. Siehe Abbildung 9.

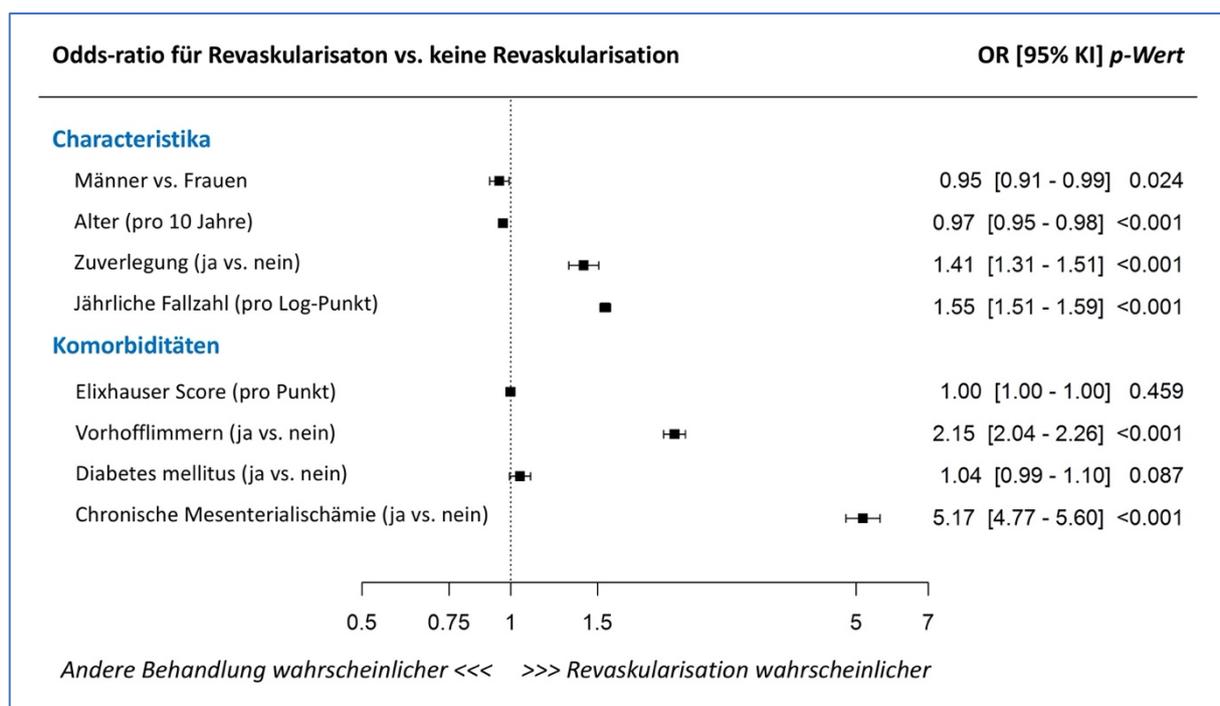


Abbildung 9: Forest-Plot von Faktoren, die mit der Wahrscheinlichkeit einer Revaskularisierung im Vergleich zu keiner Revaskularisierung assoziiert sind (n=212.562 Patienten, 9.034 'Events').

Fehlende Werte (alle aus der Gruppe ohne Revaskularisation) wurden nicht imputiert. Die Regression wurde nach regionaler Siedlungsstruktur des behandelnden Krankenhauses und den Wohnort des Patienten (4 Kategorien von kreisfreier Großstadt bis dünn besiedelter ländlicher Kreis) sowie an einen einfachen Summenscore für vier andere atherosklerotische Erkrankungen (koronare Herzkrankheit, Karotisstenose, Nierenarterienstenose, periphere Arterienerkrankung) adjustiert.

(b) Wahrscheinlichkeit für eine endovaskuläre Revaskularisation (endovaskulär vs. offen-chirurgisch)

Eine endovaskuläre Behandlung war häufiger bei Patienten, die aus einem anderen Krankenhaus überwiesen wurden (OR 1,46), die in Krankenhäusern mit höherem jährlichen AMI-Volumen behandelt wurden (OR 1,44 pro 1 log-Punkt-Anstieg), bei Patienten mit Diabetes mellitus (OR 1,28) und Patienten mit der Nebendiagnose einer chronischen mesenterialen Ischämie (OR 1,72). Endovaskuläre Eingriffe wurden seltener bei älteren Patienten (OR 0,89 pro 10 Jahre Altersdifferenz), Patienten mit höherem Elixhauser-Score (OR 0,99 pro Punkt) und Patienten mit Vorhofflimmern (0,46) durchgeführt. Siehe Abbildung 10.

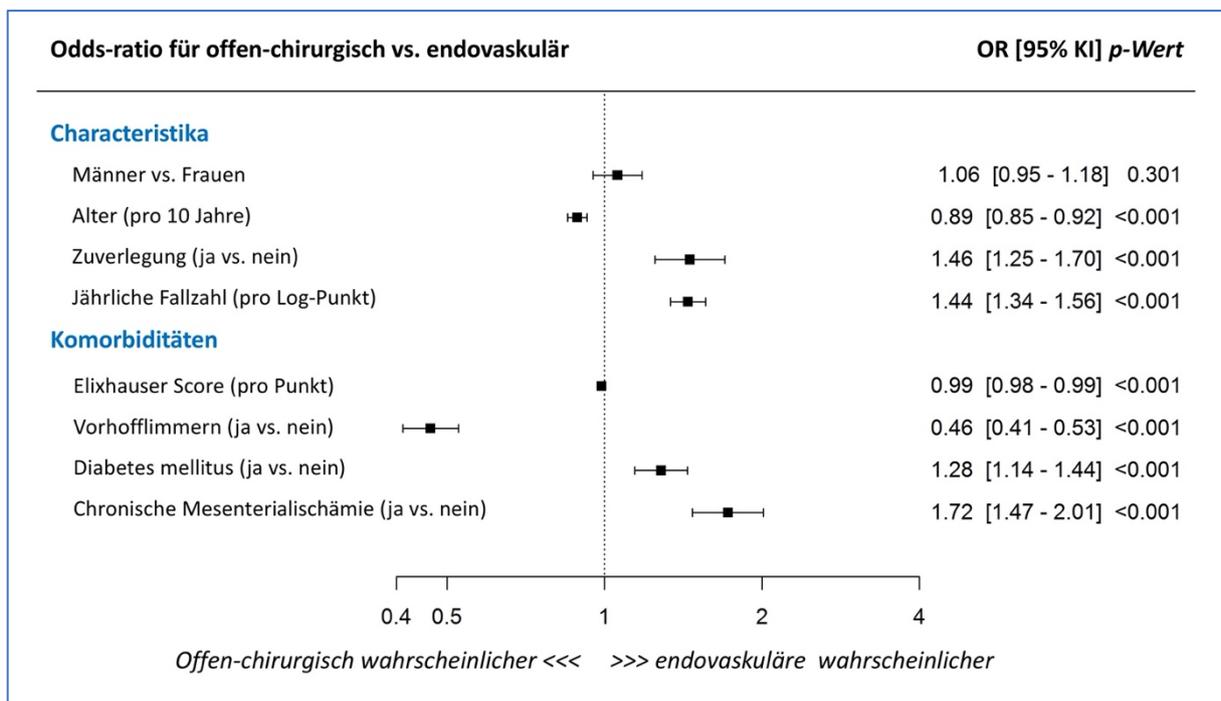


Abbildung 10: Forest-Plot von Faktoren, die mit der Wahrscheinlichkeit einer endovaskulären Behandlung im Vergleich zu einer offenen Operation bei Patienten assoziiert sind, die eine Revaskularisation erhalten (n=9.034 Patienten, n=2.043 'Events').

Fehlende Werte (alle aus der Gruppe ohne Revaskularisation) wurden nicht imputiert. Die Regression wurde nach regionaler Siedlungsstruktur des behandelnden Krankenhauses und den Wohnort des Patienten (4 Kategorien von kreisfreier Großstadt bis dünn besiedelter ländlicher Kreis) sowie an einen einfachen Summenscore für vier andere atherosklerotische Erkrankungen (koronare Herzkrankheit, Karotisstenose, Nierenarterienstenose, periphere Arterienerkrankung) adjustiert.

(c) Wahrscheinlichkeit für das Versterben im Krankenhaus (Mortalität)

Mit der Krankenhaussterblichkeit assoziiert waren ein höheres Alter (gepoolter OR 1,41, KI 1,23–1,62, $p < 0,001$) und eine höhere Komorbiditätsbelastung (Elixhauser-Score, gepoolter OR 1,05, KI 1,03–1,07, $p < 0,001$). Diabetes mellitus war mit einer geringeren Mortalität assoziiert (gepoolter OR 0,96, KI 0,93–1,00, $p = 0,03$). Die letzteren Assoziationen waren in den Gruppe 1–3 homogen (offen-chirurgisch, nur endovaskulär, nur Darmresektion). Patienten, die aus einem anderen Krankenhaus überwiesen wurden, zeigten einen Trend zu einer höheren Mortalität (gepoolter OR 1,36, KI 0,91–2,02, $p = 0,14$). Keine signifikante Assoziation mit der Mortalität im Krankenhaus zeigten sich für das Geschlecht ($p=0,73$), dem Vorhofflimmern ($p=0,42$), der chronischen Mesenterialischämie ($p=0,61$) und dem AMI-Krankenhausvolumen ($p=0,72$). Die letzteren Assoziationen zeigten jedoch eine signifikante Effektmodifikation nach Art der Behandlung, was darauf hinweist, dass die einzelnen Effekte zwischen den Gruppen 1–3 signifikant unterschiedlich waren. In Abbildung 11 sind weitere subkohortenspezifische Ergebnisse dargestellt.

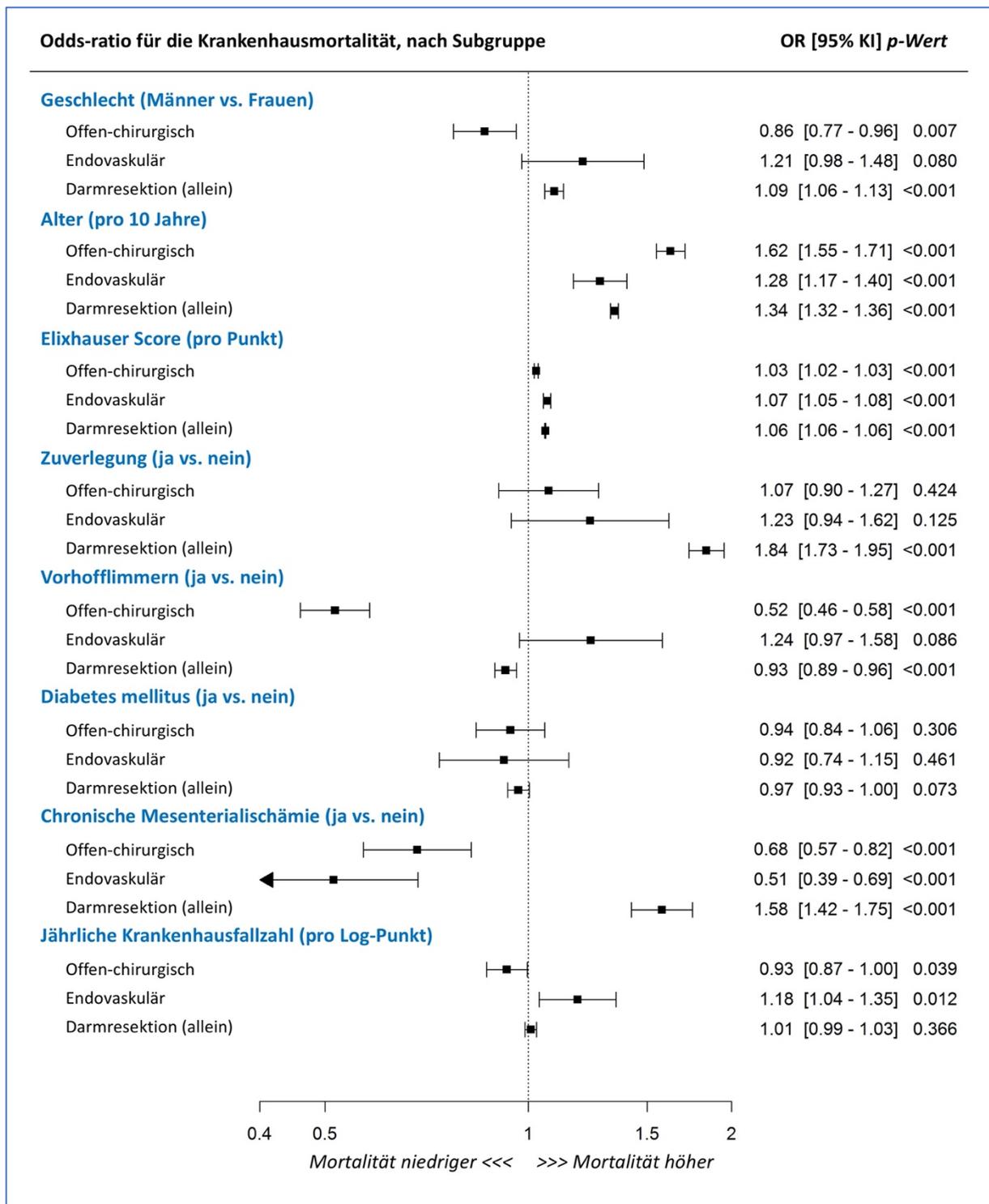


Abbildung 11: Forest Plot von Faktoren, die mit der Mortalität im Krankenhaus von Patienten mit offener chirurgischer Revaskularisation (erste Linien), Patienten mit endovaskulärer Revaskularisation (zweite Linien) und Patienten mit nur Darmresektion (dritte Linien)

Die Wahrscheinlichkeit wurde an die regionale Siedlungsstruktur des behandelnden Krankenhauses und den Wohnort des Patienten (4 Kategorien von kreisfreier Großstadt bis dünn besiedelter ländlicher Kreis) sowie an einen einfachen Summenwert (0–4) der Verwaltungscodes für vier andere atherosklerotische Erkrankungen (koronare Herzkrankheit, Karotisstenose, Nierenarterienstenose, periphere Arterienerkrankung) angepasst. Die Anzahl der Patienten (p) und Ereignisse (e) innerhalb der Untergruppen beträgt n = 2.642 und e = 4.349 für offene chirurgische Eingriffe, n = 1.400 und e = 643 für nur endovaskuläre Erkrankungen und n = 50.572 und e = 28.613 für nur Darmresektion. Fehlende Werte wurden nicht dazugerechnet.

3.6. Volume Outcome Analyse

Für die Volume Outcome Analyse wurden die Krankenhäuser unter Verwendung des k-Means Algorithmus in drei Cluster (C1 = low-volume, C2 = middle-volume, C3 = high-volume) eingeteilt. Die empirische¹ Einteilung erfolgte anhand der behandelten Fälle der AMI pro Jahr pro Zentrum. Die folgenden Charakteristika beziehen sich nur auf Patienten, die eine Revaskularisation oder Darmresektion erhalten haben (Gruppen 1–3).

Das Cluster 1 beinhaltet alle Krankenhäuser, die zwischen 1-7 Fälle pro Jahr behandelt haben. Im Cluster 2 haben Krankenhäuser 8-20 Fälle pro Jahr und im Cluster 3 über 20 Fälle pro Jahr behandelt. In Cluster 2 wurden mit 39.869 (45,2%) die meisten Fälle behandelt. 23.380 (26,5%) der Fälle wurde in Cluster 1 behandelt.

Das mediane Alter in den jeweiligen Clustern war in C1 mit 75 Jahren am höchsten und in C3 mit 72 Jahren waren die Patienten am jüngsten. Der Männeranteil war in Cluster 3 mit 50,9% deutlich höher als der Männeranteil in Cluster 1 (42,2%). Der Elixhauser Summenscore war in C3 mit einem medianen Wert von 12 am höchsten (C1 9; C2 10). Des Weiteren wurden die wichtigsten Komorbiditäten in Bezug auf die AMI und die jeweiligen Cluster in Tabelle 5 dargestellt. Bezogen auf Vorhofflimmern, Arterielle Hypertonie, Diabetes Mellitus und Chronische KHK zeigte sich kein wesentlicher Unterschied in den jeweiligen Gruppen. Allerdings zeigte sich bei der pAVK und der chronischen mesenterialen Ischämie, dass prozentual die meisten Fälle im Cluster 3 vorzufinden waren.

Die meisten Krankenhäuser, welche über 20 Fälle der AMI pro Jahr behandelten, befinden sich in einer kreisfreien Großstadt (69,9%). Nur 6,6% aller Krankenhäuser aus dem Cluster C3 befinden sich in einem dünn besiedelten ländlichen Kreis. Hingegen sich Krankenhäuser aus dem Cluster C1 in nur 24,1% der Fälle in einer kreisfreien Großstadt befinden und in 18,6% in einem dünn besiedelten ländlichen Kreis.

In 95,6% der Fälle werden Patienten mit einer AMI direkt in ein Krankenhaus des Clusters 1 eingewiesen und in 85,8% in ein Krankenhaus des Clusters 3. Der Anteil an Patienten, die von einem anderen Krankenhaus transferiert werden, steigt mit dem

¹ auf den Daten selbst beruhend bzw. aus experimentellen Untersuchungen hergeleitet. Gegenteil von theoretisch.

Volumen des Krankenhauses. In C1 sind es 4,3% und in C3 sind es 13,5%. Mit steigendem Volumen der jeweiligen Krankenhäuser steigt auch die Wegstrecke und Fahrtzeit, welche Patienten zum Krankenhaus benötigen. In C1 benötigten Patienten im Durchschnitt 7 km bzw. 10 Minuten ins Krankenhaus, hingegen Patienten in C3 9 km und 13 Minuten. Weitere Details sind in Tabelle 5 zu finden.

Tabelle 5: Charakteristika von allen Fällen (n=88.229), welche eine Revaskularisation oder Darmresektion bei einer akuten mesenterialen Ischämie erhalten haben.

	Insgesamt	C1 (1-7) low-volume	C2 (8-20) middle-volume	C3 (21-86) high-volume
Fälle (Zeilen-%)	88.229	23.380 (26,5)	39.869 (45,2)	24.980 (28,3)
Fälle von AMI je Krankenhaus	13 (7-22)	5 (3-6)	13 (10-16)	30 (24-39)
Fälle offen chirurgisch* (Zeilen-%)	6.991	1.235 (17,7)	3.367 (48,1)	2.389 (34,2)
Fälle endovaskulär (Zeilen-%)	2.043	233 (11,4)	736 (36,0)	1.074 (52,6)
Fälle nur Darmresektion (Zeilen-%)	79.195	21.912 (27,7)	35.766 (45,2)	21.517 (27,1)
Alter	74 (64-81)	75 (66 – 83)	74 (65-82)	72 (61-79)
Männliches Geschlecht (Spalten-%)	40.469 (45,9)	9.855 (42,2)	17.098 (42,9)	12.706 (50,9)
Elixhauser Summenscore[†]	10 (5-17)	9 (5-16)	10 (5-17)	12 (5-19)
Komorbiditäten (Spalten-%)[‡]				
Vorhofflimmern und Flattern	25.977 (29,4)	6.511 (27,8)	11.798 (29,6)	7.668 (30,7)
Arterielle Hypertonie	45.840 (52,0)	12.341 (52,8)	20.961 (52,6)	12.538 (50,2)
Diabetes mellitus	20.677 (23,4)	5.456 (23,3)	9.092 (22,8)	6.129 (24,5)
Chronische KHK	19.105 (21,7)	4.872 (20,8)	8.517 (21,4)	5.716 (22,9)
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	9.416 (10,7)	2.024 (8,7)	4.202 (10,5)	3.190 (12,8)
Chronische mesenteriale Ischämie	2.647 (3,0)	485 (2,1)	1.152 (2,9)	1.010 (4,0)
Siedlungsstruktureller Kreistyp des KH (Spalten-%)				
Kreisfreie Großstadt	38.437 (43,6)	5.644 (24,1)	15.340 (38,5)	17.453 (69,9)
Städtischer Kreis	26.545 (30,1)	9.027 (38,6)	12.986 (32,6)	4.532 (18,1)
Ländlicher Kreis	11.316 (12,8)	4.352 (18,6)	5.627 (14,1)	1.337 (5,4)
Dünn besiedelter ländlicher Kreis	11.921(13,5)	4.347 (18,6)	5.916 (14,8)	1.658 (6,6)

Tabelle 5: Fortsetzung

	Insgesamt	C1 (1-7) low-volume	C2 (8-20) middle-volume	C3 (21-86) high-volume
Art der Einweisung (Spalten-%)				
Direkt	81.016 (91,8)	22.355 (95,6)	37.224 (93,4)	21.437 (85,8)
Transferiert von einem anderen Krankenhaus	6.964 (7,9)	1.008 (4,3)	2.574 (6,5)	3.382 (13,5)
Unbekannt	249 (0,3)	17 (0,1)	71 (0,1)	161 (0,7)
Direkter Weg (Wohnsitz-Krankenhaus, km)	7 (4-14)	7 (4-12)	7 (4-14)	9 (4-21)
Fahrtzeit (Wohnsitz zum Krankenhaus, Minuten)	11 (6-20)	10 (6-18)	11 (6-19)	13 (7-27)

* = einschließlich hybrider Verfahren. Wenn nicht anders angegeben, wurden die metrischen Zahlen als Median mit dem ersten (Q1) und dritten Quartil (Q3) angegeben. † = für einzelne Komorbiditäten siehe Tabelle 7. ‡ = für die Kodierung siehe Tabelle 8.

Die Abbildung 12 zeigt die Entwicklung der absoluten Krankenhausfallzahlen der AMI zwischen 2005 und 2014, die eine Revaskularisation oder Darmresektion erhalten haben. Dabei wurde wie in Tabelle 5 zwischen den Clustern C1, C2 und C3 unterschieden. 2005 wurden in Deutschland insgesamt 7.047 Patienten mit einer AMI behandelt, die eine Revaskularisation oder Darmresektion erhielten. In 2014 wurden 10.073 Patienten behandelt, somit ist der Anteil im gesamten Untersuchungszeitraum um über 40% gestiegen.

Zudem zeigt sich zwischen 2005 und 2014 ein deutlicher Anstieg der behandelten Patienten in den Gruppen C1 und C3, hingegen ein leichter Abfall in C2 zu sehen ist.

In C1 zeigt sich eine Zunahme der Fallzahlen um ca. 43% und in C3 um 160%. Ein Rückgang von ungefähr 23% der zu behandelnden Fälle ist in dem Cluster C2 zu sehen.

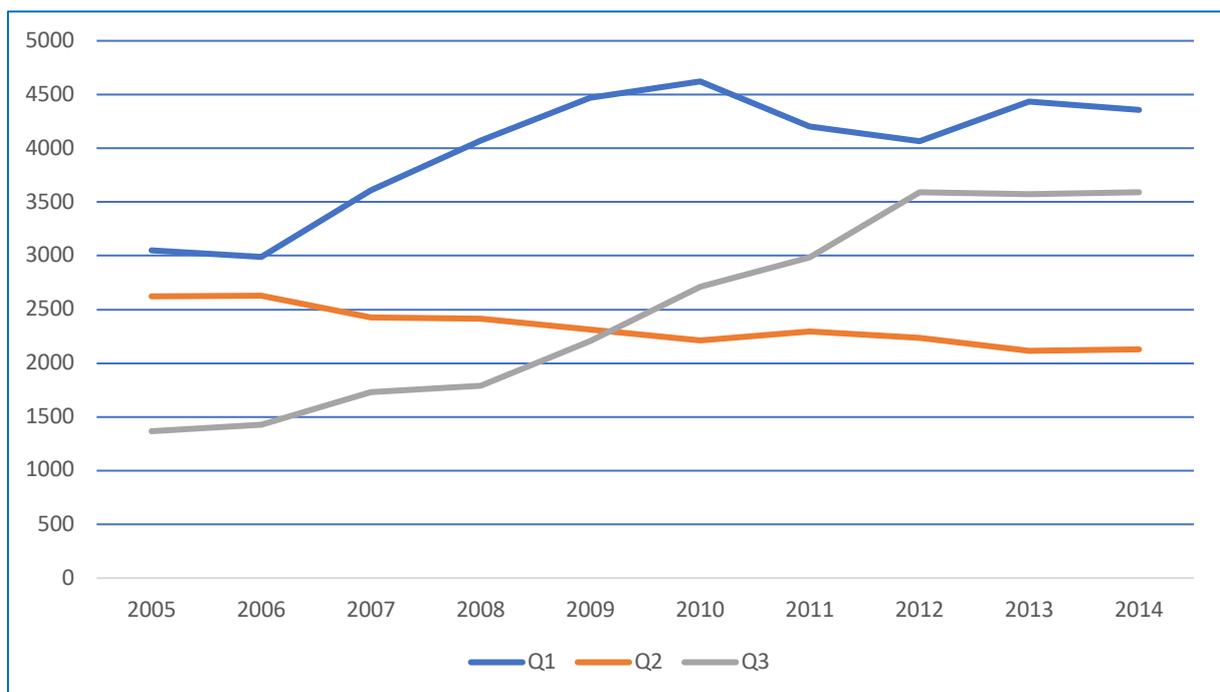


Abbildung 12: Entwicklung der absoluten Krankenhausfallzahlen bezogen auf die Krankenhauscluster (Revaskularisation und Darmresektion)

Die Tabelle 6 zeigt das Outcome der AMI in den jeweiligen Clustern an.

Die rohe Krankenhaussterblichkeit aller revaskularisierten Fälle für die AMI lag bei 38,1%. Die größte Krankenhaussterblichkeit mit 40,7% war in C3, hingegen die

geringste Mortalität in C1 (35,5%). Zusätzlich wurde die Mortalität, abhängig von der Versorgung dargestellt. Bei der offen chirurgischen Gruppe zeigte sich eine Abnahme der Mortalität mit steigendem Volumen, somit besteht eine indirekte Assoziation zwischen der Krankenhaussterblichkeit und dem Volumen. In C1 lag die Mortalität bei 66,2 % und in C3 bei 58,1%.

Hingegen ist in den anderen beiden Gruppen (endovaskulär und Darmresektion allein) eine zunehmende Mortalität mit steigendem Volume zu sehen ist. Bei der endovaskulären Versorgung lag die Mortalität in C1 bei 25,3%, in C3 bei 35,2% und bei der Darmresektion in C1 bei 35,8% und in Q3 bei 39,1%.

Bei den sekundären Outcomes zeigte sich, dass in C3 die meisten Komplikationen eintraten. Mit 22,5% war die akute Niereninsuffizienz die häufigste Komplikation bei der Behandlung der AMI. Die Niereninsuffizienz in C3 trat um mehr als 10% öfter auf als in C1.

In C3 wurden mehr als doppelt so oft Erythrozytenkonzentrate und über vierfach so viele Thrombozytenkonzentrate verabreicht wie in C1 (36,3% vs. 16,3% u. 5,3% vs. 1,1%). Von den 325 durchgeführten ECMO-Therapien, wurden 70% in C3 durchgeführt. Im Rahmen der AMI Versorgung lagen ca. $\frac{1}{4}$ der Patienten in C1 und $\frac{1}{2}$ in C3 der Patienten auf der Intensivstation.

49% Prozent der Patienten in C1 und 42% in C3 wurden nach Hause entlassen. Mit 6,7% wurden in C3 die meisten Patienten in eine Rehabilitation entlassen. Die meisten Patienten, die in ein anderes Krankenhaus verlegt wurden, waren bereits in einem Krankenhaus des Clusters C3 (7,8%). Mit 5,8% wurden die wenigsten Patienten aus einem Krankenhaus des Clusters C2 verlegt. Im Median hatten die Patienten in C1 (17 Tage) die kürzeste und in C3 die längste (19 Tage) Aufenthaltsdauer.

Tabelle 6: Outcome von Patienten mit einer akuten mesenterialen Ischämie (K55.0)

	OVERALL	C1	C2	C3
Fälle (absolut-%)	88.229	23.380 (26,5)	39.869 (45,2)	24.980 (28,3)
Krankenhaussterblichkeit	33.608 (38,1)	8.289 (35,5)	15.143 (38,0)	10.176 (40,7)
Offen-chirurgische Mortalität	4.349 (62,2)	818 (66,2)	2.144 (63,7)	1.387 (58,1)
Endovaskuläre Mortalität	643 (31,5)	59 (25,3)	206 (28,0)	378 (35,2)
Nur Darmresektion Mortalität	28.616 (36,1)	7.412 (35,8)	12.793 (35,8)	8.411 (39,1)
Sekundäre Outcomes				
Akuter Myokardinfarkt	3.349 (3,8)	605 (2,6)	1.380 (3,5)	1.364 (5,5)
Reanimation	6.177 (7,0)	1.171 (5,0)	2.592 (6,5)	2.414 (9,7)
Akute Niereninsuffizienz	19.847 (22,5)	4.158 (17,8)	8.458 (21,2)	7.231 (28,9)
Periphere arterielle Verschlusskrankheit der Extremitäten	7.672 (8,7)	1.573 (6,7)	3.463 (8,7)	2.636 (10,6)
Transfusion >5 Erythrozytenkonzentraten	22.117 (25,1)	3.816 (16,3)	9.245 (23,2)	9.056 (36,3)
Transfusion > 5 Thrombozytenkonzentraten	2.462 (2,8)	268 (1,1)	865 (2,2)	1.329 (5,3)
ECMO Therapie	325 (0,4)	13 (0,1)	85 (0,2)	227 (0,9)
Aufenthalt auf der Intensivstation	33.495 (38,0)	6.298 (26,9)	14.914 (37,4)	12.283 (49,2)
Dauer der Beatmung (Stunden)	117 (36-353)	94 (30-282)	108 (33-333)	154 (46-435)
Art der Entlassung (Überlebende)				
Entlassung nach Hause	41.036 (46,5)	11.521 (49,3)	19.017 (47,7)	10.498 (42,0)
Entlassung gegen ärztlichen Rat	221 (0,3)	48 (0,2)	101 (0,3)	72 (0,3)
Entlassung in eine Rehabilitation	5.196 (5,9)	1.320 (5,6)	2.195 (5,5)	1.681 (6,7)
Verlegung in ein anderes Krankenhaus	5.747 (6,5)	1.496 (6,4)	2.303 (5,8)	1.948 (7,8)
Anderer Grund einer Entlassung	2.421 (2,7)	706 (3,0)	1.110 (2,8)	605 (2,4)
Länge des Krankenhausaufenthaltes (Tage)	17 (10-32)	16 (10-29)	17 (10-31)	19 (10-37)

Wenn nicht anders angegeben, wurden die metrischen Zahlen als Median mit dem ersten (Q1) und dritten Quartil (Q3) angegeben.

4. Diskussion

Dies ist die erste Studie, welche die Krankenhaus-Inzidenz, die Behandlungsmodalitäten sowie Krankenhausmortalität der AMI auf nationaler Ebene und über einen längeren Zeitraum (2005 bis 2014) für Deutschland unter Verwendung einer flächendeckenden bundesweiten Datenbank analysiert.

Die wichtigsten Ergebnisse dieser Studie sind:

1. Deutschland weist eine höhere Krankenhausinzidenz der AMI im Vergleich zu anderen veröffentlichten Studien auf (u.a. aus Schweden, Finnland und USA)
2. die Krankenhausinzidenz der AMI stieg im Laufe der Jahre an
3. nach offener chirurgischer Revaskularisation war die Krankenhausmortalität deutlich höher als nach endovaskulärer Revaskularisation
4. die Häufigkeit der endovaskulären Behandlung hat sich von 2005 bis 2014 fast verfünffacht
5. ein höheres Alter und eine höhere Komorbidität waren mit einer erhöhten Mortalität verbunden
6. Diabetes mellitus war mit einer geringeren Mortalität verbunden
7. Krankenhäuser mit über 20 Fällen pro Jahr, haben über 50% der endovaskulären Revaskularisationen durchgeführt
8. die Krankenhaussterblichkeit bei der offen chirurgischen Revaskularisation steht in einer *indirekten* Assoziation mit dem Krankenhausvolumen
9. die Krankenhaussterblichkeit bei der endovaskulären Revaskularisation steht in einer *direkten* Assoziation mit dem Krankenhausvolumen

4.1. Krankenhausinzidenz

Die Gesamtinzidenz der AMI in deutschen Krankenhäusern lag bei 27 pro 100.000 Einwohner, was höher ist als aus anderen Ländern berichtet wurde. Zwei Studien, eine aus Finnland und eine aus Schweden, zeigten nicht einmal die Hälfte der Inzidenz (7,3 pro 100.000) und (12,9 pro 100.000)(Acosta, 2010; Karkkainen et al., 2015).

Es könnte mehrere Gründe für die höhere Inzidenz in der aktuellen Studie geben:

Selektionsbias: Wie im Methodenteil 2.1 beschrieben, wurden alle stationären Fälle gesammelt, die in deutschen Krankenhäusern behandelt wurden und die nach dem Vergütungssystem der Diagnosis-Related Groups (DRG) erstattet wurden. Ausgenommen hiervon sind nur die 5 Krankenhäuser der Bundeswehr und rein psychiatrische Einrichtungen. Hingegen wurden bei o.g. Studien aus dem Ausland nur bestimmte Regionen oder Datenbanken genutzt und nicht alle Krankenhausfälle einbezogen. Regionale Unterschiede in Hinblick auf die Infrastruktur und Versorgung können einen deutlichen Selektionsbias erzeugen.

Schermerhorn et al. inkludierten Patienten mit einer akuten mesenterialen Ischämie kombiniert mit einer Angioplastie oder einer offen chirurgischen Prozedur mit Bypass, Embolektomie oder Endarteriektomie (Schermerhorn et al., 2009). In unserer Studie wurden Patienten inkludiert, die keine Revaskularisation erhalten haben (Gruppe 2a und 2b). Der Anteil in Gruppe 2a und 2b macht ca. 96% aller Fälle mit einer AMI aus und könnte somit die deutlich erhöhte Inzidenz zu anderen internationalen Studien erklären.

Informationsbias durch unterschiedliche Definition der Fälle: Vor allem die Einbeziehung aller Fälle mit primärer und insbesondere sekundärer Diagnose einer akuten mesenterialen Ischämie könnte zu einer höheren Inzidenz in unserer Studie geführt haben. Anders als in der finnischen Studie wurden auch Fälle mit AMI, die später auf der Intensivstation oder nach einer größeren Operation (z. B. Aorten- oder Herzoperation) auftraten, in unsere Studie aufgenommen. Karkkainen et. al hatten Fälle der AMI, die iatrogen verursacht wurde, ausgeschlossen (Karkkainen et al., 2015).

Informationsbias durch Unterschiede in der Diagnostik: Ärzte kodieren die K55.0 in Deutschland aufgrund von klinischen, radiologischen, laborchemischen oder intraoperativen Befunden, daher kann es zu Fehlcodierungen kommen. National und international gibt es Leitlinien und Empfehlungen, allerdings keine Vereinheitlichung der Diagnostik. Aktuell ist die Computertomographie mit Kontrastmittel der Goldstandard, allerdings nicht in allen Krankenhäusern verfügbar. Insbesondere bei dem Krankheitsbild der AMI präsentieren sich oftmals unterschiedliche Symptome.

Risikofaktoren für eine AMI sind u.a. erhöhtes Alter und Komorbiditäten wie z.B. Vorhofflimmern, arterielle Hypertonie, periphere arterielle Verschlusskrankheit und chronische KHK.

Schermerhorn et al. und Karkkainen et al. zeigten einen ähnlich hohen Anteil in Bezug auf Vorhofflimmern als Komorbidität im Vergleich zu unserer Studie (31%, 32% vs. 27%). Mit 52% war die arterielle Hypertonie die häufigste Komorbidität, nahezu die gleichen Werte zeigten die Studien aus den USA (52%, 51%) (Branco et al., 2015; Schermerhorn et al., 2009). Bei der KHK zeigte sich ein sehr heterogenes Bild, wobei die vorliegende Studie mit 22% die niedrigste und Erben et al. mit 40% die größte Häufigkeit aufweist. In Bezug auf Diabetes mellitus zeigte eine Studie aus den USA mit ca. 25% eine ähnliche Häufigkeit wie die vorliegende Studie (ca. 24%) (Erben et al., 2018).

Die AMI ist eine Erkrankung der alten Menschen und der Anteil an über 65-jährigen wird in Deutschland und Europa in den nächsten Jahrzehnten deutlich zunehmen (Bildung, 2022, August 29). Die Alterung der Bevölkerung bedeutet eine höhere Belastung durch Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Interessanterweise zeigt sich in unserem Studienzeitraum nur ein geringer Anstieg der Inzidenz von 24,4 auf 26,2 pro 100.000 Einwohner. Vergleicht man den Bevölkerungsanteil an über 65 Jahren in Bezug auf die Gesamtbevölkerung, so hat Deutschland mit 22% einen deutlich höheren Anteil als die Vereinigten Staaten mit 17% ((Destatis), 2022, September 03).

4.2. Behandlungen

Der Anteil, der durch endovaskuläre Therapie behandelten Fälle, hat sich im Beobachtungszeitraum verfünffacht. Trotzdem war die offene chirurgische Revaskularisation absolut gesehen dreimal so häufig wie die endovaskuläre Revaskularisation.

Vergleichbare Verhältnisse von offenen zu endovaskulären Revaskularisationen wurden in anderen Studien berichtet (Beaulieu et al., 2014; Erben et al., 2018; Ryer et al., 2012; Schermerhorn et al., 2009). Ein Trend zu einer erhöhten Anzahl endovaskulärer Behandlungen wurde auch in durchgeführten Studien aus den USA beschrieben (Erben et al., 2018; Schermerhorn et al., 2009). Dies könnte auf eine Verbesserung der technischen Möglichkeiten und eine verringerte perioperative Mortalität zurückzuführen sein, wie dies bei der endovaskulären Behandlung anderer Gefäßerkrankungen der Fall ist (Kuehnl, Tsantilas, Knappich, Schmid, König, et al., 2016; Schermerhorn et al., 2009; Trenner et al., 2019).

Aktuell werden endovaskuläre Techniken, inklusive transfemorale und transaxilläre Zugänge, ständig weiterentwickelt, um Komplikationen der offen chirurgischen Revaskularisation zu minimieren. Neben der angiographisch gesteuerten Aspirations-Embolektomie besteht zusätzlich/oder die Möglichkeit einer Katheterlyse mit einem rekombinanten Gewebe-Plasminogen-Aktivator (rt-PA), Urokinase oder Pharmakotherapie mit Prostaglandin E1 (Klar et al., 2012; Schoots et al., 2005). Außerdem kann endovaskulär eine Stent-PTA durchgeführt werden, um abgangsnahen Stenosen und Verschlüsse zu rekanalisieren. Um eine zeitnahe Reperfusion der Darmgefäße zu gewährleisten und eine Darmgangrän zu vermeiden werden, wird die endovaskuläre Kompetenz im Bereich der Gefäßchirurgie und Gefäßmedizin stetig verbessert. Die Private Akademie Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie und Gefäßmedizin fördert mit speziellen Kursen die endovaskuläre Ausbildung von Gefäßchirurginnen und Gefäßchirurgen (Gefäßmedizin, 2022, August 20).

In 36,2% aller Fälle einer AMI wurde nur eine Darmresektion (Gruppe 2b) durchgeführt. Zusätzlich wurde in 25,2% der endovaskulären und in 48,9% der offen chirurgischen Revaskularisation eine Darmresektion durchgeführt. In einer durchgeführten Studie von 2005-2009 in den USA zeigte sich jeweils eine geringere Rate an Darmresektionen mit 14,4% bei der endovaskulären und 33,4% bei der offen chirurgischen Revaskularisation (Beaulieu et al., 2014). Diese Daten verdeutlichen, dass ein interdisziplinäres Vorgehen zwischen der Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie zwingend notwendig ist.

Der Rückgang der offen chirurgischen Eingriffe scheint hauptsächlich bei denjenigen zu erfolgen, die sich einer Embolektomie unterziehen. Dies ist wahrscheinlich auf eine zunehmende Verwendung von Antikoagulanzen bei z.B. Vorhofflimmern zurückzuführen (Schermerhorn et al., 2009).

Ein Grund für die stabile Inzidenz offener Operationen könnte sein, dass eine endovaskuläre Therapie nicht immer durchführbar oder sinnvoll ist. Unter anderem ist z.B. bei hoher Thrombuslast, arterieller Embolisation oder Peritonitis die offene Operation immer noch der Goldstandard (Luther et al., 2017).

Darüber hinaus bietet nicht jedes Krankenhaus die erforderliche technische Infrastruktur oder die Verfügbarkeit von endovaskulär ausgebildeten Chirurgen und Interventionalisten an. Moderne endovaskuläre Methoden wie die

Aspirationsthronektomie oder retrogrades offenes Mesenterialarterienstenting (ROMS) könnten das Spektrum jedoch sogar erweitern (Oderich et al., 2018).

Die Regressionsanalysen ergaben, dass Patienten, die aus anderen Krankenhäusern überwiesen wurden und in Zentren mit hohem Volumen behandelt wurden, mit größerer Wahrscheinlichkeit eine Revaskularisierung erhielten (Abbildung 9). Gleiches gilt für Patienten mit Vorhofflimmern und chronischer Mesenterialischämie. Eine höhere jährliche Fallzahl war wiederum mit einem höheren Prozentsatz der endovaskulären Behandlung verbunden (siehe Abbildung 10), von der angenommen wird, dass sie überwiegend in großen und spezialisierten Zentren verfügbar ist. Ein akuter Mesenterialinfarkt bei Patienten mit Vorhofflimmern wird sehr wahrscheinlich durch einen embolischen Verschluss der viszeralen Arterien verursacht. Da die offene chirurgische Embolektomie die Behandlung der Wahl ist, ist ein starker Zusammenhang zwischen der offenen chirurgischen Behandlung und dem gleichzeitigen Auftreten von Vorhofflimmern nicht überraschend. Im Kontext der technologischen Entwicklung mit erhöhter Verfügbarkeit einer endovaskulären Aspirationsthronektomie, könnte sich der Anteil an offen chirurgischer Revaskularisation in Zukunft weiter verringern. (Lim et al., 2019; Oderich et al., 2018).

Aus Sicht der Autoren erscheint Gruppe 2b „andere oder keine Behandlung“ (Tabelle 4) als sehr heterogen und umfasst u.a. Patienten, die eine explorative Laparotomie erhalten (32% der Fälle, Krankenhausmortalität 82%), aber auch Patienten, die nur diagnostische Verfahren erhalten oder konservative Behandlung ohne operative Eingriffe. Die Patienten in Gruppe 2b haben im Vergleich zu den anderen Gruppen den kleinsten Elixhauser Summenscore und mit 8 Tagen im Durchschnitt den kürzesten Krankenhausaufenthalt. Zudem wurden 90% der Überlebenden in die Häuslichkeit entlassen. Um die Diagnose einer akuten mesenterialen Ischämie zu stellen, gibt es verschiedene klinische und radiologische diagnostische Tools (siehe Tabelle 2 und Abschnitt 1.1). Somit kann bezüglich der Diagnosestellung ein deutlicher Informationsbias bestehen. Aufgrund des administrativen Charakters der Daten und der indirekten Art des Datenzugriffs (kontrollierte Ferndatenverarbeitung) konnten aus technischen Gründen keine weiteren eingehenden Analysen der Patienteneigenschaften oder des klinischen Verlaufs von Patienten durchgeführt werden.

4.3. Krankenhausmortalität

Die Gesamtmortalität der AMI in Deutschland betrug 38,6%.

Die Mortalität im Krankenhaus für offene Operationen war über den gesamten Untersuchungszeitraum 62,6%. Dabei zeigte sich ein Rückgang der Mortalität von 2005 bis 2014 um ca. 10 %.

Erben et. al nutzten die NIS-Datenbank um die Inzidenz, Behandlung und Mortalität der AMI darzustellen. In dem Zeitraum zwischen 2004 und 2014 zeigte sich eine Mortalität von 33,1% bei der offen chirurgischen Versorgung. Bei der Auswertung wurden nur Patienten mit einer Hauptdiagnose der AMI eingeschlossen. Erben et al. schlossen Entlassungen aus, wenn sie einen Diagnosecode für ein Aortenaneurysma oder eine Dissektion hatten (Erben et al., 2018).

Aufgrund der großen Datenbank (NIS) gilt die Stichprobe als repräsentativ für die Grundgesamtheit und ein Selektionsbias kann weitestgehend ausgeschlossen werden. Vergleicht man Studien, die auf Grundlage von Kodierungen einzelner Personen durchgeführt wurde, kann man von einem Informationsbias ausgehen.

Schermerhorn et al. nutzten von 1988 bis 2006 ebenfalls die NIS-Datenbank um eine epidemiologische Studie bezüglich der AMI durchzuführen. Die Nationwide Inpatient Sample ist eine Datenbank, die sich auf Informationen zu Krankenhausaufenthalten konzentriert. Sie ist gleichzeitig die größte Datenbank in den USA für stationäre Krankenpflege aller Kostenträger und enthält Daten von ungefähr 8 Millionen Krankenhausaufenthalten pro Jahr.

Die Krankenhaussterblichkeit bei der offen chirurgischen Revaskularisation betrug 39 % und war damit ebenfalls deutlicher geringer im Vergleich zu unseren Ergebnissen. Schermerhorn et al. schlossen Patienten aus, die sich einer Aortenoperation unterzogen (Schermerhorn et al., 2009). Aufgrund des retrospektiven Studiendesign besteht ein deutlicher Selektionsbias aufgrund der Therapiewahl.

Branco et al. zeigten eine Mortalität von 40,4% in der Gruppe der offen chirurgischen Revaskularisation. Im Gegensatz zu unserer Studie wurde die hybride Versorgung als eigene Gruppe aufgeführt (Branco et al., 2015).

Die standardisierte Krankenhausmortalität endovaskulärer Revaskularisationen war 31,5 % und zeigte keine wesentliche Dynamik im Verlauf des Untersuchungszeitraumes. In den USA zeigte sich in einem ähnlichen

Untersuchungszeitraum eine niedrigere Mortalität mit 12,3 %, 16% und 22,2 % (Branco et al., 2015; Erben et al., 2018; Schermerhorn et al., 2009). Ein Grund hierfür könnten die unterschiedlichen Indikationsstellungen sein. Die unterschiedlichen Pathologien für eine AMI können aufgrund der DRG-Daten nicht unterschieden werden. Somit kann kein Rückschluss zwischen der operativen Versorgung und der richtigen Diagnosestellung erfolgen. Anzunehmen ist eine erhöhte Bereitschaft, aufgrund der fortschreitenden Möglichkeiten bei der endovaskulären Versorgung, zur endovaskulären Versorgung. Bei zunehmendem Alter und vermehrter Morbidität wird die Indikation zur endovaskulären Versorgung und damit schonenderer Versorgung eher gestellt. Im Gegensatz dazu, zeigt sich in der Studie von Jrvinen et al. eine Mortalität aller Behandlungen von 82% in dem Zeitraum von 1972 – 1990. Im Vergleich zu den o.g. Studien war die Diagnostik und die Therapieverfahren zu dem Zeitpunkt der Studie deutlich limitiert (Jrvinen et al., 1994).

Bei den sekundären Outcomes zeigte sich eine gleiche Aufenthaltsdauer nach endovaskulärer und offen chirurgischer Versorgung (im Median 14 Tage). Vergleichbare Studien aus den USA zeigten ein sehr heterogenes Bild in Bezug auf die Aufenthaltsdauer nach Versorgung der AMI (LOS im Median: Schermerhorn et al. endovaskulär 9 Tage und offen 13 Tage; Branco et al. endovaskulär 16 Tage und offen 20 Tage; Erben et al. endovaskulär 8 Tage und offen 14 Tage; Beaulieu et al. endovaskulär 13 Tage und offen 17 Tage). In 3,7 % aller behandelten Fälle der AMI erlitten die Patienten ein Myokardinfarkt als Komplikation der AMI. Bei den revaskularisierten Fällen erlitten 5,3 % einen Herzinfarkt. Ähnliche, aber leicht erhöhte Werte zeigten Schermerhorn et. al. mit 6,3 % und Erben et al mit 7%.

Unsere multivariablen Regressionsanalysen zeigten, dass die Krankenhaussterblichkeit mit einem höheren Alter assoziiert war (siehe Abbildung 11).

Das mediane Alter aller Fälle mit AMI betrug 74 Jahre, hingegen das mediane Alter in Studien aus den USA betrug 70 (Beaulieu et al., 2014; Branco et al., 2015; Erben et al., 2018). Somit wäre die erhöhte Sterblichkeit in Deutschland zum Teil mit dem erhöhten Alter der betroffenen erklärbar.

Das Ausmaß der Darmresektion oder die Zeit bis zur Revaskularisierung kann nicht aus diesen verschiedenen Studien oder unseren Ergebnissen extrahiert werden. Der Überweisungsstatus zeigte einen Trend zu einer höheren Mortalität, der durch eine längere Zeitspanne zwischen dem Einsetzen der Symptome und der Behandlung bei

Patienten verursacht werden kann, die mindestens einmal von einem Krankenhaus in ein anderes überwiesen wurden.

4.4. Volume-Outcome

In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien veröffentlicht, in denen die Beziehung zwischen der Häufigkeit einer Erkrankung bzw. jährlichen Fallzahl (Volume) und der Ergebnisqualität (Outcome) analysiert wurde. Zunehmend wichtig werden diese Analysen aus gesundheitspolitischer Sicht, da der Gemeinsame Bundesausschuss (G-BA) für einige planbare stationäre Leistungen eine Mindestmenge bestimmt hat (Gemeinsamer Bundesausschuss, 2021, January 19). Hierunter zählen z.B. Nieren- und Lebertransplantationen, komplexe Eingriffe am Ösophagus, an der Bauchspeicheldrüse und Kniegelenk-Totalendoprothesen. In einigen Studien konnte eine inverse Beziehung zwischen einem hohen jährlichen Volume und der Krankenhaussterblichkeit gezeigt werden (Badheka et al., 2015; Davies et al., 2015; Hentschker et al., 2018; Krautz et al., 2018; Landon et al., 2010; Leow et al., 2018; Marlow et al., 2010; Nimptsch et al., 2018; Nimptsch & Mansky, 2017). In unserer Studie zeigte sich nur in der offen chirurgischen Gruppe eine indirekte Beziehung, hingegen eine direkte Beziehung zwischen dem Volume und der Mortalität bei der endovaskulären Versorgung und Darmresektion. Dies könnte daran liegen, dass die operative Erfahrung sowie das interdisziplinäre Management von Komplikationen in high-volume Kliniken größer ist und somit die Mortalität bei der offen chirurgischen Versorgung sinkt. Die direkte Beziehung bei der endovaskulären Versorgung könnte mit dem hohen Anteil an zuverlegten Patienten aus den middle-, und low-volume Kliniken zusammenhängen. Man könnte annehmen, dass die Indikation zur endovaskulären Versorgung in high-volume Kliniken, im Vergleich zur low-volume Kliniken, eher gestellt wird. Auch ist es denkbar, dass die Schwelle für die Indikation zur endovaskulären Therapie in großen Kliniken trotz zu erwartender hoher Mortalität niedriger angesetzt wird, im Sinne eines Therapieversuchs bei sonst infauster Prognose. Somit könnte daraus eine höhere Mortalität der endovaskulären Versorgung in C3 resultieren. Im Gegensatz zu den o.g. Studien ist die AMI eine akut einsetzende Krankheit und somit nicht elektiv planbar, zum anderen erschwert das heterogene Beschwerdebild der Patienten die Diagnostik der Patienten.

Trenner und Kollegen konnten zeigen, dass die Krankenhaussterblichkeit bezogen auf die (rupturierten) Aortenaneurysmen in den größeren Versorgungszentren geringer war (Trenner, Kuehnl, Salvermoser, et al., 2018). In der Studie wurden die Krankenhäuser empirisch in Volumenquartilen kategorisiert. Hier zeigte sich, dass über 60% der Fälle mit einem Aortenaneurysma in dem Quartil mit den meisten Fällen pro Jahr behandelt wurden, wohingegen in unserer Studie etwa 30% der AMI in der Gruppe mit den meisten Fällen pro Jahr behandelt wurden. Somit zeigt sich indirekt, dass die meisten Patienten mit einer AMI in einem Krankenhaus mit einer jährlichen Behandlung von 8-20 Patienten behandelt wurden (45%).

Im Falle einer endovaskulären Revaskularisation oder einer Darmresektion zeigte sich in unserer Studie die höchste Mortalität in der Gruppe C3 (siehe Tabelle 6). Bezüglich der endovaskulären Versorgung zeigte sich, dass 58,7% in der Gruppe C3 behandelt wurden. Jedoch war die Mortalität dort am höchsten (C1 25,3% vs. C3 35,2%). Die endovaskuläre Versorgung hat sich in den letzten Jahren aufgrund der Vorteile eines minimalinvasiven Ansatzes als bevorzugte Behandlungsmethode der chronischen und teilweise auch der akuten mesenterialen Ischämie erwiesen. Allerdings ist die Verfügbarkeit der endovaskulären Versorgung heutzutage noch immer nicht flächendeckend und 24/7 garantiert. Ein Grund für die erhöhte Mortalität in high-volume Zentren könnte z.B. ein insgesamt schwerer erkranktes Patientengut sein. Diese Annahme wird durch den höchsten Elixhauser Summenscore in C3 unterstützt (Median 9 in C1, 10 in C2 und 12 in C3). Aus den administrativen Daten lässt sich die Schwere der einzelnen Krankheitsverläufe nicht ableiten, allerdings werden in der Krankenhausgruppe C3 mit 13,5% die meisten Patienten von extern zuverlegt (siehe Tabelle 5). Vergleichbare Volume-Outcome-Analysen bezogen auf die AMI gibt es nach unserem aktuellen Wissenstand nicht.

4.4. Limitationen

Dies ist eine sekundäre Datenanalyse, und daher müssen alle Schwächen von Beobachtungsstudien unter Verwendung von Routinedaten berücksichtigt werden.

- a) Die verschiedenen Ursachen und klinischen Ausmaße der AMI (embolisch, arteriell thrombotisch, venös thrombotisch, non-okklusiv) können leider nicht differenziert analysiert werden, da ihnen nur ein gemeinsamer administrativer Code zugrunde liegt. Dies wird aufgrund des administrativen Charakters der Daten als immanente wesentliche Einschränkung angesehen.
- b) Die Daten sind nicht klinisch, sondern administrativ, sodass eine Fehlkodierung oder Änderungen der Kodierungsverfahren zu einer voreingenommenen Fallauswahl, Fallgruppierung, Diagnosen und Verfahren geführt haben könnten (Trenner et al., 2019).
- c) Während Overreporting aufgrund der regelmäßigen Überwachung durch den Medizinischen Dienst der Krankenversicherung (MDK) als unwahrscheinlich angesehen wird, ist möglicherweise ein Underreporting von Nebendiagnosen oder Therapieverfahren möglich, die aufgrund fehlender Auswirkung auf den Case-mix nicht relevant sind und daher ggf. seltener codiert werden (Kühnl et al., 2017).
- d) Der Beobachtungszeitraum endete mit der Entlassung des Patienten aus dem Krankenhaus. Komplikationen und Todesfälle, die nach der Entlassung aus dem Krankenhaus auftraten, wurden nicht erfasst.
- e) Da die Regressionsanalysen auf einem explorativen Ansatz basierten und relevante Selektionsverzerrungen hinsichtlich der Behandlungsstrategie angenommen werden müssen, sollten aus diesen Ergebnissen – wie grundsätzlich aus Beobachtungsstudien – keine direkten kausalen Schlussfolgerungen gezogen werden.
- f) Wenn das Krankenhausvolumen ursächlich mit dem Gesundheitsergebnis zusammenhängt, muss dieser Effekt unabhängig vom Risikoprofil eines Patienten sein. Die Routinedaten sind aber leider nicht vollständig, um eine komplette Risikoadjustierung zu gewährleisten (Kuehnl, Tsantilas, Knappich, Schmid, König, et al., 2016).

- g) Da die Patienten nicht randomisiert wurden, können Ergebnisse durch aktive oder passive Auswahlmechanismen verzerrt worden sein. Die Auswahl eines bestimmten Krankenhauses kann durch den Patienten selbst, die Auswahl von Patienten durch das Krankenhaus, sowie die Auswahl eines Krankenhauses durch den Notdienst aufgrund von strukturellen Gegebenheiten verzerrt sein. Des Weiteren können Verzerrungen durch die Wahl von Behandlungsmodalitäten und periprozeduralem Management durch die jeweiligen Fachabteilungen erfolgen. Die Wahl der Behandlungsmöglichkeiten (offen-chirurgisch, rein endovaskulär, hybride Verfahren, allgemeine Darmresektion und andere/keine Behandlung) wird wiederum von einer Vielzahl von Faktoren, u.a. von morphologischen und strukturellen Faktoren, sowie Vorlieben des Patienten und Gesundheitsdienstleister beeinflusst (Kuehnl, Tsantilas, Knappich, Schmid, König, et al., 2016).
- h) Die Zahl der Chirurgen pro Krankenhaus sowie der Anteil an (un-)erfahrenen Chirurgen waren nicht verfügbar und können zwischen low-, middle-, high-volume Krankenhäusern stark variieren. Des Weiteren konnte das jährliche Operationsvolumen pro Arzt nicht berechnet werden, da eine Auflistung der behandelnden Ärzte nicht vorhanden war. Das ist auch der Grund, warum wir nicht ausschließen können, dass einige Chirurgen in mehr als einem Krankenhaus praktizieren (Kuehnl, Tsantilas, Knappich, Schmid, König, et al., 2016).

5. Literaturverzeichnis

(Destatis), S. B. (2022, September 03). *Internationales*.

https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/_inhalt.html?sessionid=817280EE62EE747A7192659DA2F5D513.live711#sprg374294

Acosta, S. (2010). Epidemiology of mesenteric vascular disease: clinical implications. *Semin Vasc Surg*, 23(1), 4-8. <https://doi.org/10.1053/j.semvascsurg.2009.12.001>

Arthurs, Z. M., Titus, J., Bannazadeh, M., Eagleton, M. J., Srivastava, S., Sarac, T. P., & Clair, D. G. (2011). A comparison of endovascular revascularization with traditional therapy for the treatment of acute mesenteric ischemia. *J Vasc Surg*, 53(3), 698-704; discussion 704-695. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2010.09.049>

Aschoff, A. J., Stuber, G., Becker, B. W., Hoffmann, M. H., Schmitz, B. L., Schelzig, H., & Jaeckle, T. (2009). Evaluation of acute mesenteric ischemia: accuracy of biphasic mesenteric multi-detector CT angiography. *Abdom Imaging*, 34(3), 345-357. <https://doi.org/10.1007/s00261-008-9392-8>

Badheka, A. O., Patel, N. J., Panaich, S. S., Patel, S. V., Jhamnani, S., Singh, V., . . . Forrest, J. K. (2015). Effect of Hospital Volume on Outcomes of Transcatheter Aortic Valve Implantation. *Am J Cardiol*, 116(4), 587-594. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2015.05.019>

BBSR. (2022, June 22). *Laufende Beobachtungen - Raumabgrenzung, Siedlungsstrukturelle Kreistypen*. <https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzung/en/deutschland/kreise/siedlungsstrukturelle-kreistypen/kreistypen.html>

Beaulieu, R. J., Arnaoutakis, K. D., Abularrage, C. J., Efron, D. T., Schneider, E., & Black, J. H., 3rd. (2014). Comparison of open and endovascular treatment of acute mesenteric ischemia. *J Vasc Surg*, 59(1), 159-164. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2013.06.084>

- Benchimol, E. I., Smeeth, L., Guttman, A., Harron, K., Moher, D., Petersen, I., . . .
Committee, R. W. (2015). The REporting of studies Conducted using Observational
Routinely-collected health Data (RECORD) statement. *PLoS Med*, *12*(10), e1001885.
<https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001885>
- Bildung, B. f. p. (2022, August 29). *Altersstruktur und Bevölkerungsentwicklung*.
[https://www.bpb.de/kurz-knapp/zahlen-und-fakten/europa/70503/altersstruktur-
und-bevoelkerungsentwicklung/](https://www.bpb.de/kurz-knapp/zahlen-und-fakten/europa/70503/altersstruktur-und-bevoelkerungsentwicklung/)
- Birkmeyer, J. D., Siewers, A. E., Finlayson, E. V., Stukel, T. A., Lucas, F. L., Batista, I., . . .
Wennberg, D. E. (2002). Hospital volume and surgical mortality in the United States.
N Engl J Med, *346*(15), 1128-1137. <https://doi.org/10.1056/NEJMsa012337>
- Bjorck, M., Koelemay, M., Acosta, S., Bastos Goncalves, F., Kolbel, T., Kolkman, J. J., . . .
Naylor, R. (2017). Editor's Choice - Management of the Diseases of Mesenteric
Arteries and Veins: Clinical Practice Guidelines of the European Society of Vascular
Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg*, *53*(4), 460-510.
<https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.01.010>
- Branco, B. C., Montero-Baker, M. F., Aziz, H., Taylor, Z., & Mills, J. L. (2015). Endovascular
Therapy for Acute Mesenteric Ischemia: an NSQIP Analysis. *Am Surg*, *81*(11), 1170-
1176. <https://doi.org/10.1177/000313481508101131>
- Bundesinstitut für Bau-, S.-., und Raumforschung. (2022, June 22). *Laufende Beobachtungen
- Raumabgrenzung, Siedlungsstrukturelle Kreistypen*.
[https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzung
en/deutschland/kreise/siedlungsstrukturelle-kreistypen/kreistypen.html](https://www.bbsr.bund.de/BBSR/DE/forschung/raumbeobachtung/Raumabgrenzung/en/deutschland/kreise/siedlungsstrukturelle-kreistypen/kreistypen.html)
- Carver, T. W., Vora, R. S., & Taneja, A. (2016). Mesenteric Ischemia. *Crit Care Clin*, *32*(2), 155-
171. <https://doi.org/10.1016/j.ccc.2015.11.001>
- Davies, J. M., Ozpinar, A., & Lawton, M. T. (2015). Volume-outcome relationships in
neurosurgery. *Neurosurg Clin N Am*, *26*(2), 207-218, viii.
<https://doi.org/10.1016/j.nec.2014.11.015>
- Eckstein, H. H. (2003). [Acute mesenteric ischemia. Resection or reconstruction?]. *Chirurg*,
74(5), 419-431. <https://doi.org/10.1007/s00104-003-0630-x> (Die akute mesenteriale
Ischämie. Resektion oder Rekonstruktion?)

- Eckstein, H. H., Bruckner, T., Heider, P., Wolf, O., Hanke, M., Niedermeier, H. P., . . . Wenk, H. (2007). The relationship between volume and outcome following elective open repair of abdominal aortic aneurysms (AAA) in 131 German hospitals. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 34(3), 260-266. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2007.05.006>
- Elixhauser, A., Steiner, C., Harris, D. R., & Coffey, R. M. (1998). Comorbidity measures for use with administrative data. *Med Care*, 36(1), 8-27. <https://doi.org/10.1097/00005650-199801000-00004>
- Erben, Y., Protack, C. D., Jean, R. A., Sumpio, B. J., Miller, S. M., Liu, S., . . . Sumpio, B. E. (2018). Endovascular interventions decrease length of hospitalization and are cost-effective in acute mesenteric ischemia. *J Vasc Surg*, 68(2), 459-469. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.11.078>
- FDZ der Statistischen Ämter des Bundes und der Länder. (2005-2013). *Fallpauschalenbezogene Krankenhausstatistik (DRG-Statistik)*. In own calculations.
- Gefäßmedizin, P. A. D. G. f. G. u. (2022, August 20). *Endovaskuläre Techniken*. <https://www.dgg-akademie.de/sektionen/endovaskulaere-techniken>
- Geisbusch, S., Kuehnl, A., Salvermoser, M., Reutersberg, B., Trenner, M., & Eckstein, H. H. (2019a). Editor's Choice - Hospital Incidence, Treatment, and In Hospital Mortality Following Open and Endovascular Surgery for Thoraco-abdominal Aortic Aneurysms in Germany from 2005 to 2014: Secondary Data Analysis of the Nationwide German DRG Microdata. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 57(4), 488-498. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.10.030>
- Geisbusch, S., Kuehnl, A., Salvermoser, M., Reutersberg, B., Trenner, M., & Eckstein, H. H. (2019b). Increasing Incidence of Thoracic Aortic Aneurysm Repair in Germany in the Endovascular Era: Secondary Data Analysis of the Nationwide German DRG Microdata. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 57(4), 499-509. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.08.013>
- Gemeinsamer Bundesausschuss. (2021, January 19). *Mindestmengenregelungen*. <https://www.g-ba.de/themen/qualitaetssicherung/vorgaben-zur-qualitaetssicherung/vorgaben-mindestmengenregelungen/>

Gesundheitsberichterstattung des Bundes. (2021, November 4). *Case mix*. [https://www.gbe-bund.de/gbe/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gast&p_aid=0&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=26558#:~:text=Der%20Case%20Mix%20Index%20\(%20CM,je%20Fachabteilung%2C%20Krankenhaus%20oder%20Region](https://www.gbe-bund.de/gbe/abrechnung.prc_abr_test_logon?p_uid=gast&p_aid=0&p_knoten=FID&p_sprache=D&p_suchstring=26558#:~:text=Der%20Case%20Mix%20Index%20(%20CM,je%20Fachabteilung%2C%20Krankenhaus%20oder%20Region).

Hentschker, C., Mennicken, R., Reifferscheid, A., Wasem, J., & Wubker, A. (2018). Volume-outcome relationship and minimum volume regulations in the German hospital sector - evidence from nationwide administrative hospital data for the years 2005-2007. *Health Econ Rev*, 8(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s13561-018-0204-8>

Jrvinen, O., Laurikka, J., Salenius, J. P., & Tarkka, M. (1994). Acute intestinal ischaemia. A review of 214 cases. *Ann Chir Gynaecol*, 83(1), 22-25.

Karkkainen, J. M., Lehtimäki, T. T., Manninen, H., & Paajanen, H. (2015). Acute Mesenteric Ischemia Is a More Common Cause than Expected of Acute Abdomen in the Elderly. *J Gastrointest Surg*, 19(8), 1407-1414. <https://doi.org/10.1007/s11605-015-2830-3>

Killeen, S. D., Andrews, E. J., Redmond, H. P., & Fulton, G. J. (2007). Provider volume and outcomes for abdominal aortic aneurysm repair, carotid endarterectomy, and lower extremity revascularization procedures. *J Vasc Surg*, 45(3), 615-626. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2006.11.019>

Klar, E., Rahmanian, P. B., Bucker, A., Hauenstein, K., Jauch, K. W., & Luther, B. (2012). Acute mesenteric ischemia: a vascular emergency. *Dtsch Arztebl Int*, 109(14), 249-256. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0249>

Kopp, R., Dimomeletis, I., Clevert, D. A., & Jauch, K. W. (2009). *Akute mesenteriale Ischämie* (Vol. 3).

Krautz, C., Nimptsch, U., Weber, G. F., Mansky, T., & Grutzmann, R. (2018). Effect of Hospital Volume on In-hospital Morbidity and Mortality Following Pancreatic Surgery in Germany. *Ann Surg*, 267(3), 411-417. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002248>

Kuehnl, A., Salvermoser, M., Erk, A., Trenner, M., Schmid, V., & Eckstein, H. H. (2018). Spatial Analysis of Hospital Incidence and in Hospital Mortality of Abdominal Aortic Aneurysms in Germany: Secondary Data Analysis of Nationwide Hospital Episode

(DRG) Data. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 55(6), 852-859.

<https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2018.02.024>

Kuehnl, A., Salvermoser, M., Knipfer, E., Zimmermann, A., Schmid, V., & Eckstein, H. H.

(2018). Regional frequency variation of revascularization procedures for carotid stenosis in Germany: Secondary data analysis of DRG data from 2012 to 2014.

Gefasschirurgie, 23(Suppl 2), 56-65. <https://doi.org/10.1007/s00772-018-0415-7>

Kuehnl, A., Tsantilas, P., Knappich, C., Schmid, S., König, T., Breitkreuz, T., . . . Eckstein, H. H.

(2016). Significant Association of Annual Hospital Volume With the Risk of Inhospital Stroke or Death Following Carotid Endarterectomy but Likely Not After Carotid Stenting: Secondary Data Analysis of the Statutory German Carotid Quality Assurance Database. *Circ Cardiovasc Interv*, 9(11).

<https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004171>

Kuehnl, A., Tsantilas, P., Knappich, C., Schmid, S., König, T., Breitkreuz, T., . . . Eckstein, H. H.

(2016). Significant Association of Annual Hospital Volume With the Risk of Inhospital Stroke or Death Following Carotid Endarterectomy but Likely Not After Carotid Stenting: Secondary Data Analysis of the Statutory German Carotid Quality Assurance Database. *Circ Cardiovasc Interv*, 9(11).

<https://doi.org/10.1161/CIRCINTERVENTIONS.116.004171>

Kühnl, A., Erk, A., Trenner, M., Salvermoser, M., Schmid, V., & Eckstein, H. H. (2017).

Incidence, Treatment and Mortality in Patients with Abdominal Aortic Aneurysms.

Dtsch Arztebl Int, 114(22-23), 391-398. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2017.0391>

Landon, B. E., O'Malley, A. J., Giles, K., Cotterill, P., & Schermerhorn, M. L. (2010). Volume-

outcome relationships and abdominal aortic aneurysm repair. *Circulation*, 122(13), 1290-1297. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.110.949172>

Leow, J. J., Leong, E. K., Serrell, E. C., Chang, S. L., Gruen, R. L., Png, K. S., . . . Sammon, J. D.

(2018). Systematic Review of the Volume-Outcome Relationship for Radical Prostatectomy. *Eur Urol Focus*, 4(6), 775-789.

<https://doi.org/10.1016/j.euf.2017.03.008>

- Lim, S., Halandras, P. M., Bechara, C., Aulivola, B., & Crisostomo, P. (2019). Contemporary Management of Acute Mesenteric Ischemia in the Endovascular Era. *Vasc Endovascular Surg*, 53(1), 42-50. <https://doi.org/10.1177/1538574418805228>
- Lloyd, S. P. (1982). Least square quantization in PCM. *IEEE Transactions on Information Theory*, 28(2), 129-137.
- Luther, B., Mamopoulos, T. A., Schott, P., Touloumtzidis, A., Kröger, K., & Katoh, M. (2017). Akuter Mesenterialarterienverschluss. *Notfall + Rettungsmedizin*, 20(4), 299-304. <https://doi.org/10.1007/s10049-017-0316-4>
- MacQueen, J. B. (1967). Some Methods for Classification and Analysis of MultiVariate Observations. In L. M. L. Cam & J. Neyman (Eds.), *Proc. of the fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability* (Vol. 1, pp. 281-297). University of California Press.
- Marlow, N. E., Barraclough, B., Collier, N. A., Dickinson, I. C., Fawcett, J., Graham, J. C., & Maddern, G. J. (2010). Effect of hospital and surgeon volume on patient outcomes following treatment of abdominal aortic aneurysms: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 40(5), 572-579. <https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2010.07.001>
- Matthias, K., Gruber, S., & Pietsch, B. (2014). Evidenz von Volume-Outcome-Beziehungen und Mindestmengen: Diskussion in der aktuellen Literatur. *Gesundheits- und Sozialpolitik*, 68(3), 23-30. <https://doi.org/10.5771/1611-5821-2014-3-23>
- Moxey, P. W., Hofman, D., Hinchliffe, R. J., Poloniecki, J., Loftus, I. M., Thompson, M. M., & Holt, P. J. (2012). Volume-outcome relationships in lower extremity arterial bypass surgery. *Ann Surg*, 256(6), 1102-1107. <https://doi.org/10.1097/SLA.0b013e31825f01d1>
- Nimptsch, U., Haist, T., Krautz, C., Grützmann, R., Mansky, T., & Lorenz, D. (2018). Hospital Volume, In-Hospital Mortality, and Failure to Rescue in Esophageal Surgery. *Dtsch Arztebl Int*, 115(47), 793-800. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2018.0793>
- Nimptsch, U., Krautz, C., Weber, G. F., Mansky, T., & Grutzmann, R. (2016). Nationwide In-hospital Mortality Following Pancreatic Surgery in Germany is Higher than Anticipated. *Ann Surg*, 264(6), 1082-1090. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000001693>

- Nimptsch, U., & Mansky, T. (2015). Deaths Following Cholecystectomy and Herniotomy: An Analysis of Nationwide German Hospital Discharge Data From 2009 to 2013. *Dtsch Arztebl Int*, 112(31-32), 535-543. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2015.0535>
- Nimptsch, U., & Mansky, T. (2012). Trends in acute inpatient stroke care in Germany--an observational study using administrative hospital data from 2005-2010. *Dtsch Arztebl Int*, 109(51-52), 885-892. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2012.0885>
- Nimptsch, U., & Mansky, T. (2017). Hospital volume and mortality for 25 types of inpatient treatment in German hospitals: observational study using complete national data from 2009 to 2014. *BMJ Open*, 7(9), e016184. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-016184>
- Oderich, G. S., Macedo, R., Stone, D. H., Woo, E. Y., Panneton, J. M., Resch, T., . . . Low Frequency Vascular Disease Research Consortium, I. (2018). Multicenter study of retrograde open mesenteric artery stenting through laparotomy for treatment of acute and chronic mesenteric ischemia. *J Vasc Surg*, 68(2), 470-480 e471. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2017.11.086>
- Quan, H., Sundararajan, V., Halfon, P., Fong, A., Burnand, B., Luthi, J. C., . . . Ghali, W. A. (2005). Coding algorithms for defining comorbidities in ICD-9-CM and ICD-10 administrative data. *Med Care*, 43(11), 1130-1139.
- Reutersberg, B., Salvermoser, M., Trenner, M., Geisbusch, S., Zimmermann, A., Eckstein, H. H., & Kuehnl, A. (2019). Hospital Incidence and In-Hospital Mortality of Surgically and Interventionally Treated Aortic Dissections: Secondary Data Analysis of the Nationwide German Diagnosis-Related Group Statistics From 2006 to 2014. *J Am Heart Assoc*, 8(8), e011402. <https://doi.org/10.1161/JAHA.118.011402>
- Ryer, E. J., Kalra, M., Oderich, G. S., Duncan, A. A., Gloviczki, P., Cha, S., & Bower, T. C. (2012). Revascularization for acute mesenteric ischemia. *J Vasc Surg*, 55(6), 1682-1689. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2011.12.017>
- Schermerhorn, M. L., Giles, K. A., Hamdan, A. D., Wyers, M. C., & Pomposelli, F. B. (2009). Mesenteric revascularization: management and outcomes in the United States, 1988-2006. *J Vasc Surg*, 50(2), 341-348 e341. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2009.03.004>

- Schoots, I. G., Koffeman, G. I., Legemate, D. A., Levi, M., & van Gulik, T. M. (2004). Systematic review of survival after acute mesenteric ischaemia according to disease aetiology. *Br J Surg*, *91*(1), 17-27. <https://doi.org/10.1002/bjs.4459>
- Schoots, I. G., Levi, M. M., Reekers, J. A., Lameris, J. S., & van Gulik, T. M. (2005). Thrombolytic therapy for acute superior mesenteric artery occlusion. *J Vasc Interv Radiol*, *16*(3), 317-329. <https://doi.org/10.1097/01.RVI.0000141719.24321.0B>
- Schünke/Schulte/Schumacher/Voll/Wesker. (2015). Aorta abdominalis und Beckenarterien im Überblick (Bauchorgane entfernt). In (4 ed.). Prometheus LernAtlas der Anatomie. Innere Organe: Georg Thieme Verlag.
- Sharabiani, M. T., Aylin, P., & Bottle, A. (2012). Systematic review of comorbidity indices for administrative data. *Med Care*, *50*(12), 1109-1118. <https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e31825f64d0>
- Steinhaus, H. (1957). Sur la division des corps matériels en parties. *Bulletin L'Académie Polonaise des Science*, *4*, 801-804.
- Swart, E., Gothe, H., Geyer, S., Jaunzeme, J., Maier, B., Grobe, T. G., . . . German Society for, E. (2015). [Good Practice of Secondary Data Analysis (GPS): guidelines and recommendations]. *Gesundheitswesen*, *77*(2), 120-126. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1396815> (Gute Praxis Sekundardatenanalyse (GPS): Leitlinien und Empfehlungen.)
- Trenner, M., Eckstein, H. H., Kallmayer, M. A., Reutersberg, B., & Kühnl, A. (2019). Secondary analysis of statutorily collected routine data. *Gefässchirurgie*, *24*(3), 220-227. <https://doi.org/10.1007/s00772-019-0524-y>
- Trenner, M., Kuehnl, A., Reutersberg, B., Salvermoser, M., & Eckstein, H. H. (2018). Nationwide analysis of risk factors for in-hospital mortality in patients undergoing abdominal aortic aneurysm repair. *Br J Surg*, *105*(4), 379-387. <https://doi.org/10.1002/bjs.10714>
- Trenner, M., Kuehnl, A., Salvermoser, M., Reutersberg, B., Geisbuesch, S., Schmid, V., & Eckstein, H. H. (2018). Editor's Choice - High Annual Hospital Volume is Associated with Decreased in Hospital Mortality and Complication Rates Following Treatment of Abdominal Aortic Aneurysms: Secondary Data Analysis of the Nationwide German

DRG Statistics from 2005 to 2013. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 55(2), 185-194.

<https://doi.org/10.1016/j.ejvs.2017.11.016>

Treskes, N., Persoon, A. M., & van Zanten, A. R. H. (2017). Diagnostic accuracy of novel serological biomarkers to detect acute mesenteric ischemia: a systematic review and meta-analysis. *Intern Emerg Med*, 12(6), 821-836. <https://doi.org/10.1007/s11739-017-1668-y>

van Walraven, C., Austin, P. C., Jennings, A., Quan, H., & Forster, A. J. (2009). A modification of the Elixhauser comorbidity measures into a point system for hospital death using administrative data. *Med Care*, 47(6), 626-633.

<https://doi.org/10.1097/MLR.0b013e31819432e5>

Wengler, A., Nimptsch, U., & Mansky, T. (2014). Hip and knee replacement in Germany and the USA: analysis of individual inpatient data from German and US hospitals for the years 2005 to 2011. *Dtsch Arztebl Int*, 111(23-24), 407-416.

<https://doi.org/10.3238/arztebl.2014.0407>

6. Danksagung

Die vorliegende Arbeit war eine spannende und vor allem auch lehrreiche Erfahrung, welche ohne die Hilfe und Unterstützung vieler Menschen nicht möglich gewesen wäre. Nachstehend möchte ich mich dafür herzlichst bedanken.

Zuallererst möchte ich meinem Mentor und Betreuer Prof. Dr. Andreas Kühnl danken. Über die vielen Jahre hat er mich mit voller Motivation und Engagement unterstützt. Zu jeder Tages- und Nachtzeit hatte er ein offenes Ohr für meine zahlreichen Anliegen. Mit seiner Unterstützung habe ich großes Interesse an der Gefäßchirurgie und der statistischen Versorgungsforschung gewonnen. Darüber hinaus konnte ich meine fachlichen Kompetenzen, insbesondere im Bereich der Epidemiologie und dem wissenschaftlichen Schreiben verbessern.

Nicht weniger dankbar bin ich über die wissenschaftliche Betreuung durch meinen Doktorvater Prof. Dr. Hans-Henning Eckstein. Seine Geduld und Optimismus waren insbesondere in den herausfordernden Phasen des Projekts unabdingbar für das Gelingen dieser Dissertation.

Mein Dank gebührt außerdem Michael Salvermoser für die langjährige Unterstützung und seine außerordentliche und akribische Arbeit.

Ohne die aktuellen und auch ehemaligen Kollegen aus der Gefäßchirurgie am Klinikum rechts der Isar wäre das Projekt nicht möglich gewesen. Hier möchte ich insbesondere PD Dr. Matthias Trenner für das Einbringen seiner Expertise und Bereitschaft zum fachlichen Austausch bedanken.

Außerdem möchte ich mich für die freundliche und kompetente Hilfe des statistischen Bundesamtes rund um Frau Melanie Heiliger bedanken.

Ebenso möchte ich mich bei Dr. Jonas Willmann für die uneingeschränkte Hilfsbereitschaft und Möglichkeit zum intellektuellen Austausch bedanken.

Ganz besonders möchte ich mich bei meiner Familie, meinen Freunden und meiner Partnerin für die Unterstützung, Zuversicht und Geduld in allen Lebenslagen bedanken.

Tabelle 7: Patienten Komorbiditäten (Elixhauser items)

Elixhauser Item No. n/N (Spalte-%)	Revaskularisation		Keine Revaskularisation	
	Offen chirurgisch (n = 6.991)	Endovaskulär (n = 2.043)	Nur Darmresektion (n = 79.195)	Andere oder keine Behandlung (n = 130.339)
1 Herzinsuffizienz	1.961 (28,1)	424 (20,8)	19.066 (24,1)	29.549 (22,7)
2 Herzrhythmusstörungen	3.901 (55,8)	682 (33,4)	27.972 (35,3)	40.949 (31,4)
3 Klappenerkrankungen	669 (9,6)	200 (9,8)	5.747 (7,3)	9.135 (7,0)
4 Lungenkreislaufstörungen	287 (4,1)	83 (4,1)	2.597 (3,3)	4.158 (3,2)
5 Periphere Gefäßerkrankungen	2.570 (36,8)	1.124 (55,5)	14.855 (18,8)	22.668 (17,4)
6 Hypertonie	4.051 (57,9)	1.218 (59,6)	40.571 (51,2)	68.294 (52,4)
7 Lähmung	433 (6,2)	72 (3,5)	3.625 (4,6)	6.734 (5,2)
8 Andere neurologische Störungen	370 (5,3)	XXX	5.415	9.458 (7,3)
9 Chronische Lungenkrankheit	888 (12,7)	269 (13,2)	10.992 (13,9)	14.565 (11,2)
10 Diabetes, unkompliziert	1.316 (18,8)	408 (20,0)	12.694 (16,0)	21.096 (16,2)
11 Diabetes, kompliziert	621 (8,9)	215 (10,5)	5.730 (7,2)	11.322 (8,7)
12 Hypothyreose	467 (6,7)	168 (8,2)	6.152 (7,8)	10.098 (7,7)
13 Niereninsuffizienz	1.727 (24,7)	567 (27,8)	18.455 (23,3)	29.819 (22,9)
14 Lebererkrankung	746 (10,7)	268 (13,1)	7.281 (9,2)	10.035 (7,7)
15 Ulkuskrankheit ohne Blutungen	101 (1,4)	31 (1,5)	512 (0,6)	1.114 (0,9)
16 AIDS/HIV	XXX	XXX	30	34

17	Lymphom	22 (0,3)	9 (0,4)	564 (0,7)	822 (0,6)
18	Metastasierter Krebs	113 (1,6)	33 (1,6)	4.212 (5,3)	3.657 (2,8)
19	Solider Tumor ohne Metastasierung	407 (5,8)	113 (5,5)	11.762 (14,9)	9.288 (7,1)
20	Rheumatoide Arthritis/ Kollagen Störung	86 (1,2)	35 (1,7)	1.422 (1,8)	2.348 (1,8)
21	Koagulopathie	2.403 (34,4)	588 (28,8)	24.909 (31,5)	16.461 (12,6)
22	Fettleibigkeit	507 (7,3)	130 (6,4)	7.246 (9,1)	6.893 (5,3)
23	Gewichtsverlust	413 (5,9)	168 (8,2)	4.741 (6,0)	5.199 (4,0)
24	Flüssigkeits- und Elektrolytstörungen	3.868 (55,3)	980 (48,0)	43.467 (54,9)	52.563 (40,3)
25	Blutverlustanämie	73 (1,0)	29 (1,4)	998 (1,3)	2.436 (1,9)
26	Mangelanämie	78 (1,1)	52 (2,5)	1.421 (1,8)	3.044 (2,3)
27	Alkoholmissbrauch	203 (2,9)	62 (3,0)	3.015 (3,8)	3.399 (2,6)
28	Drogenmissbrauch	172 (2,5)	33 (1,6)	1.978 (2,5)	849 (0,7)
29	Psychose	27 (0,4)	4 (0,2)	558 (0,7)	837 (0,6)
30	Depression	281 (4,0)	90 (4,4)	4.332 (5,5)	6.551 (5,0)

XXX = datenschutzrechtliche Sperrung durch das statistische Bundesamt.

Tabelle 8: Codes zur Klassifizierung von Komorbiditäten und andere oder keine Behandlung

Beschreibung	Quelle	Codes, Verweise			
<i>Eigenschaften und Komorbiditäten</i>					
Elixhauser Score (ES)	Literatur	van Walraven et al.(van Walraven et al., 2009), Quan et al.(Quan et al., 2005)			
Vorhofflimmern	ICD-10	I48.*			
Diabetes mellitus	ICD-10	E10-E14			
Chronische Darmerkrankungen	ICD-10	K55.1			
Chronische ischämische Herzkrankheit	ICD-10	I25.*			
Karotisstenose	ICD-10	I65.*			
Nierenarterienstenose	ICD-10	I70.1			
Periphere arterielle Erkrankung	ICD-10	I70.2*			
Kombiniert zu einem einfachen Summenwert (0–4) zur Modellierung der atherosklerotischen Belastung					
			<i>Diagnostik und Behandlung</i>		
			CT mit Kontrastmittel	OPS	3-225
			MRI mit Kontrastmittel	OPS	3-825
			DSA von viszeralen Arterien	OPS	3-604
Explorative Laparotomie	OPS	5-541.0			
<i>Komplikationen und sekundäre Outcomes</i>					
Akuter Myokardinfarkt	ICD-10	I21.*, I22.*			
Reanimation	OPS	8-77*			
Akute Niereninsuffizienz	ICD-10	N17.*			
Akute Extremitätenischämie	ICD-10	I74.*			
Transfusion von >5 EK´s	OPS	8-800.7* without 8-800.7f, 8-800.c* without 8-800.c0			
Transfusion von >5 Thrombozytenkonzentraten	OPS	8-800.6* without 8-800.60/.61/.62/.63, 8-800.8* without 8-800.8s, 8-800.a* without 8-800.a0, 8-800b* without 8-800.b0/.b1/.b2/.b3, 8-800.e* without 8-800.e0/.e1/.e2/.e3, 8-8009* without 8-800.9v/.90/.91/.92/.93, 8-800.d* without 8-800.d0/.d1/.d2/.d3/.d4			
ECMO-Therapie	OPS	8-852			
Verlängerte Beatmung	-	Direkt codierte Variable (Stunden der Beatmung nach dem Verlassen des Operationsaals)			

Tabelle 9: Administrative Codes für Revaskularisierungsverfahren

S1	Inzision, Embolektomie und Thrombektomie von Blutgefäßen
5-380.60, 5-380.65, 5-380.66	
S2	Endarterektomie, Transposition von Gefäßen, Patchplastik auf Blutgefäßen
5-381.60, 5-381.65, 5-381.66, 5-396.60, 5-396.65, 5-396.66, 5-395.60, 5-395.65, 5-395.66	
S3	Anwenden eines weiteren Shunts und Bypasses auf Blutgefäße (andere viszerale Arterien)
5-393.49	
S4	Offene chirurgische, periphere Revaskularisation einschließlich offener chirurgischer PTA / Stenteinsatz/ Lyse
5-38c.0a, 5.38c.1a, 5.38c.2a, 5-38d.0a, 5-38d.1a,5-38e.0a,5-38e.1a, 5-38f.a, 5-38a.3, 5-38g	
E1	Perkutane transluminale, periphere Revaskularisationsverfahren
8-836.0a, 8-836.1a, 8-836.2a, 8-836.da, 8-836.ea, 8-836.fa, 8-836.ga, 8-836.ha, 8-836.ja, 8-836.q, 8-836.sa, 8-836.ta, 8-836.ua, 8-836.va, 8-83c.0a, 8-83c.1a, 8-83c.9a, 8-840.0a, 8-840.1a, 8-840.2a, 8-840.3a, 8-840.4a, 8-840.5a, 8-841.0a, 8-841.1a, 8-841.2a, 8-841.3a, 8-841.4a, 8-841.5a, 8-842.0a, 8-842.1a, 8-842.2a, 8-842.3a, 8-842.4a, 8-842.5a, 8-843.0a, 8-843.1a, 8-843.2a, 8-843.3a, 8-843.4a, 8-843.5a, 8-845.0a, 8-845.1a, 8-846.0a, 8-846.1a, 8-848.0a, 8-848.1a, 8-848.2a, 8-848.3a, 8-848.4a, 8-848.5a, 8-849.0a, 8-849.1a, 8-84a.0a, 8-84a.1a, 8-836.ra	
E2	Perkutane Thrombolyse / Thrombektomie / Atherektomie / Fremdkörperentfernung
8-836.8a, 8-836.pa, 8-836.3a, 8-836.6a, 8-836.7a	
L	Perkutane Spasmolyse
8-83c.40, 8-83c.41, 8-83c.42, 8-83c.70, 8-83c.71, 8-83c.72	

Tabelle 10: Administrative Codes für Darmresektionsverfahren.

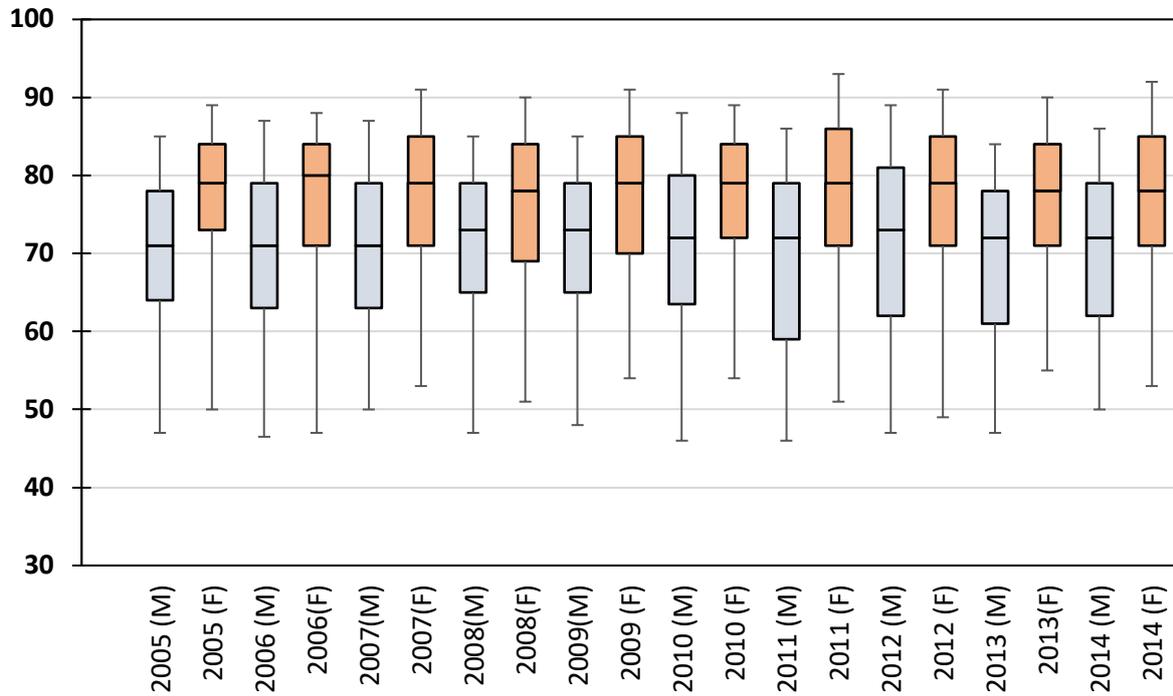
Dünndarmresektion
5-454.00, 5-454.01, 5-454.02, 5-454.10, 5-454.11, 5-454.12, 5-454.20, 5-454.21, 5-454.22, 5-454.30, 5-454.31, 5-454.32, 5-454.40, 5-454.41, 5-454.42, 5-454.50, 5-454.51, 5-454.52, 5-454.60, 5-454.61, 5-454.62
Partielle Resektion des Dickdarms, totale Kolektomie und Proktokolektomie, erweiterte Kolonresektion mit Resektion von Dünndarmschnitten und Entfernung anderer benachbarter Organe
5-455.01, 5-455.02, 5-455.03, 5-455.04, 5-455.05, 5-455.06, 5-455.07, 5-455.0x, 5-455.11, 5-455.12, 5-455.13, 5-455.14, 5-455.15, 5-455.16, 5-455.17, 5-455.1x, 5-455.21, 5-455.22, 5-455.23, 5-455.24, 5-455.25, 5-455.26, 5-455.27, 5-455.2x, 5-455.31, 5-455.35, 5-455.37, 5-455.3x, 5-455.41, 5-455.42, 5-455.43, 5-455.44, 5-455.45, 5-455.46, 5-455.47, 5-455.4x, 5-455.51, 5-455.52, 5-455.53, 5-455.54, 5-455.55, 5-455.56, 5-455.57, 5-455.5x, 5-455.61, 5-455.62, 5-455.63, 5-455.64, 5-455.65, 5-455.66, 5-455.67, 5-455.6x, 5-455.71, 5-455.72, 5-455.73, 5-455.74, 5-455.75, 5-455.76, 5-455.77, 5-455.7x, 5-455.81, 5-455.82, 5-455.83, 5-455.84, 5-455.85, 5-455.86, 5-455.87, 5-455.8x, 5-455.91, 5-455.92, 5-455.93, 5-455.94, 5-455.95, 5-455.96, 5-455.97, 5-455.9x, 5-455.a1, 5-455.a2, 5-455.a3, 5-455.a4, 5-455.a5, 5-455.a6, 5-455.a7, 5-455.ax, 5-455.b1, 5-455.b2, 5-455.b3, 5-455.b4, 5-455.b5, 5-455.b6, 5-455.b7, 5-455.bx, 5-455.c1, 5-455.c2, 5-455.c3, 5-455.c4, 5-455.c5, 5-455.c6, 5-455.c7, 5-455.cx, 5-455.d1, 5-455.d2, 5-455.d3, 5-455.d4, 5-455.d5, 5-455.d6, 5-455.d7, 5-455.dx
5-456.00, 5-456.01, 5-456.02, 5-456.03, 5-456.04, 5-456.05, 5-456.06, 5-456.07, 5-456.08, 5-456.0x, 5-456.10, 5-456.11, 5-456.12, 5-456.13, 5-456.14, 5-456.15, 5-456.16, 5-456.17, 5-456.18, 5-456.1x, 5-456.20, 5-456.21, 5-456.22, 5-456.23, 5-456.24, 5-456.25, 5-456.26, 5-456.27, 5-456.28, 5-456.2x
5-458.01, 5-458.02, 5-458.03, 5-458.04, 5-458.05, 5-458.06, 5-458.07, 5-458.0x, 5-458.11, 5-458.12, 5-458.13, 5-458.14, 5-458.15, 5-458.16, 5-458.17, 5-458.1x, 5-458.21, 5-458.22, 5-458.23, 5-458.24, 5-458.25, 5-458.26, 5-458.27, 5-458.2x, 5-458.31, 5-458.32, 5-458.33, 5-458.34, 5-458.35, 5-458.36, 5-458.37, 5-458.3x, 5-458.41, 5-458.42, 5-458.43, 5-458.44, 5-458.45, 5-458.46, 5-458.47, 5-458.4x, 5-458.51, 5-458.52, 5-458.53, 5-458.54, 5-458.55, 5-458.56, 5-458.57, 5-458.5x

Tabelle 11: Kreuztabelle der Verfahren pro Fall mit akuter mesenterialer Ischämie. Diese Tabelle ist nach Verfahren aufgeteilt, nicht nach Patienten

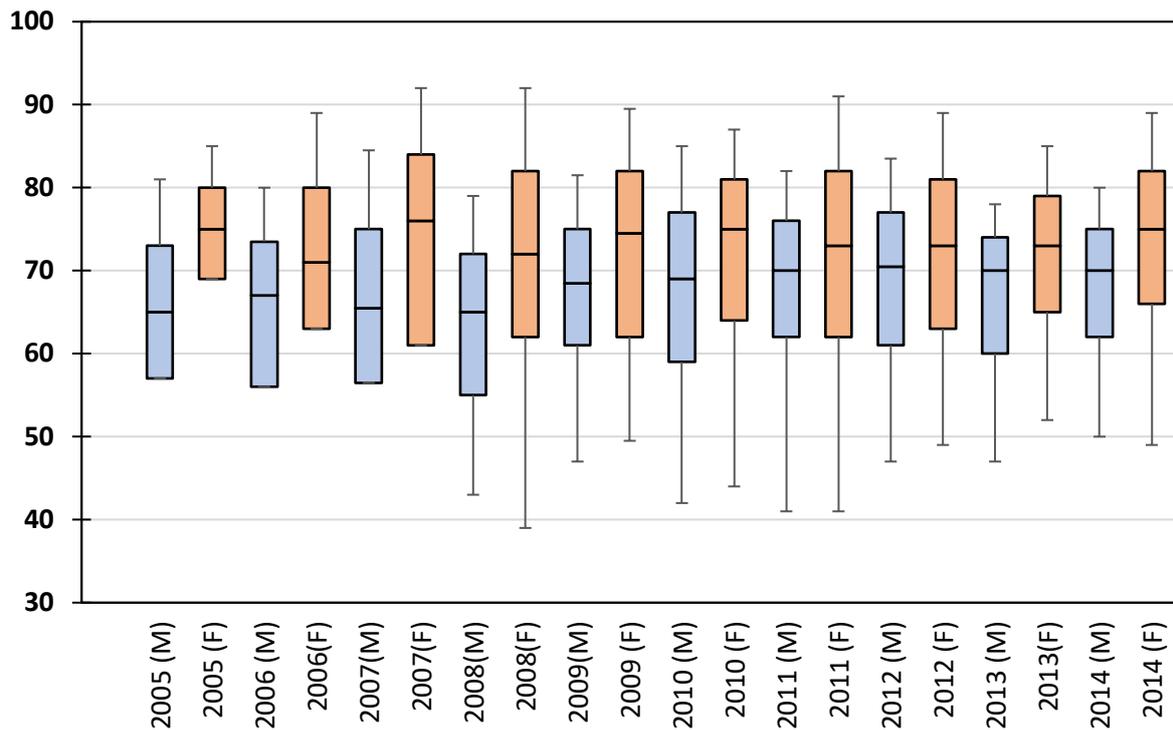
n/N (Spalte-%)	Offen chirurgisch (N = 6.991)				Endovaskulär (N = 2.282)		Andere (N = 83.414)		
	S1 (n = 5.464)	S2 (n = 1.321)	S3 (n = 723)	S4 (n = 365)	E1 (n = 1.876)	E2 (n = 597)	B (n = 83.135)	L (n = 279)	
Embolektomie/Thrombektomie	S1	5.464 (100,0)	480 (36,3)	106 (14,7)	185 (50,7)	102 (5,4)	57 (9,5)	2.686 (3,2)	18 (6,5)
Endarterektomie/Transposition/Patch	S2	480 (8,8)	1.321 (100,0)	91 (12,6)	44 (12,1)	42 (2,2)	20 (3,4)	649 (0,8)	7 (2,5)
Bypass Transplantat	S3	106 (1,9)	91 (6,9)	723 (100,0)	25 (6,8)	39 (2,1)	3 (0,5)	335 (0,4)	6 (2,2)
PTA/Stent/Lyse*	S4	185 (3,4)	44 (3,3)	25 (3,5)	365 (100,0)	36 (1,9)	10 (1,7)	208 (0,3)	6 (2,2)
PTA/Stent/Lyse (ohne Laparotomie)	E1	102 (1,9)	42 (3,2)	39 (5,4)	36 (9,9)	1.876 (100,0)	191 (32,0)	509 (0,6)	65 (23,3)
Perkutane Embol-/Atherektomie	E2	57 (1,0)	20 (1,5)	3 (0,4)	10 (2,7)	191 (10,2)	597 (100,0)	169 (0,2)	44 (15,8)
Darmresektion	B	2.686 (49,2)	649 (49,1)	335 (46,3)	208 (57,0)	509 (27,1)	169 (28,3)	83.135 (100,0)	108 (38,7)
Endovaskuläre Spasmolyse	L	18 (0,3)	7 (0,5)	6 (0,8)	6 (1,6)	65 (3,5)	44 (7,4)	108 (0,1)	279 (100,0)

Da mehrere Verfahren in derselben Operation kombiniert oder während desselben Krankenhausaufenthalts durchgeführt werden können, kann die Summe der Verfahren die Gesamtzahl der Fälle überschreiten. Für die Kodierung siehe Ergänzungstabelle 9 und Ergänzungstabelle 10. * = Offener chirurgischer Zugang inkl. Laparotomie.

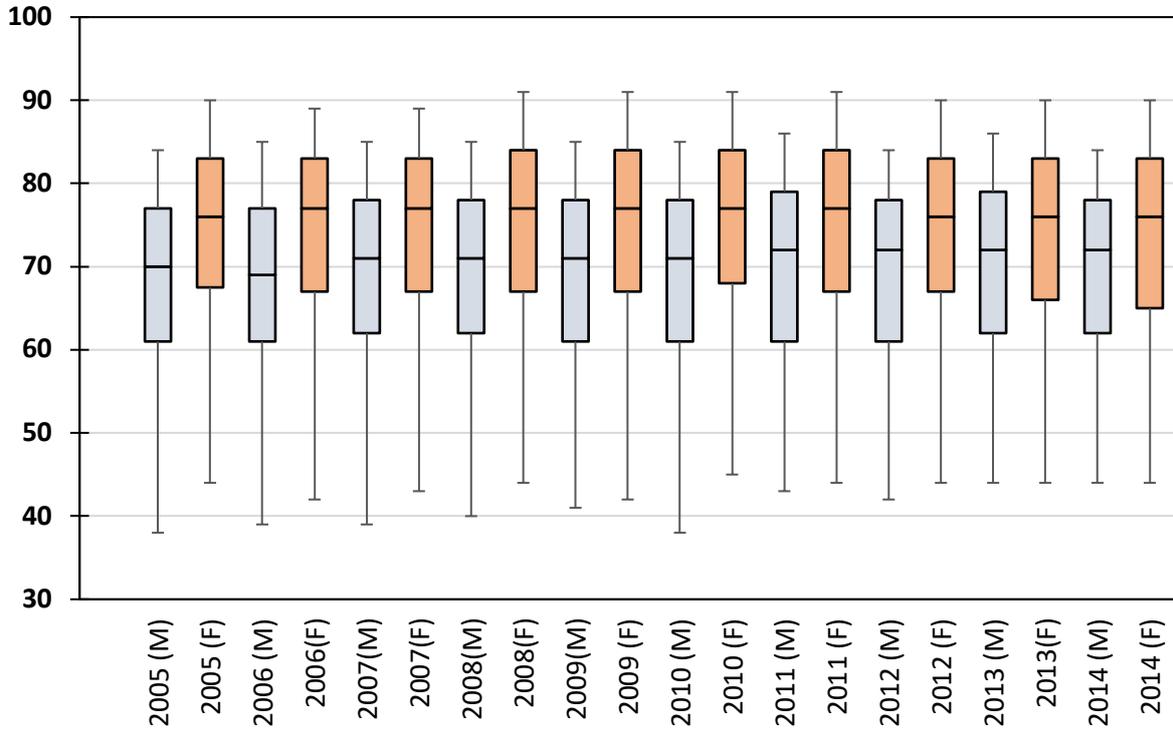
Altersverteilung (Offen chirurgisch)



Altersverteilung (Endovaskulär)



Altersverteilung (Nur Darmresektion)



Altersverteilung (Andere oder keine Behandlung)

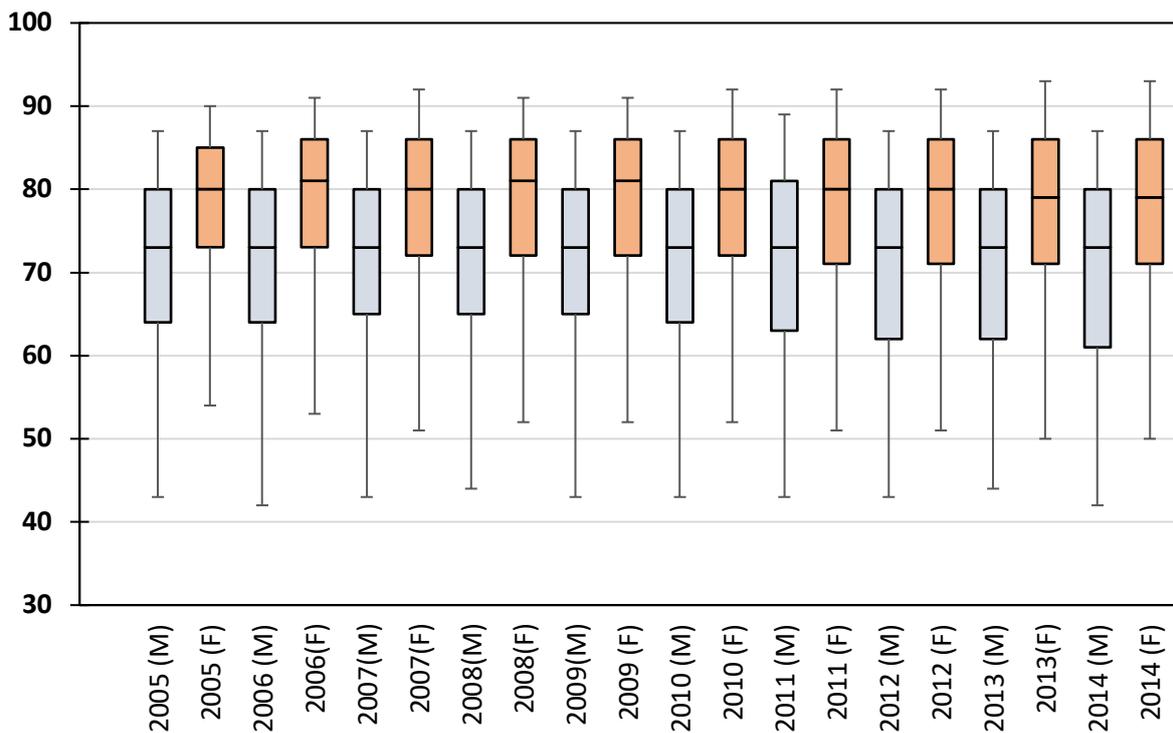


Abbildung 13: Altersverteilungen nach Prozedere

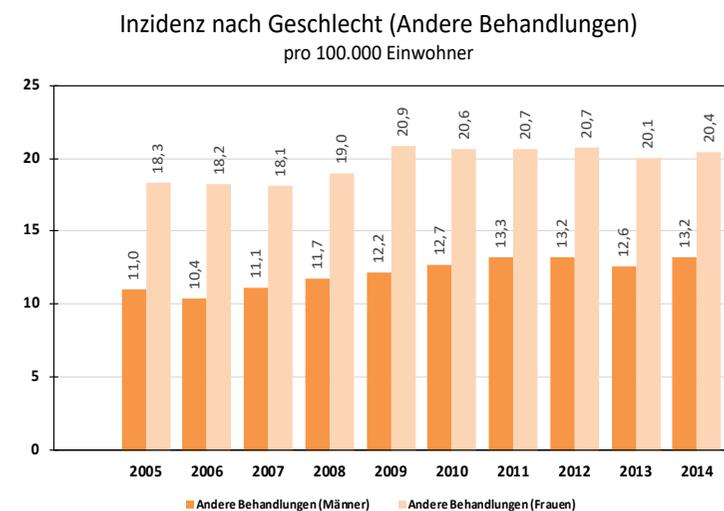
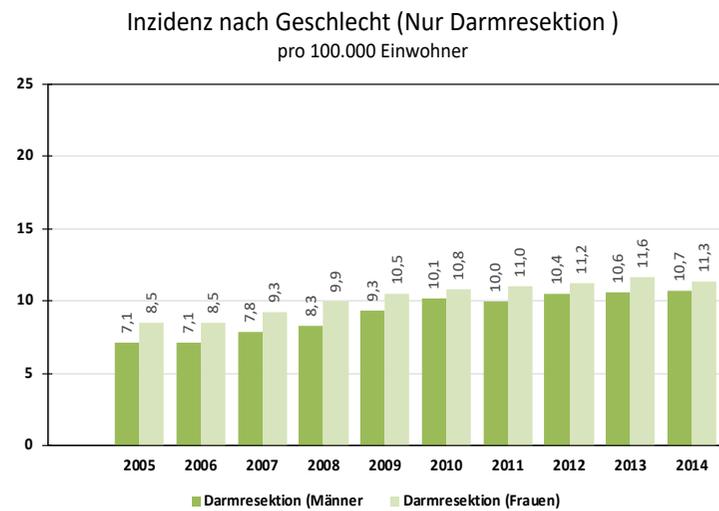
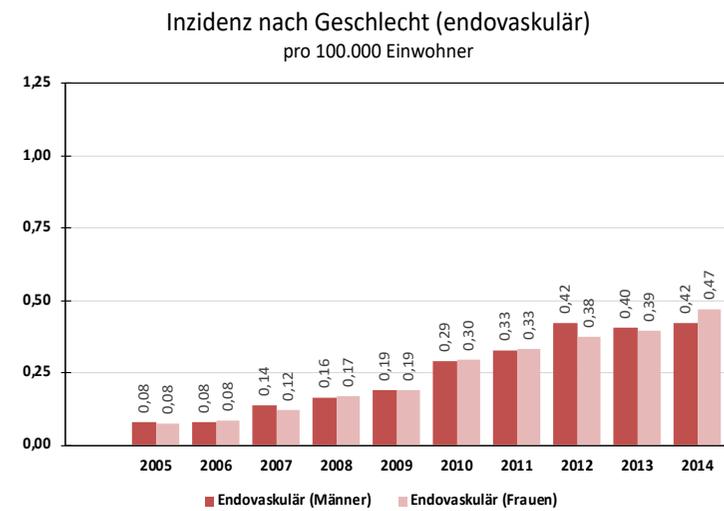
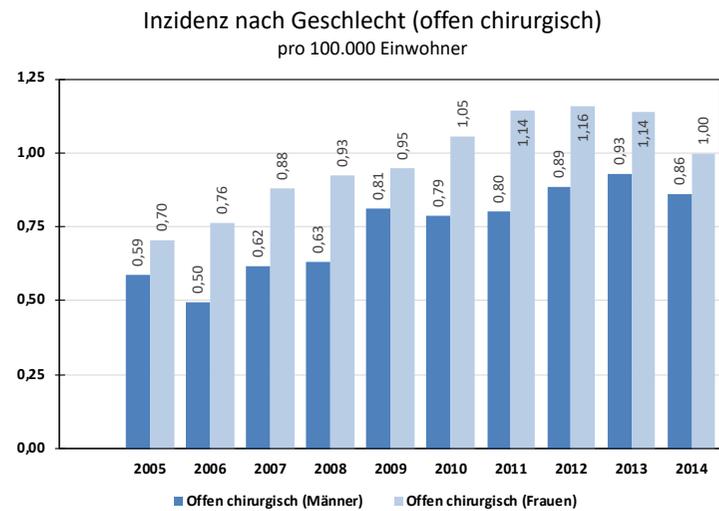


Abbildung 14: Rohe Krankenhausinzidenz nach Behandlung und Geschlecht

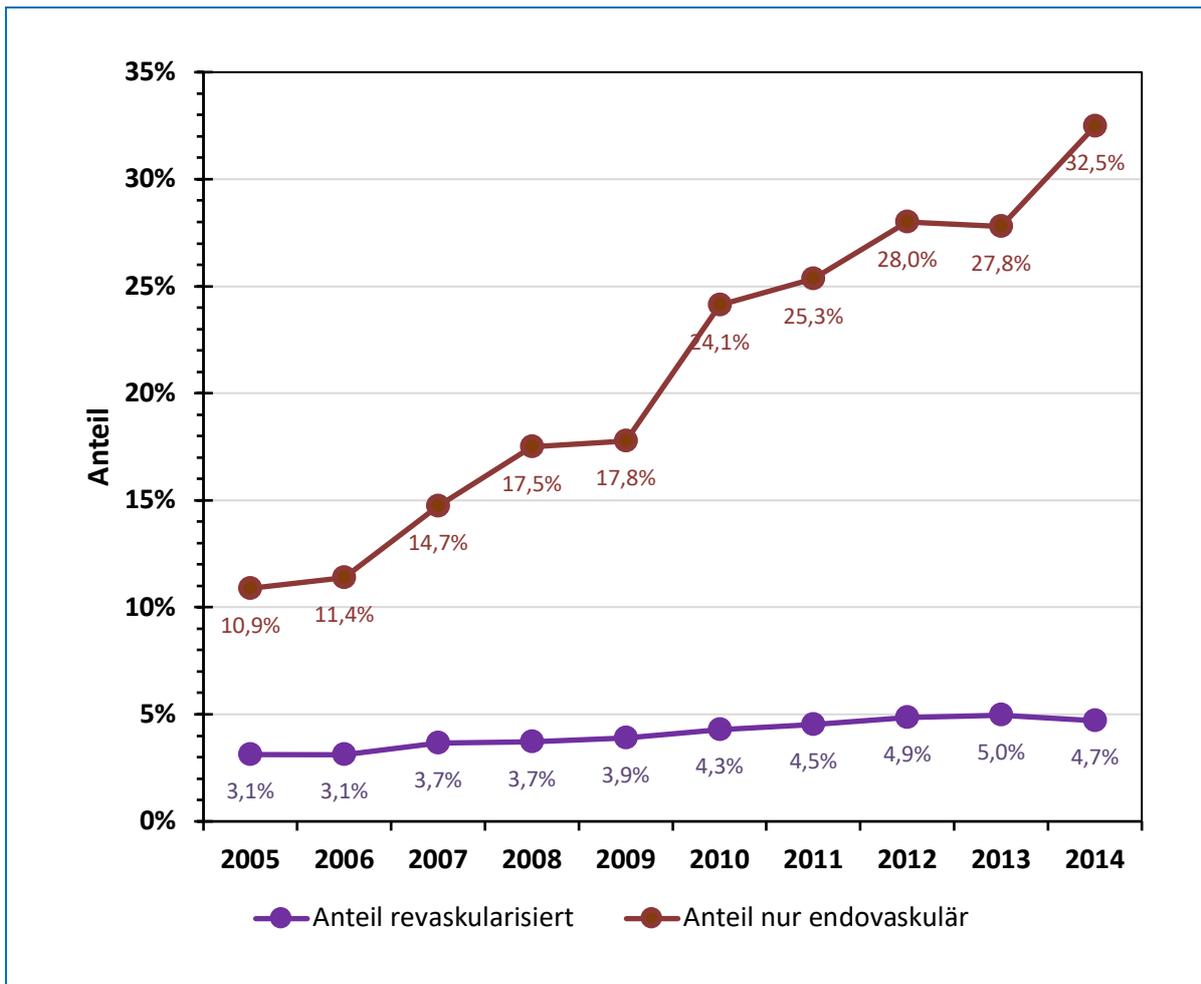


Abbildung 15: Anteil der revaskularisierten Patienten von allen Patienten (violette Linie). Anteil der Patienten die eine endovaskuläre Behandlung erhalten haben von allen revaskularisierten Patienten (rote Linie)