

Aus der Klinik für Allgemeine Chirurgie, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. Matthias Glanemann

**Offener vs. interventioneller Aortenrepair bei Bauchortenaneurysma:
Analyse und Vergleich zweier Verfahren in einem zertifizierten
und interdisziplinären Gefäßzentrum**

**Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät
der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES
2025**

vorgelegt von: Annalena Summa
geb. am: 24.09.1997 in Saarlouis

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung/Abstract.....	1
1. Einleitung	5
1.1 Historische Aspekte der Versorgung von Bauchaortenaneurysmen	5
1.2 Definition und Einteilung des Aortenaneurysmas	6
1.3 Epidemiologie und geschlechtsspezifische Unterschiede	8
1.4 Ätiopathogenese und Risikofaktoren	9
1.5 Klinische Symptomatik des abdominellen Aortenaneurysmas	13
1.6 Diagnostik und Screening.....	14
1.7 Therapieindikationen und -optionen	16
1.7.1 Therapieindikationen	16
1.7.2 Konservatives Vorgehen und Überwachung	17
1.7.3 Verfahrenswahl	18
1.7.4 Offen-chirurgisches Verfahren	18
1.7.5 Endovaskuläres Verfahren.....	20
1.7.6 Therapie des rupturierten Bauchaortenaneurysmas.....	24
1.8 Komplikationsmöglichkeiten beider Methoden.....	25
1.9 Fragestellung	29
2. Material und Methoden	30
2.1 Patientenkollektiv	30
2.2 Datenerhebung	30
2.3 Behandlungsgruppen	34
2.4 Literaturrecherche.....	35
2.5 Statistische Methoden	35
2.5.1 Deskriptive Statistik	35
2.5.2 Induktive Statistik.....	36

3. Ergebnisse	38
3.1 Behandlungsgruppen im Vergleich	38
3.2 Weitere wichtige Parameter zur EVAR-Gruppe	50
3.3 Weitere wichtige Parameter zur OP-Gruppe	57
3.4 Einteilung nach Clavien-Dindo-Klassifikation.....	61
3.5 Gesamtübersicht über die wichtigsten Ergebnisse	64
4. Diskussion	66
4.1 Vergleich der Behandlungsgruppen	66
4.2 Limitationen.....	79
4.3 Vergleich mit den großen Multicenter-Studien DREAM und EVAR-1.....	79
4.4 Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick	82
5. Verzeichnisse	84
5.1 Literaturverzeichnis.....	84
5.2 Abbildungsverzeichnis	100
5.3 Tabellenverzeichnis	101
5.4 Grafikverzeichnis	102
5.5 Abkürzungsverzeichnis.....	103
6. Danksagung	104
7. Lebenslauf	105
Anhang	

Zusammenfassung

Hintergrund:

Abdominelle Bauchortenaneurysmen können heutzutage entweder offen-chirurgisch mit einer Gefäßprothese oder endovaskulär mit einem Stentgraft behandelt werden. In den letzten Jahren hat sich die endovaskuläre Therapie dabei als wichtige Säule neben der operativen Variante etabliert. Durch die Entwicklung neuer Devices und speziell angefertigter endovaskulärer Stentgrafts hat sich auch ihr Einsatzgebiet erheblich erweitert. Diese retrospektive Studie wurde durchgeführt, um einen Vergleich der beiden Verfahren bezüglich ihres Outcomes am zertifizierten Gefäßzentrum der Universitätsklinik in Homburg zu erlangen.

Methoden:

Für die Datenerhebung wurden alle Patienten mit einem abdominellen Aortenaneurysma berücksichtigt, die zwischen dem 01.01.2014 und dem 30.04.2019 im Gefäßzentrum der Universitätsklinik in Homburg durch eine der Therapieformen behandelt wurden. Die Gruppeneinteilung war dabei nicht randomisiert. In jeder Gruppe erfolgte eine weitere Differenzierung zwischen Patienten mit einem rupturierten Aneurysma und solchen mit einem nicht-rupturierten Aneurysma. Für den direkten Vergleich wurden demografische, aneurysmabezogene, prozedurale und klinische Daten untersucht. Zudem wurde die Länge des gesamtstationären Aufenthalts und des Intensivaufenthalts, die Komplikationsinzidenz und das Komplikationsspektrum sowie die Inzidenz von Reinterventionen/Reoperationen und die primäre Krankenhaussterblichkeit miteinander verglichen.

Ergebnisse:

Von insgesamt 185 Patienten wurden 115 endovaskulär therapiert. Die restlichen 70 Patienten wurden durch eine offen-chirurgische Therapie behandelt. Im Durchschnitt verbrachten die operativ therapierten Patienten 3 Tage länger auf der Intensivstation ($p < 0,001$) und wurden durchschnittlich 4 Tage später aus dem Krankenhaus entlassen ($p < 0,001$).

Prozedurassoziierte Komplikationen und Re-Eingriffe traten während der Primärhospitalisation jeweils häufiger in der endovaskulären Gruppe auf (Komplikationen: EVAR: 75,7%; OP: 34,3%; $p < 0,001$ // Re-Eingriffe: EVAR: 33,9%; OP: 27,1%; $p = 0,336$). Die häufigste endovaskuläre Komplikation, die dabei erfasst werden konnte, war das Auftreten eines Endoleaks (68/115 Patienten; 59,1%) (über 85 Prozent Grad I der Clavien-Dindo-Klassifikation). Operativ kam es am häufigsten zu Darmischämien (11/70 Patienten; 15,7%) und abdominellen Kompartmentsyndromen (6/70 Patienten; 8,6%) (Grad IIIB bis Grad V der Clavien-Dindo-Klassifikation).

Auch nach der Entlassung kamen prozedurassoziierte Komplikationen und Re-Eingriffe häufiger in der endovaskulären Gruppe vor (Komplikationen: EVAR: 19,1%; OP: 11,4%; $p = 0,218$ // Re-Eingriffe: EVAR: 16,5%; OP: 10%; $p = 0,216$). Die führende endvaskuläre Komplikation war abermals das Auftreten eines Endoleaks (8/115 Patienten; 7,0%) (vor allem Grad IIIA der Clavien-Dindo-Klassifikation). Im Langzeitverlauf traten jedoch auch schwerwiegendere Komplikationen wie sekundäre Rupturen und Stentgraftinfektionen auf (Grad IIIB bis Grad IVB der Clavien-Dindo-Klassifikation). In der operativen Gruppe kam es nach der Entlassung am häufigsten zu Narbenhernien (6/70 Patienten; 8,6%) (Grad IIIB der Clavien-Dindo-Klassifikation).

Bezüglich der Mortalität zeigte sich während der Primärhospitalisation eine signifikant niedrigere Mortalitätsrate in der endovaskulären Gruppe (EVAR: 3,5%; OP: 20%; $p = 0,001$). Zu beachten ist hierbei allerdings eine ungleiche Gruppenverteilung rupturierter Aneurysmen, die mit einem erhöhten Mortalitätsrisiko einhergehen. Die Rate rupturierter Aneurysmen betrug in der operativen Gruppe 27,1 Prozent und in der endovaskulären Gruppe 7,8 Prozent.

Schlussfolgerung:

Die EVAR-Gruppe wies eine signifikant niedrigere Krankenhaussterblichkeit und einen signifikant kürzeren Krankenhausaufenthalt auf. Allerdings verzeichnete sie auch eine deutlich niedrigere Rate rupturierter Aneurysmen. Re-Eingriffe und prozedurassoziierte Komplikationen traten häufiger in der endovaskulären Gruppe auf. Ein früher endovaskulärer Vorteil durch risikoarme Komplikationen wurde im Langzeitverlauf durch risikoreiche Komplikationen wie sekundäre Rupturen und Stentgraftinfektionen aufgehoben.

Abstract

Open versus interventional aortic repair for abdominal aortic aneurysm: Analysis and comparison of two procedures in a certified and interdisciplinary vascular centre

Background:

Abdominal aortic aneurysms can nowadays be treated either by open surgery with a vascular prosthesis or endovascularly with a stent graft. In recent years, endovascular therapy has established itself as an important pillar alongside the surgical variant. The development of new devices and specially manufactured endovascular stent grafts has also considerably expanded their field of application. This retrospective study was conducted to compare the two procedures in terms of their outcome at the certified vascular centre of the University Hospital in Homburg.

Methods:

All patients with an abdominal aortic aneurysm who were treated with one of the forms of therapy at the Vascular Centre of the University Hospital in Homburg between 1 January 2014 and 30 April 2019 were included in the data collection. The group allocation was not randomised. Within each group, a further distinction was made between patients with ruptured and non-ruptured aneurysms. Demographic, aneurysm-related, procedural and clinical data were analysed for the direct comparison. In addition, the length of the overall inpatient stay and intensive care stay, the incidence of complications and the range of complications as well as the incidence of reinterventions/reoperations and the primary hospital mortality were compared.

Results:

Of a total of 185 patients, 115 underwent endovascular therapy. The remaining 70 patients were treated by open surgery. On average, the surgically treated patients spent 3 days longer in the intensive care unit ($p < 0.001$) and were discharged from hospital an average of 4 days later ($p < 0.001$).

Procedure-associated complications and reinterventions occurred more frequently in the endovascular group during primary hospitalisation (complications: EVAR: 75.7%; OP: 34.3%; $p < 0.001$ // reinterventions: EVAR: 33.9%; OP: 27.1%; $p = 0.336$). The most common endovascular complication observed in this case was the occurrence of an endoleak (68/115 patients; 59.1%) (over 85 per cent grade I of the Clavien-Dindo classification). Intestinal ischaemia (11/70 patients; 15.7%) and abdominal compartment syndromes (6/70 patients; 8.6%) were the most common surgical complications (grade IIIB to grade V of the Clavien-Dindo classification).

Even after discharge procedure-associated complications and reinterventions were detected more frequently in the endovascular group (complications: EVAR: 19.1%; OP: 11.4%; $p = 0.218$ // reinterventions: EVAR: 16.5%; OP: 10%; $p = 0.216$). The leading endovascular complication was again the occurrence of an endoleak (8/115 patients; 7.0%) (mainly grade IIIA of the Clavien-Dindo classification). However, more serious complications such as secondary ruptures and stent graft infections also occurred in the long-term course (grade IIIB to grade IVB of the Clavien-Dindo classification). In the surgical group, incisional hernias were the most common complication after inpatient discharge (6/70 patients; 8.6%) (grade IIIB of the Clavien-Dindo classification).

With regard to mortality during primary hospitalisation, the mortality rate was significantly lower in the endovascular group (EVAR: 3.5%; OP: 20%; $p = 0.001$). However, an uneven group distribution of ruptured aneurysms, which are associated with an increased mortality risk, should be noted. The rate of ruptured aneurysms was 27.1 percent in the surgical group and 7.8 percent in the endovascular group.

Conclusions:

The EVAR group had a significantly lower hospital mortality rate and a significantly shorter hospital stay. However, it also recorded a significantly lower rate of ruptured aneurysms. Reinterventions and procedure-associated occurred more frequently in the endovascular group. An early endovascular advantage due to low-risk complications was cancelled out in the long-term course by high-risk complications such as secondary ruptures and stent graft infections.

1. Einleitung – Das abdominelle Aortenaneurysma

1.1 Historische Aspekte der Versorgung von Bauchaortenaneurysmen

Die historische Geschichte des Aneurysmas reicht bis ins alte Ägypten zurück. Bereits im Papyrus Ebers (Hauptdokument der ägyptischen Medizin), welches bis ins Jahr 1500 vor Christus zurückgeht, gibt es erste Belege über Aneurysmen. Einen wichtigen Meilenstein in der operativen Behandlung von arteriellen Aneurysmen stellte die Ligatur von Gefäßen, eingeführt von dem Renaissance-Chirurgen Ambroise Paré, dar. Im Jahr 1817 führte Sir Astley Cooper im Guy's Hospital in London die erste Ligatur der Bauchaorta aufgrund eines Aneurysmas der linken Beckenarterie durch. Sein Patient verstarb jedoch 48 Stunden später an einem Beingangrän (Cervantes *et al.*, 2003). Eine weitere Methode in der gefäßchirurgischen Therapie von arteriellen Aneurysmen entwickelte Rudolph Matas: die sogenannte „Endo-Aneurysmaraphie“. Bei ihr erfolgte nach dem Öffnen des Aneurysmasacks eine Ausschaltung des Aneurysmas durch ein Aneinandernähen der Wände. Matas führte diese Methode im Jahr 1888 erstmals an der Arteria radialis und im Jahr 1923 an der Aorta durch (Creech *et al.*, 1966). In den folgenden Jahren kam es in der Therapie von Aortenaneurysmen nur zu geringen Fortschritten. Es starteten einzelne Versuche mit Zellophanumhüllungen, einer Art von Folie, welche eine Entzündungsreaktion mit einer Fibrosierung hervorrufen und somit zur erhöhten Stabilität führen sollte. Dieses Verfahren mit mäßiger Haltedauer wendete auch Rudolph Nissen 1948 bei seinem Patienten Albert Einstein an. Einstein verstarb jedoch sieben Jahre später an einer Aneurysmaruptur, da er weitere Operationen, die der damalige Chefarzt der Chirurgie am New York Hospital-Cornell Medical Center vorge schlagen hatte, ablehnte (Cervantes *et al.*, 2003; Nakayama *et al.*, 2021).

Anfang der 1950er Jahre kam es zur Einführung von konservierten Aortenhomografts. Im November 1950 setzte Jaques Outdot erstmals einen Homograft aus einem Leichnam zum Ersatz der Aortenbifurkation ein. Im März des folgenden Jahres schrieb Charles Dubost mit der ersten erfolgreichen Resektion eines Bauchaortenaneurysmas bei einem 50-jährigen Mann Geschichte. Die Rekonstruktion erfolgte auch in diesem Fall mit einem Aortenhomograft aus einer Leiche. Diesem bedeutsamen Meilenstein folgten zahlreiche weitere Fortschritte, die 1952 zur Einführung synthetischer Prothesen durch Voorhees, damaliger Chirurg der Columbia University in New York, führten. Dies löste eine Reihe neuer und vielfältiger Arterienprothesen aus (Cervantes *et al.*, 2003).

So werden heutzutage vielfach Prothesen aus Dacron (Polyethylenterephthalat) oder Polytetrafluorethylen (PTFE) zur Behandlung abdomineller Aortenaneurysmen eingesetzt (Rühland *et al.*, 1981).

Betrachtet man die Entwicklung der endovaskulären Therapie (endovascular aortic repair = EVAR) von Bauchaortenaneurysmen, so kann man sehen, dass einige Zeit verging, bis eine Alternative zur operativen Therapie zur Verfügung stand. Der Ursprung dieser Behandlungsmethode liegt bei Juan Parodi aus Buenos Aires, dem 1990 die erste endovaskuläre Behandlung eines abdominalen Aneurysmas gelang (Veith *et al.*, 2005). Seit ihrer Einführung in den 1990er Jahren wird die endovaskuläre Therapie von Bauchaortenaneurysmen von vielen als effektive und weniger invasive Alternative zur offenen Reparatur gerühmt (Gorham *et al.* 2004; Møller *et al.*, 2024). In großen Studien wie DREAM oder EVAR-1, die die offen-chirurgische mit der endovaskulären Methode verglichen, konnte zwar ein früher Überlebensvorteil der endovaskulären Therapie gezeigt werden, jedoch näherten sich die postprozeduralen Überlebenskurven nach drei Jahren deutlich an (Kent *et al.*, 2014; Powell *et al.*, 2017; Schanzer *et al.*, 2021).

1.2 Definition und Einteilung des Aortenaneurysmas

Der Begriff „Aneurysma“ stammt aus dem Griechischen und bezeichnet eine Erweiterung eines Gefäßes. Diese Erweiterung oder Aussackung entsteht durch eine Schwäche der Wandstruktur, vor allem durch einen Verlust von glatten Muskelzellen, elastischen und kollagenen Fasern sowie durch Veränderungen der extrazellulären Matrix (Sakalihan *et al.*, 2005; Sakalihan *et al.*, 2018; Ludwig *et al.*, 2020). Ein Aortenaneurysma ist in der Regel ein Aneurysma verum, bei welchem die Aussackung alle 3 Gefäßwandschichten (Intima, Media, Adventitia) betrifft. Beim Aneurysma verum unterscheidet man spindelförmige (fusiforme) von sackförmigen (sacciforme) Aneurysmen, wobei die meisten spindelförmig sind. Weitere Aneurysmaformen, welche seltener auftreten, sind das Aneurysma dissecans und das Aneurysma spurium. Beim Aneurysma dissecans kommt es durch einen Einriss der innersten Schicht (Intima) zum Bluteinstrom in die Gefäßwand, was die Bildung eines zweiten Lumens zur Folge hat. Das Aneurysma spurium stellt eine komplette Gefäßwandzerstörung mit der Bildung einer perivaskulären Gefäßhöhle dar. Kommt es gleichzeitig retroperitoneal zu einer Vermehrung des Bindegewebes, einer sogenannten Fibrose, spricht man von einem inflammatorischen Aneurysma (Sakalihan *et al.*, 2005; Ludwig *et al.*, 2020).

Allgemein spricht man von einem abdominellen Aortenaneurysma, wenn sich die Gefäßweiterung an der Hauptschlagader zwischen dem Zwerchfell und der Aortenbifurkation befindet. Der normale Durchmesser der Aorta ist alters-, geschlechts- und gewichtsabhängig. Ein allgemeiner Konsens über die Definition besteht nicht. Die Diagnose eines abdominellen Aortenaneurysmas wird aber konventionell ab einem Durchmesser von 30 mm gestellt. Auch die aktuelle S3-Leitlinie gibt in ihrer Definition einen Durchmesser „von 30 mm oder größer“ an, gemessen „in der anterolateralen oder transversalen Ebene“ (Sakalihan *et al.*, 2005; Kent *et al.*, 2014; Debus *et al.*, 2018).

Ein abdominelles Aortenaneurysma kann je nach Verhältnis zu den Nierenarterien in ein supra-, ein para-, ein juxta- und ein infrarenales Aneurysma eingeteilt werden.

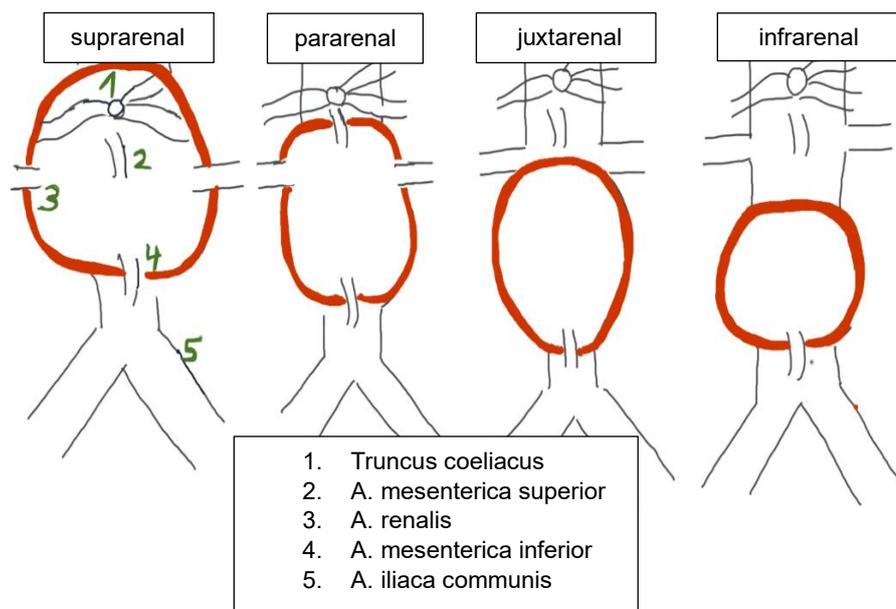


Abbildung 1: Einteilung des abdominellen Aortenaneurysmas nach Lokalisation und Ausbreitung

Ein supra-renales Aneurysma bezeichnet ein Aneurysma, welches auch die Arteria mesenterica superior oberhalb des Abgangs der Nierenarterien einbezieht. Manchmal ist sogar der Truncus coeliacus betroffen. Ein para-renales Aneurysma involviert ebenfalls die Abgänge der Nierenarterien. Oben genannte Viszeraläste sind jedoch nicht davon betroffen. Von einem juxta-renalen Aneurysma spricht man, wenn das Bauchortenaneurysma bis zu den Nierenarterienabgängen reicht, diese davon aber nicht eingeschlossen werden. Ein infrarenales Aneurysma stellt ein Aneurysma unterhalb der Nierenarterienabgänge dar, bei dem sich zwischen der oberen Aneurysmabegrenzung und den Nierenarterien noch ein nicht erweiterter Gefäßabschnitt befindet (Chiesa *et al.*, 2013; Debus *et al.*, 2018).

Kommt es zur kompletten Gefäßzerreiung mit Blutansammlung außerhalb der Adventitia, spricht man von einer Aneurysmaruptur. Geht diese, wie in ungefähr 25 Prozent der Fälle, mit einer Einblutung in die Bauchhöhle einher, bezeichnet man sie als freie (offene) Ruptur. Im anderen Fall handelt es sich um eine gedeckte Ruptur, bei der ein geringerer Blutverlust auftritt, da dieser durch das Retroperitonealgewebe eingegrenzt und somit tamponiert wird (Assar *et al.*, 2009; Gawenda *et al.*, 2012; Ludwig *et al.*, 2020).

1.3. Epidemiologie und geschlechtsspezifische Unterschiede

Bei der Verteilung arterieller Aneurysmen nimmt die Aorta mit 80 Prozent den größten Anteil ein. Etwa 92 Prozent dieser aortalen Aneurysmen sind dabei im Bereich der abdominalen Aorta lokalisiert, wobei die infrarenale Aorta am häufigsten betroffen ist. Die anderen 20 Prozent entfallen auf Bereiche außerhalb der Aorta, wie zum Beispiel auf die Beckenarterien, die Poplitealarterie, die Mesenterialarterien oder die intrakraniellen Arterien (Baumann *et al.*, 2013; Ludwig *et al.*, 2020). Häufig treten diese extraortalen Aneurysmen auch als Begleitaneurysmen bei Patienten mit einem Bauchortenaneurysma auf (Rouchaud *et al.*, 2016; Tuveson *et al.*, 2016).

Epidemiologische Berichte über Bauchortenaneurysmen variieren weltweit je nach Alter, Geschlecht und Standort (Song *et al.*, 2023). Die Häufigkeit an einem abdominalen Aortenaneurysma zu erkranken, steigt mit dem Alter. In einer Studie für die Vereinigten Staaten wurde beispielsweise bei Männern eine Zunahme von 1,3 Prozent in der Altersgruppe von 45 bis 54 Jahren auf 12,5 Prozent in der Altersgruppe von 75 bis 84 Jahren beobachtet (Boese *et al.*, 2018). Ab dem 65. Lebensjahr wird davon ausgegangen, dass die Prävalenz im Schnitt um 2 bis 4 Prozent ansteigt (Aggarwal *et al.*, 2011). In einigen Quellen wird zwar von einem Rückgang der Prävalenz aufgrund verbesserter Präventionsmaßnahmen berichtet. Allerdings wird auch eine Zunahme der Inzidenz aufgrund der oben erwähnten Abhängigkeit vom demographischen Wandel sowie verbesserter Screening- und Diagnostikmethoden beschrieben (Sakalihan *et al.*, 2005; Baumann *et al.*, 2013).

Die Prävalenz bei Männern wird mit ungefähr 6 Prozent und bei Frauen mit ungefähr 1,8 Prozent angegeben. Dabei wird jedoch auch immer wieder auf die hohe Dunkelziffer verwiesen (Baumann *et al.*, 2012; Jones *et al.*, 2019). In anderen Quellen sind Prävalenzangaben von 4 bis 8 Prozent bei über 64-jährigen Männern und 0,5 bis 1,5 Prozent bei über 64-jährigen Frauen zu finden (Kortmann *et al.*, 2011). Gerade bei Frauen entwickelt sich ein Aneurysma häufig erst im fortgeschrittenen Alter (über 65 Jahre) (DeRubertis *et al.*, 2007; Villard *et al.*, 2018). Ein möglicher Erklärungsansatz ist der Schutz durch den prämenopausalen Östrogenspiegel (Boese *et al.*, 2018). Bezüglich der Geschlechterverteilung sind Männer im Alter von 65 bis 70 Jahren im Vergleich zu Frauen dieses Alters drei- bis fünfmal häufiger von der Entstehung eines Bauchaortenaneurysmas betroffen (Wallinder *et al.*, 2018). In anderen Quellen lässt sich ein Verhältnis von 4 bis 6 zu 1 (Männer zu Frauen) finden (Villard *et al.*, 2018; Silvia *et al.*, 2024). Obwohl die Häufigkeit bei Frauen geringer ist, zeigte eine Untersuchung für den UK Small Aneurysm Trial, dass Frauen abhängig von Alter, Körpergröße und initialem Aneurysmadurchmesser ein im Durchschnitt bis zu vierfach erhöhtes Risiko für eine Ruptur aufweisen (Lederle *et al.*, 2001). Außerdem konnten bei Frauen häufiger komplexe Aneurysmaanatomien in Form von stärker gewinkelten, kürzeren und breiteren Hälsen detektiert werden, die mit einem schlechteren Outcome nach Intervention vergesellschaftet waren (Villard *et al.*, 2018; Wallinder *et al.*, 2018).

Das Sterblichkeitsrisiko im Rahmen einer Aneurysmaruptur wird in mehreren Studien mit bis zu 80 Prozent angegeben (Boese *et al.*, 2018; Marcaccio *et al.*, 2021; Song *et al.*, 2023). Dies symbolisiert die enorme Wichtigkeit einer frühestmöglichen Diagnostik, Kontrolle und Therapie.

1.4 Ätiopathogenese und Risikofaktoren

Die Pathogenese des Aortenaneurysmas stellt einen komplexen Prozess dar, der bis heute noch nicht vollständig geklärt werden konnte. Nachgewiesen ist jedoch die Veränderung der Faserbestandteile der Aortenwand in Form einer Fragmentierung der elastischen Fasern und einem erhöhten Kollagenumsatz (Sakalihan *et al.*, 2005; Nordon *et al.*, 2009). Neue Studien gehen zudem von einer Störung der Glykokalyx aus (Rabia *et al.*, 2024). Ein großer Konsens besteht darüber hinaus in der Auffassung, dass sowohl chronisch-entzündliche als auch proteolytisch-enzymatische Prozesse eine wesentliche Schlüsselfunktion bei der Pathogenese spielen (Baumann *et al.*, 2012; Khan *et al.*, 2024).

In der genaueren Betrachtung sollen diese Prozesse vor allem durch hochregulierte Matrixmetalloproteasen sowie Cathepsine hervorgerufen werden (Nordon *et al.*, 2009; Sjöberg *et al.*, 2011). Ebenso konnte nachgewiesen werden, dass die Expression von Proteaseninhibitoren wie TIMP-2 und PAI-1 in abdominellen Aortenaneurysmen verringert ist (Sakalihasan *et al.*, 2005). Auf histologischer Ebene konnten ein Untergang der glatten Muskulatur, Abbauprozesse der extrazellulären Matrix sowie oxidativer Stress beobachtet werden (Kuivaniemi *et al.*, 2015). In anderen Studien konnten anhand von Biopsien zudem eine Akkumulation proteolytischer Enzyme sowie das Mitwirken von Zytokinen als wesentliche Bestandteile hervorgehoben werden (Golledge *et al.*, 2006). So ist es eine weit verbreitete Annahme, dass das abdominelle Aortenaneurysma eine lokalisierte Erscheinung eines systemischen, entzündlichen Krankheitsprozesses ist (Nordon *et al.*, 2011). In mehreren Studien, welche den Einfluss von Zytokinen auf die Entstehung eines Aortenaneurysmas untersuchten, konnten vor allem für die Zytokine Interleukin 1 β , Interleukin 6, Interleukin 8, Monozyten-Chemoattraktiv-Protein 1 (MCP-1) und TNF- α -Faktor ein Zusammenhang nachgewiesen werden. Das vermehrte Vorkommen dieser Zytokine war dabei mit einer häufigeren Aneurysmaentwicklung assoziiert (Treska *et al.*, 2007; Qian *et al.*, 2022). Des Weiteren gelang es Forschungsgruppen bereits in früheren Jahren, den Erreger *Chlamydia pneumoniae* in den Wänden von Aortenaneurysmen nachzuweisen. Man geht davon aus, dass dieser Erreger ebenfalls an der Aufrechterhaltung der Entzündungsreaktion beteiligt ist (Halme *et al.*, 1999; Karlsson *et al.*, 2000).

Eine andere Ansicht greift die Pathogenese der Atherosklerose auf und führt die Entstehung des Aortenaneurysmas auf diese zurück. Dies beruht vor allem auf der Tatsache, dass Atherosklerose ein nahezu universeller Befund in Aneurysmawänden ist und sich die Risikofaktoren wie beispielsweise eine arterielle Hypertonie und ein bestehender Nikotinabusus stark ähneln (Nordon *et al.*, 2009). Die Frage, ob zwischen diesen beiden Krankheiten eine Kausalität besteht oder ob sie lediglich auf ein gemeinsames Risikoprofil zurückzuführen sind, ist seit langer Zeit Forschungsbestandteil (Sakalihasan *et al.*, 2005; Golledge *et al.*, 2010; Lu *et al.*, 2022).

Eine weitere wichtige Rolle bei der Pathogenese des Aortenaneurysmas spielt die genetische Prädisposition. Dabei scheinen vor allem männliche Angehörige von Familienmitgliedern ersten Grades einem erhöhten Risiko ausgesetzt zu sein (Kuivaniemi *et al.*, 2003). In manchen Quellen wird sogar von einer Risikoerhöhung um den Faktor 10 berichtet (Sandford *et al.*, 2007).

So kann davon ausgegangen werden, dass genetische Faktoren auch einen wesentlichen Einfluss auf die oben geschilderte Entzündungsreaktion haben, welche zur Entstehung beizutragen vermag (Sandford *et al.*, 2007). Bauchaortenaneurysmen mit familiärer Häufung neigen im Vergleich zu sporadischen Aneurysmen häufiger zu einer Ruptur in jüngerem Alter (Sakalihasan *et al.*, 2005). Laut der aktuellen S3-Leitlinie sind genetische Bindegewebserkrankungen wie das Marfan-Syndrom oder das Ehlers-Danlos-Syndrom äußerst seltene Ursachen für die Entstehung von Bauchaortenaneurysmen. Allerdings scheinen sie mit einem früheren Erkrankungsalter und einer schlechteren Prognose assoziiert zu sein (Debus *et al.*, 2018). Neue Forschungsgruppen aus den letzten Jahren konzentrierten sich unter anderem auf den Phänotypenwechsel von vascular smooth muscle cells (VSMCs), welche einen wesentlichen Bestandteil der vasculären Wand darstellen und somit möglicherweise die Aortenwandspannung erhöhen könnten. Der genaue Zusammenhang ist allerdings wie die Untersuchung von spezifischen Genloci noch Bestandteil aktueller Forschung (Qian *et al.*, 2022; Waduud *et al.*, 2023). Bislang kann als bedeutsamer Genlocus für das allgemeine Auftreten von Aneurysmen unter anderem das Chromosom 19q13 genannt werden. In dessen Region befinden sich beispielhaft Informationen über das „LDL receptor-related protein 3 (LRP3)“, das in Forschungsprojekten an Mäusen eine Assoziation mit arteriellen Aneurysmen aufzeigte (Sakalihasan *et al.*, 2005).

Die folgende Tabelle zeigt die häufigsten Komorbiditäten, die mit einem Bauchaortenaneurysma assoziiert sind:

Erkrankung	Häufigkeit in Prozent (%)
Arterielle Hypertonie	49%
Koronare Herzkrankheit	29%
Pulmonalerkrankung (wie COPD oder Bronchialkarzinom)	25%
Linksherzinsuffizienz	21%
Niereninsuffizienz	14%
Carotisstenose	10%
Diabetes mellitus	8%
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	8%

Tabelle 1: Die häufigsten Komorbiditäten beim abdominellen Aortenaneurysma (Ludwig *et al.*, 2020), modifiziert nach der aktuellen S3-Leitlinie (Debus *et al.*, 2018)

Zu den wichtigsten Risikofaktoren, die zu der Entstehung eines Aortenaneurysmas beitragen, zählen neben einem fortgeschrittenen Alter das männliche Geschlecht sowie ein langjähriger Nikotinabusus. Nach dem 60. Lebensjahr kommt es dabei zu einem rapiden Risikoanstieg. Das männliche Geschlecht korreliert vor allem mit dem Auftreten von asymptomatischen Aneurysmen. Laut der aktuellen S3-Leitlinie weist ein abdominelles Aortenaneurysma gemeinsam mit der peripheren arteriellen Verschlusskrankheit von allen kardiovaskulären Erkrankungen die höchste Assoziation mit dem Rauchen auf. So ist die Prävalenz von Bauchaortenaneurysmen bei Rauchern im Vergleich zu lebenslangen Nichtrauchern mindestens vierfach erhöht (Sakalihan *et al.*, 2005; Aggarwal *et al.*, 2011; Debus *et al.*, 2018). Weitere Risikofaktoren sind, wie bereits oben erwähnt, eine positive Familienanamnese, kardiovaskuläre- und zerebrovaskuläre Erkrankungen, ein arterieller Hypertonus, eine Hypercholesterinämie und eine Atherosklerose (Keisler *et al.*, 2015; Ludwig *et al.*, 2020). Um das kardiovaskuläre Risiko zu verringern, wird daher unter anderem empfohlen, einen bestehenden Bluthochdruck präventiv zu behandeln (Debus *et al.*, 2018).

Eine Zugehörigkeit zur schwarzafrikanischen Ethnie scheint eher risikoreduzierend zu wirken, während ein Diabetes mellitus keine Assoziation mit dem Auftreten von Bauchaortenaneurysmen zu haben scheint (Lederle *et al.*, 2015; Debus *et al.*, 2018). Als wesentliche Faktoren, die das Risiko für eine Ruptur erhöhen, konnten das weibliche Geschlecht, ein Nikotinabusus, die Aneurysmagröße sowie eine erhöhte Körpergröße detektiert werden (Lindquist *et al.*, 2017; Debus *et al.*, 2018).

Die folgende Abbildung zeigt die Abhängigkeit des jährlichen Rupturrisikos vom bestehenden Aneurysmadurchmesser:

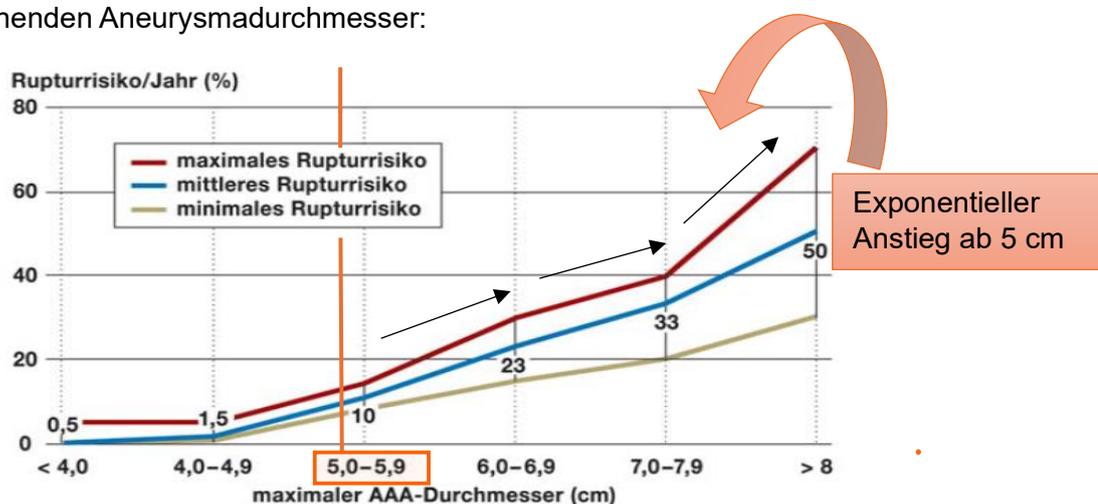


Abbildung 2: Exponentieller Anstieg des jährlichen Rupturrisikos ab einem Durchmesser von 5 cm (Eckstein *et al.*, 2009, modifiziert von A.Summa)

1.5 Klinische Symptomatik des abdominellen Aortenaneurysmas

Beim nicht-rupturierten abdominellen Aortenaneurysma muss zwischen symptomatischen und asymptomatischen Fällen unterschieden werden. In 70 Prozent der Fälle bleibt eine Symptomentwicklung aus (Ludwig *et al.*, 2020). Symptome treten meist erst im Fall einer Ruptur auf. Daher werden Bauchaortenaneurysmen häufig als Zufallsbefunde in einer Ultraschall- oder CT-Untersuchung entdeckt (Aggarwal *et al.*, 2011; Kent *et al.*, 2014).

Im selteneren Fall kann sich ein Aortenaneurysma durch unspezifische Symptome wie Bauch- oder Rückenschmerzen aufgrund der Druckausübung auf das umliegende Gewebe bemerkbar machen. Diesbezüglich können auch Flankenschmerzen oder eine Verdrängungssymptomatik in Form eines Harnstaus auftreten (Sakalihan *et al.*, 2005; Eckstein *et al.*, 2016; Ludwig *et al.*, 2020). Da sich im Inneren der meisten Aneurysmen Thrombenmaterial befindet, ist es zudem möglich, dass dieses in Form eines Embolus in periphere Gefäßgebiete verschleppt wird (Ali *et al.*, 1998). Durch die entstehende Malperfusion kann es dann beispielhaft zu einer Mesenterialischämie oder einer Nierenschädigung bei thrombembolischem Nierenarterienverschluss kommen (Debus *et al.*, 2020; Ludwig *et al.*, 2020). Ebenso kann durch Thrombembolien eine akute Extremitätenischämie entstehen, welche sich aufgrund der entstehenden Durchblutungsstörung unter anderem in Form eines „Blue-toes-Syndroms“ mit bläulich gefärbten Zehen bemerkbar machen kann (Heiss *et al.*, 1998; Eckstein *et al.*, 2016). Bei symptomatischen Aortenaneurysmen ist eine Überwachung und zeitnahe Therapie indiziert, da eine Ruptur drohen kann, beziehungsweise weitere Komplikationen verhindert werden sollen (Aggarwal *et al.*, 2011).

Eine Ruptur macht sich meistens durch einen plötzlich einsetzenden stärksten Rücken- oder Bauchschmerz sowie eine pulsierende abdominelle Raumforderung bemerkbar. Sie geht im weiteren Verlauf oft mit einer schweren arteriellen Hypotonie sowie einem hämorrhagischen Schock einher. Am gefährlichsten ist eine Ruptur der anterolateralen Wand des Aneurysmas (eine freie Ruptur in die Bauchhöhle). In den meisten Fällen kommt es allerdings zum Einreißen der posterolateralen Wand und damit zur Einblutung in den Retroperitonealraum. Man spricht dann von einem gedeckt rupturierten Bauchaortenaneurysma (Sakalihan *et al.*, 2005; Aggarwal *et al.*, 2011; Ludwig *et al.*, 2020).

Die folgende Tabelle visualisiert, wie sich die Gesamtmortalität bei bestehender Ruptur zusammensetzt:

Situation	Mortalität in Prozent (%)
Vor Erreichen des Krankenhauses	Ungefähr 50% der Patienten mit rupturiertem abdominellen Aneurysma versterben
Vor Therapie, aber bereits im Krankenhaus angekommen	Ungefähr 25% der Patienten mit rupturiertem abdominellen Aneurysma versterben
Nach der Operation/Intervention	Ungefähr 40% der behandelten Patienten versterben

Tabelle 2: Mortalität beim rupturierten abdominellen Aneurysma (Gawenda *et al.*, 2012)

1.6 Diagnostik und Screening

Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, werden die meisten abdominellen Aortenaneurysmen als Zufallsbefunde bei Ultraschall- oder CT-Untersuchungen entdeckt (Aggarwal *et al.*, 2011). Betrachtet man den Beitrag der körperlichen Untersuchung (durch Palpation und Auskultation) an der Diagnosestellung eines abdominellen Aortenaneurysmas, so lässt sich festhalten, dass diese nur eine mäßige Sensitivität aufweist und als unzuverlässiges klinisches Instrument gilt (Chervu *et al.*, 1995; Fink *et al.*, 2000; Ludwig *et al.*, 2020). In einer Studie von Karkos *et al.* aus dem Jahr 2000 wurde gezeigt, dass mehr als ein Drittel der radiologisch diagnostizierten Aneurysmen durch körperliche Untersuchung nicht festgestellt werden konnten (Karkos *et al.*, 2000).

Die einfachste und kostengünstigste Methode zur Diagnostik abdomineller Aortenaneurysmen stellt die Ultraschalluntersuchung dar. Sie spielt eine zentrale Rolle beim Screening und bei der Überwachung asymptomatischer Aortenaneurysmen (Sakalihan *et al.*, 2005; Debus *et al.*, 2018). Sakalihan *et al.* berichtet dabei über eine Genauigkeit von 3 mm sowohl in Längsrichtung als auch in anteriorposteriorer und transversaler Richtung (Sakalihan *et al.*, 2005). Dabei sollte die Messung des Aortendiameters als orthogonale Messung nach der „Leading-Edge Methode“ erfolgen, da diese in Studien die höchste Treffsicherheit aufwies. Bei dieser Methode erfolgt die Messung vom Außenwandreflex bis zum Innenwandreflex der Gegenseite (Schäberle *et al.*, 2020).

Der Nutzen eines Aneurysma-Screenings mittels Ultraschalldiagnostik konnte unter anderem in der multizentrischen Aneurysma-Screening-Studie von Scott et al. aus dem Jahr 2002 nachgewiesen werden. In dieser Studie konnte bei den Männern, die am Screening teilnahmen, eine Risikoreduktion von 53 Prozent in Bezug auf die Mortalität nachgewiesen werden (Scott *et al.*, 2002). Laut der aktuellen S3-Leitlinie wird ein Screening für alle Männer über 65 Jahre sowie für Frauen über 65 Jahre mit Ex-Nikotinabusus oder aktuellem Nikotinabusus in der Anamnese empfohlen (Debus *et al.*, 2018). Seit 2018 übernimmt die Krankenkasse in Deutschland dieses Ultraschall-Screening als einmalige Vorsorgeuntersuchung für alle Männer über 65 Jahre (Hillienhof *et al.*, 2017; Günster *et al.*, 2019).

Als präprozedurale Bildgebung ist die computertomographische (CT)-Angiographie die Methode der Wahl (Sakalihan *et al.*, 2005; Kumar *et al.*, 2017). Laut der aktuellen Leitlinie soll sie als Dünnschicht-Computertomographie durchgeführt werden und den Bereich vom Kopf bis etwas unterhalb der Leistenregion abdecken. Auf diese Art liefere sie die sichersten Ergebnisse bezüglich Wandverkalkungen, Thrombosierungen, Begleitaneurysmen und aberranten Viszeralarterien (Debus *et al.*, 2018). Wenn eine Computertomographie aufgrund von Kontraindikationen gegen Strahlenbelastung oder das bei der CT-Angiographie verwendete jodhaltige Kontrastmittel nicht durchführbar ist, kann diese durch eine magnetresonanztomographische (MR)-Angiographie ersetzt werden (Kumar *et al.*, 2017; Debus *et al.*, 2018). Die CT-Angiographie ist auch die bevorzugte Methode bei symptomatischen Aortenaneurysmen, insbesondere bei hämodynamisch stabilen Patienten (Oberhuber *et al.*, 2017; Debus *et al.*, 2018). Dabei können auch Anzeichen für ein erhöhtes Rupturrisiko erkannt werden, wie beispielsweise eine undeutliche hintere Aortenwand, eine ausgebeulte Aortenwand, eine Diskontinuität der Intimaverkalkungen oder Blut im Thrombus, das sich häufig als sichelförmige Signalabschwächung manifestiert (Vu *et al.*, 2014; Kumar *et al.*, 2017).

Die digitale Subtraktionsangiographie findet entgegen ihrem festen Stellenwert bei der intraprozeduralen endovaskulären Versorgung präprozedural keine routinemäßige Anwendung. Denn gerade bei thrombosierten Aneurysmen kann es zu einer unterschätzten Größendarstellung kommen. Die aktuelle S3-Leitlinie empfiehlt jedoch hämodynamisch instabilen Patienten mit gesicherter Ruptur direkt in den Operationsaal zu verlegen und sich dort zügig mittels digitaler Subtraktionsangiographie für oder gegen eine endovaskuläre Therapie zu entscheiden (Debus *et al.*, 2018).

1.7 Therapieindikationen und -optionen

1.7.1 Therapieindikationen

Im Folgenden soll auf die Therapieindikationen eines abdominellen Aortenaneurysmas eingegangen werden. Laut der aktuellen S3-Leitlinie stellt ein Aortendurchmesser ab 5,5 cm sowie eine jährliche Zunahme des Durchmessers von mehr als 10 mm bei infra- und juxtarenalen Aneurysmen eine klare Behandlungsindikation dar. Bezüglich Frauen wird bereits eine Versorgung ab einem Aortendurchmesser von 5,0 cm empfohlen (Debus *et al.*, 2018). Auch die Leitlinie der European Society for Vascular Surgery stuft einen Aortendurchmesser von 5,5 cm bei Männern und 5,0 cm bei Frauen als eindeutige Therapieindikation ein (Wanhainen *et al.*, 2022). Die Maßangaben des Durchmessers beruhen auf der Annahme, dass ab diesem Wert das Rupturrisiko von dem periprozeduralen Risiko überschritten wird (Debus *et al.*, 2018).

Eine weitere eindeutige Therapieindikation besteht bei Patienten mit einem symptomatischen oder sogar rupturierten Aneurysma (Anagnostakos *et al.*, 2021). Dabei soll die Behandlung eines symptomatischen Bauchaortenaneurysmas dringlich zum nächstmöglichen Termin und die Ausschaltung eines rupturierten Bauchaortenaneurysmas notfallmäßig sofort erfolgen (Schmitz-Rixen *et al.*, 2020; Debus *et al.*, 2022). Auch Aneurysmen, die mit thrombembolischen Komplikationen einhergehen, stellen eine Therapieindikation dar (Ludwig *et al.*, 2020).

Für die elektive Durchführung einer invasiven Therapie von Bauchaortenaneurysmen hat der gemeinsame Bundesausschuss (GBA) inzwischen eine Richtlinie mit Voraussetzungen veröffentlicht. Um eine Zulassung zur Versorgung zu erhalten, muss diese von den Kliniken erfüllt werden. Sie beinhaltet unter anderem personelle Voraussetzungen sowohl von ärztlicher als auch intensivpflegerischer Seite und setzt beispielhaft eine gefäßchirurgische Rufbereitschaft innerhalb von 30 Minuten voraus (Debus *et al.*, 2018). Zur Vorgabe einer Mindestfallanzahl ist es diesbezüglich jedoch noch nicht gekommen (Schmitz-Rixen *et al.*, 2020). Allerdings wurde eine signifikante Assoziation zwischen hohen Fallzahlen und einer niedrigen Klinikletalität festgestellt (Trenner *et al.*, 2020). Besonders für Patienten mit einem rupturierten Aortenaneurysma empfiehlt die aktuelle S3-Leitlinie daher, diese, je nach geografischer Lage und damit verbundener Transportzeit, in spezialisierten Zentren zu behandeln (Debus *et al.*, 2018).

1.7.2 Konservatives Vorgehen und Überwachung

Zurzeit ist keine medikamentöse Kausaltherapie bekannt, die einen positiven Einfluss auf die Wachstumsgeschwindigkeit oder Rupturrate von abdominellen Aortenaneurysmen hat (Quaye *et al.*, 2022). Im Vordergrund der konservativen Therapie steht die Risikoreduktion. Die aktuelle S3-Leitlinie empfiehlt in diesem Zusammenhang, den Nikotinabusus zu beenden, einen bestehenden Hypertonus zu behandeln und eine Statintherapie für Patienten mit kardiovaskulären Begleiterkrankungen zu initiieren (Debus *et al.*, 2018). Eine Post-hoc-Analyse von de Bruin *et al.* aus dem Jahr 2014 zeigte diesbezüglich, dass eine Statintherapie unabhängig vom invasiven Therapieverfahren mit einem verbesserten Langzeitüberleben assoziiert war (de Bruin *et al.*, 2014). Die Wichtigkeit der Risikoreduktion durch Raucherentwöhnung konnte bereits in einer Studie von MacSweeney *et al.* aus dem Jahr 1994 erfasst werden. In dieser Studie konnte aufgezeigt werden, dass die Aneurysmawachstumsrate der Patienten mit Ex-Nikotinabusus im Vergleich zu der Wachstumsrate der Patienten mit fortgesetztem Nikotinabusus deutlich zurückging (Ex-Nikotinabusus: 0,09 cm/Jahr, fortgesetzter Nikotinabusus: 0,16 cm/Jahr) (MacSweeney *et al.*, 1994).

In den letzten Jahren rückten mehrere Studien in den Vordergrund, welche einen medikamentösen Ansatzpunkt aufgrund der Beteiligung von Matrixmetalloproteasen an der Pathogenese überprüften. 1998 ging man durch Tierversuche davon aus, dass Doxycyclin durch eine Hemmung der Matrixmetalloproteasen den Abbau von Zellwandbestandteilen wie Elastin und somit eine aneurysmatische Dilatation verhindern würde. Ebenso erhoffte man sich eine Wirkung von Doxycyclin auf die vermutete Beteiligung von *Chlamydia pneumoniae* an der Pathogenese (Curci *et al.*, 1998; Paghdar *et al.*, 2021; Kessler *et al.*, 2022). Neuere Studien ergaben jedoch, dass Doxycyclin zu keiner Verminderung des Aneurysmawachstums führte (Kroon *et al.*, 2015). In einer Studie von Meijer *et al.* zeigte eine Therapie mit Doxycyclin sogar ein erhöhtes Aneurysmawachstum (Meijer *et al.*, 2013), weswegen die aktuelle S3-Leitlinie von dieser Therapieempfehlung absieht (Debus *et al.*, 2018). Es ist allerdings davon auszugehen, dass die aktuell vermutete Pathogenese des Bauchaortenaneurysmas auch die folgenden Jahre weiterhin im Forschungsfokus hinsichtlich eines medikamentösen Ansatzes bleiben wird.

Zusätzlich zur bereits erwähnten Risikoreduktion ist auch die Überwachung kleiner Aneurysmen von großer Bedeutung. So verglich unter anderem Lederle et al. im Jahr 2002 für Aneurysmen mit einem Durchmesser von 4,0 bis 5,4 cm die sofortige invasive Therapie mit einer konventionellen Überwachung. Dabei kam er zu dem Ergebnis, dass das Überleben von Patienten mit dieser Aneurysmagröße durch eine elektive invasive Therapie nicht verbessert wird (Lederle *et al.*, 2002).

Die folgende Tabelle zeigt die aktuellen Empfehlungen zur sonographischen Überwachung kleiner abdomineller Aortenaneurysmen aus der aktuellen S3-Leitlinie:

	Durchmesser 3,0 - 3,9 cm	Durchmesser 4,0 - 4,9 cm	Durchmesser 5,0 - 5,4 cm
Für Männer	alle 2 Jahre	jährlich	halbjährig
Für Frauen	alle 2 - 3 Jahre	halbjährig	alle 3 Monate

Tabelle 3: Sonographische Überwachung kleiner Aortenaneurysmen (Debus *et al.*, 2018)

1.7.3 Verfahrenswahl

Bezüglich der Verfahrenswahl lautet die Empfehlung aus der aktuellen S3-Leitlinie, dass bei zumutbarem periprozeduralem Risikoprofil eine Empfehlung für beide Verfahren ausgesprochen werden kann. Dabei muss für die endovaskuläre Therapieoption die anatomische Durchführbarkeit gegeben sein (Debus *et al.*, 2018). Einen wichtigen Bestandteil in diesem Zusammenhang stellt natürlich auch die jeweilige Patientenpräferenz dar (Schmitz-Rixen *et al.*, 2020).

1.7.4 Offen-chirurgisches Verfahren

Beim offen-chirurgischen Verfahren erfolgt die Ausschaltung des Aneurysmas durch eine aus synthetischem Material bestehende Prothese (aktuell meist aus Dacron). Der Zugang kann dabei entweder über eine mediane Laparotomie oder retroperitoneal erfolgen. Danach erfolgt die Präparation bis zum Aneurysma (Sakalihan *et al.*, 2005; Kent *et al.*, 2014).

Im Folgenden wird der Blutstrom im Aneurysmasack durch Abklemmen der Aorta und der Beckenarterien unterbrochen. Je nach Aneurysmaanatomie wird die obere Ausklemmung entweder supra- oder infrarenal vorgenommen (Sakalihan *et al.*, 2005; Kortmann *et al.*, 2011).

Wegen möglicher ischämiebedingter Komplikationen oder der Gefahr eines akuten Nierenversagens sollte die suprarenale Ausklemmung eine Zeitspanne von 20 bis 30 Minuten nicht überschreiten. Nach der Ausklemmung erfolgt dann die Aortotomie mit Thrombusausräumung. Um eine Rückblutung zu verhindern, werden zuführende Arterien umstochen (Austermann *et al.*, 2015; Larsen *et al.*, 2017; Kortmann *et al.*, 2011).

Der eigentliche Aortenersatz erfolgt durch das Einnähen einer Prothese in Inlay-Technik. Das bedeutet, dass die Prothese an die gesunde, nicht-ballonierte Aorta angenäht wird und später durch den Aneurysmasack umschlossen wird, um eine bessere Wandverstärkung zu erreichen. Hat sich das Aneurysma bis auf die Beckenarterien oder sogar die Femoralarterien ausgedehnt, wird anstatt einer Rohrprothese eine aortobiliakale oder aortobifemorale Rekonstruktion in Y-Form vorgenommen. Zur Vermeidung von ischämischen Komplikationen im Bereich der Beckenorgane sollte dabei auf den Erhalt von mindestens einer Arteria iliaca interna geachtet werden (Kortmann *et al.*, 2014; Austermann *et al.*, 2015; Larsen *et al.*, 2017; Debus *et al.*, 2020).

Gegen Ende des Eingriffs wird die Dichtigkeit der Prothesennähte sowie die Durchblutung überprüft, indem die Gefäßklemmen kurz geöffnet werden. Danach werden diese vollständig entfernt und es wird mit dem Verschluss des Retroperitoneums begonnen. Dieser Verschluss ist wichtig, um einen Kontakt der Gefäßprothese mit dem Darm und somit eine Fistelbildung (aortoenterische Fistel) zu vermeiden. Nachfolgend wird die Bauchdecke verschlossen (Kortmann *et al.*, 2011; Larsen *et al.*, 2016).

In der selbst erstellten Abbildung auf der nächsten Seite sind die oben erwähnten Prothesenformen zur Übersicht kurz dargestellt.

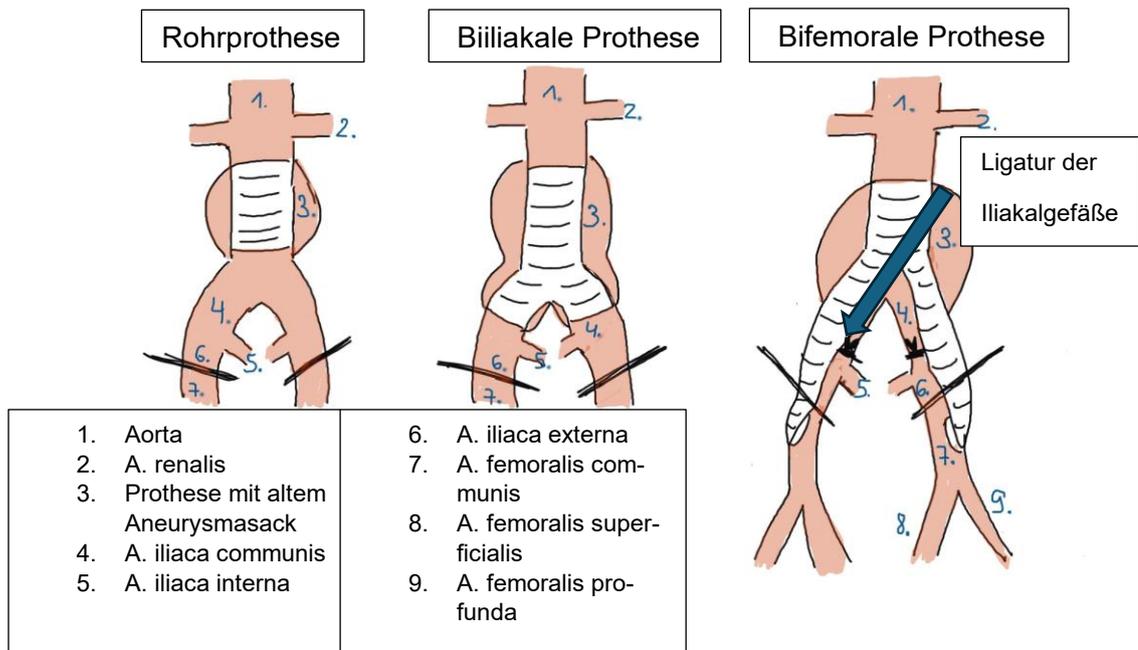


Abbildung 3: Prothesenformen beim offen-chirurgischen Aortenrepair

1.7.5 Endovaskuläres Vorgehen

Bei der endovaskulären Therapie eines Bauchaortenaneurysmas wird die Hauptschlagader von innen mit einem sogenannten Stentgraft ausgekleidet, damit die Verbindung zwischen Aneurysma und systemischen Blutkreislauf aufgehoben wird. Bestandteile dieses Stentgrafts sind zum einen ein Metallgerüst (häufig aus Edelstahl oder Nitinol) und zum anderen ein undurchlässiges Gewebe aus Polytetrafluorethylen oder Polyester, welches das Metallgerüst umgibt (England *et al.*, 2013).

Die dafür verwendeten Drähte und Katheter werden in der Regel über eine in der Arteria femoralis communis liegende Schleuse eingeführt und zur richtigen Position gebracht. Danach wird der Stentgrafthauptkörper sowie das ipsilaterale Stentgraftbein entfaltet. Für die Entfaltung des kontralateralen Stentgraftbeins werden weitere Drähte und Katheter über die kontralaterale Arteria femoralis communis eingeschleust (siehe Abbildung 4 auf Seite 21). Für eine hohe Dichtigkeit erfolgt ein Anmodellieren mittels Ballondilatation. Bei aufwendigeren Verfahren ist häufig ein weiterer Zugang über die Arteria brachialis/axillaris nötig. Allgemein ist der Zugang zur Arterie sowohl über chirurgische Freilegung als auch perkutan als Punktion möglich (England *et al.*, 2013; Heidemann *et al.*, 2020). In der aktuellen S3-Leitlinie wird diesbezüglich empfohlen, den perkutanen Vorgang zu favorisieren, da dieser hinsichtlich der Eingriffszeit und auch bezüglich der Infektionsrate in der Leistenregion vorteilhaft ist (Debus *et al.*, 2018).

Der gesamte Eingriff erfolgt unter radiologischer Durchleuchtungskontrolle mit Kontrastmittel (Angiographie). Dank radiologischer Marker ist eine präzise Lageübersicht und -kontrolle möglich (Iezzi *et al.*, 2012; Willeke *et al.*, 2019). Am Ende jedes endovaskulären Eingriffs erfolgt eine abschließende Überprüfung der Stentgraftposition, der Durchblutung der umliegenden Viszeral- und Nierenarterien sowie eine Kontrolle auf mögliche Undichtigkeiten (Endoleaks) (Heidemann *et al.*, 2020).

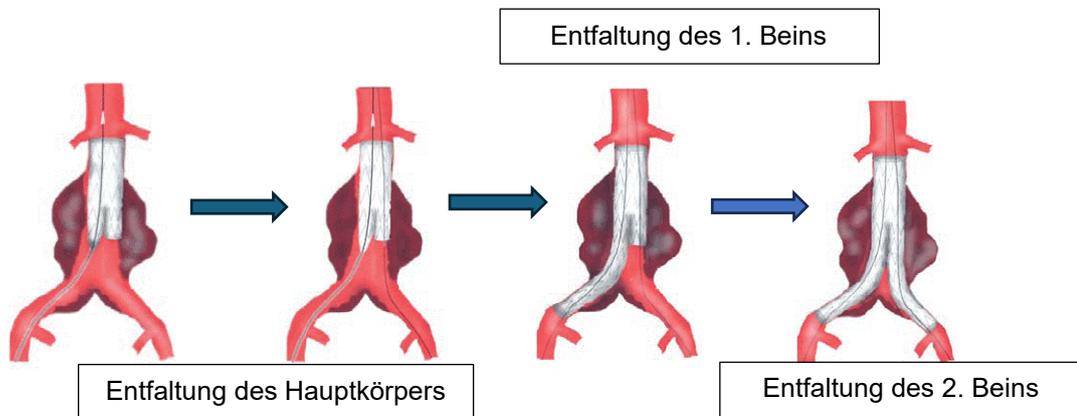


Abbildung 4: Entfaltung eines biliakalen Stentgrafts (Greiner *et al.*, 2013, modifiziert von A.Summa)

Welches System bei der endovaskulären Therapie verwendet wird, beziehungsweise ob diese überhaupt möglich ist, hängt von den anatomischen Verhältnissen des Patienten und der Aneurysmamorphologie ab (Ludwig *et al.*, 2018). Dabei spielen unter anderem die Eigenschaften des proximalen und distalen Aneurysmahalses, die als Verankerungszonen des Stentgrafts dienen, eine wichtige Rolle. Der proximale Aneurysmahals beschreibt dabei den Abstand zwischen den Nierenarterien und dem Aneurysmabeginn. Der distale Aneurysmahals gibt den Bereich zwischen dem Aneurysmaende und der Aortenbifurkation an. Inzwischen gibt es diesbezüglich keine einheitliche Mindestlänge mehr, sondern für jede Prothese existiert eine „IFU (Instruction for use)“, eine spezielle Gebrauchsanweisung. Somit ist es möglich, auch zunehmend komplizierte Aneurysmamorphologien zu versorgen. Ein sogenannter Tube-Graft (ein nur aus einem Hauptkörper bestehender aortaler Stentgraft) ist bei zu kurzem distalen Aneurysmahals in den seltensten Fällen möglich. Wie oben abgebildet, muss daher nahezu immer eine biliakale Erweiterung in Form zweier Beine erfolgen, die bis in die Iliakalgefäße reichen (Greiner *et al.*, 2013; Debus *et al.*, 2020; Protto *et al.*, 2022).

Die proximale Verankerung des Stentgrafts in der Aortenwand ist entscheidend, um Endoleaks zu vermeiden, die auf eine Undichtigkeit zwischen dem Stentgraft und der Aortenwand zurückzuführen sind (Debus *et al.*, 2020). Mittlerweile gibt es diesbezüglich eine Vielzahl von Methoden. Als Beispiel kann die „EVAR Endurant II“ von Medtronic betrachtet werden, die in dieser Studie häufig zum Einsatz kommt. Sie zeichnet sich durch einen M-förmigen Verlauf des Metallgerüsts aus, das im proximalen Bereich in ein ungecovertes (nicht umhülltes) Metallgerüst übergeht. Proximal wird der Stentgraft mithilfe von sogenannten „Anchor Pins“ (Verankerungshaken) in der Gefäßwand fixiert.¹

Andere anatomische Morphologien, die eine Herausforderung für die endovaskuläre Therapie darstellen, sind starke Kalzifizierungen, intraluminale Thromben, ein gebogener Aortenhals von über 60 Grad oder eine konische Form des Halses (Trabold *et al.*, 2022). Um die Möglichkeit einer endovaskulären Therapie zu überprüfen, stellte die Heidelberger-Klassifikation nach Allenberg und Schumacher über lange Zeit eine wichtige präprozedurale Richtlinie dar (Schumacher *et al.*, 1999; Bötticher *et al.*, 2016). Je nach Aneurysmaausdehnung erfolgte dabei eine Einteilung in 3 Gruppen:

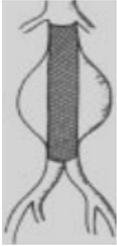
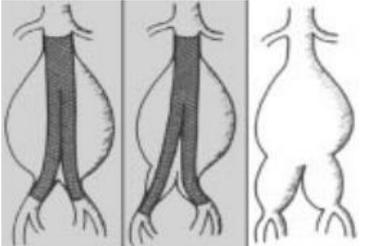
Typ 1 Proximaler Hals ≥15mm Distaler Hals ≥10mm	Typ 2 A: bis zur Aortenbifurkation B: bis zur A. iliaca communis C: bis zur Iliakalbifurkation	Typ 3 Proximaler Hals <15mm
	 <p style="text-align: center;">A B C</p>	

Abbildung 5: Heidelberger-Klassifikation nach Allenberg und Schumacher (Allenberg *et al.*, 1997, modifiziert von A. Summa)

Dabei wurden die Typen 2c (Aneurysma bis zur Iliakalbifurkation) und 3 (juxtarenales Aneurysma) lange Zeit als ungeeignet für eine endovaskuläre Therapie angesehen. Heute ist es jedoch möglich, auch solch komplexe Aneurysmamorphologien durch spezielle Techniken und speziell für den Patienten angefertigte „custom-made Stentgrafts“ endovaskulär zu therapieren (Bötticher *et al.*, 2016; Ludwig *et al.*, 2018).

Solche Stentgrafts werden vor allem bei einer fehlenden proximalen Ladungszone eingesetzt, wie es vor allem bei juxta- und suprarenalen Aneurysmen der Fall ist. Durch sie ist es möglich, die Ladungszone weiter nach proximal zu verlagern und somit eine bessere Verankerung zu gewährleisten, ohne dabei Nieren- und/oder Viszeralarterien zu überstenten (Gross-Fengels *et al.*, 2013; Ludwig *et al.*, 2018). Aufgrund ihrer individuellen Anfertigung sind diese „custom-made Stentgrafts“ allerdings oft mit langen Wartezeiten verbunden (Fellenberg *et al.*, 2021). Es muss unter anderem zwischen fenestrierten Stentgrafts, gebrachten Stentgrafts und Stentgrafts in Chimney-Technik unterschieden werden:

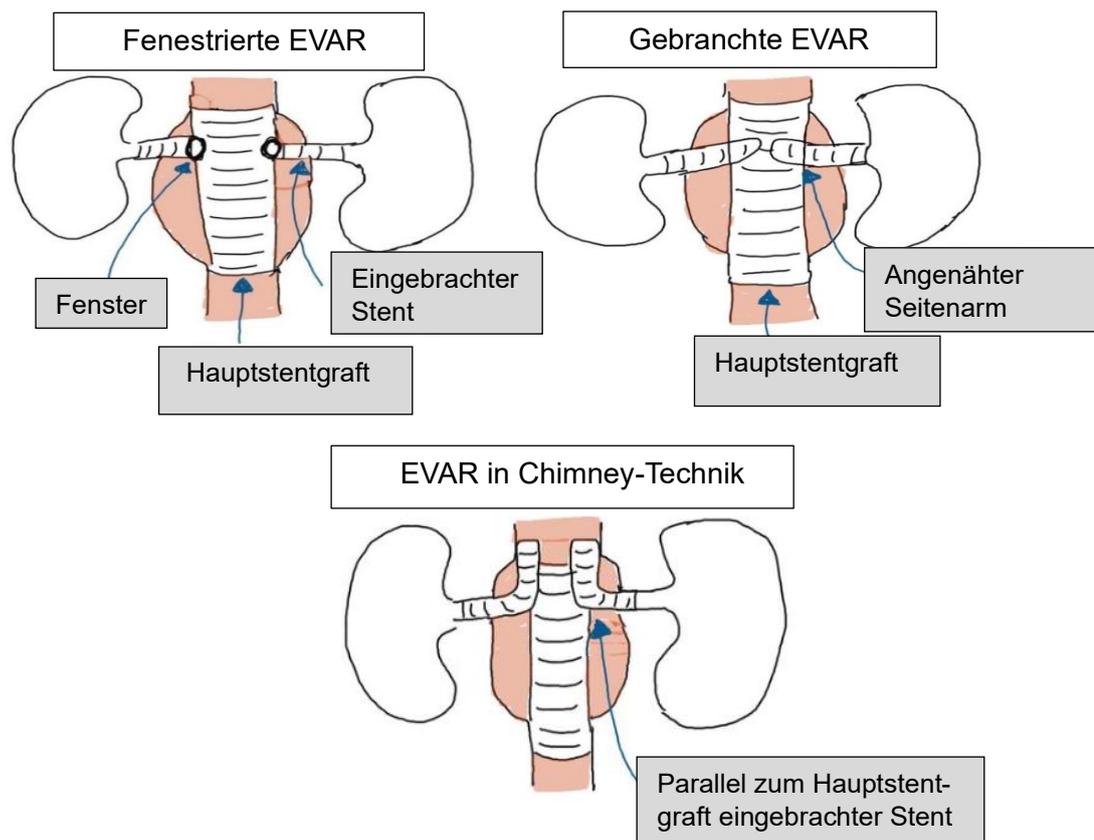


Abbildung 6: Fenestrierte EVAR, gebrachte EVAR, EVAR in Chimney-Technik

Fenestrierte Stentgrafts zeichnen sich durch ovale Löcher im Hauptkörper aus. Zum Erreichen einer maximalen Dichtigkeit werden in die Nieren- und/oder Viszeralarterien zusätzlich kurze Stentgrafts eingebracht (Gross-Fengels *et al.*, 2013).

Gebräuchte Stentgrafts bestehen aus einem Hauptstentgraft mit angenähten Seitenarmen (Ludwig *et al.*, 2018).

Der Begriff „Chimney-Technik“ stammt aus dem Englischen und bedeutet „Schornstein“. Bei dieser Methode werden über einen zusätzlichen, häufig transbrachialen oberen Zugang Stentgrafts in die Nieren- und/oder Viszeralarterien gelegt, die sich parallel zum Hauptstentgraft befinden. Diese Stentgrafts ragen dabei proximal des Hauptstentgrafts heraus, wodurch das Bild eines Schornsteins entsteht (Fellenberg *et al.*, 2021).

1.7.6 Therapie des rupturierten Bauchortenaneurysmas

Die aktuelle S3-Leitlinie rät bei der Therapie eines rupturierten abdominellen Aneurysmas, die endovaskuläre Therapie zu bevorzugen, sofern beide Therapieoptionen hinsichtlich der Anatomie und der Fähigkeiten des Therapeuten durchführbar sind (Debus *et al.*, 2018). Bereits in einer Studie von Qin *et al.* aus dem Jahr 2014 wurde gezeigt, dass die endovaskuläre Therapie beim rupturierten Aortenaneurysma bessere Ergebnisse hinsichtlich der periprozeduralen Mortalität und der Dauer des Krankenhausaufenthalts lieferte (Qin *et al.*, 2014). Diese Aussage konnte auch in anderen aktuelleren Studien, wie beispielhaft Png *et al.* aus dem Jahr 2024 oder Kontopodis *et al.* aus dem Jahr 2020, untermauert werden. Die Metaanalyse von Kontopodis inkludierte 136 Studien. Die periprozedurale Mortalität der Patienten mit einem rupturierten Aneurysma lag dabei bei etwa 25 Prozent für die endovaskuläre Behandlung und bei etwa 30 Prozent für die operative Therapie (Kontopodis *et al.*, 2020; Png *et al.*, 2024).

Zusätzlich empfiehlt die aktuelle S3-Leitlinie, die endovaskuläre Therapie eines rupturierten Bauchortenaneurysmas in Lokalanästhesie durchzuführen. Sie stützt sich dabei vor allem auf die 2014 durchgeführte IMPROVE-Studie. Im Hinblick auf die 30-Tage-Letalität konnte in dieser Studie ein deutlicher Vorteil der Lokalanästhesie gegenüber der Vollnarkose für die endovaskuläre Therapie rupturierter Aneurysmen nachgewiesen werden (IMPROVE trial investigators, 2014; Debus *et al.*, 2018).

Wie bereits erwähnt, wird außerdem empfohlen, dass die Behandlung rupturierter Aneurysmen, wenn zeitlich möglich, in spezialisierten Zentren mit hoher Therapeutenerfahrung erfolgen sollte. Dadurch können bessere Ergebnisse erzielt werden (Anagnostakos *et al.*, 2021).

1.8 Komplikationsmöglichkeiten beider Methoden

Betrachtet man Studien zur periprozeduralen Mortalität der beiden Verfahren, zeigen sich Raten von 5,9 Prozent für die offen-chirurgische Behandlung und 1,9 Prozent für die endovaskuläre Therapie (Epple *et al.*, 2023). Bei der Behandlung von Bauchaortenaneurysmen können zahlreiche Komplikationen auftreten, die sowohl auf den Eingriff selbst als auch auf die Komorbiditäten der Patienten zurückzuführen sind (Larsen *et al.*, 2016).

Operative Methode

Bei den allgemeinen Komplikationen stellen kardiale Komplikationen, wie Myokardinfarkte oder Arrhythmien, mit einer Inzidenz von 2 bis 6 Prozent die häufigste Problematik dar. Gefolgt werden diese von pulmonalen Komplikationen wie Lungenentzündungen, Lungenarterienembolien oder dem Acute Respiratory Distress Syndrome. In seltenen Fällen können auch Schlaganfälle oder eine Sepsis bis hin zum Multiorganversagen auftreten (Hertzer *et al.*, 2002; Aggarwal *et al.*, 2011).

Zu den speziellen (prozedurassoziierten) Komplikationen zählt unter anderem eine Nierenschädigung, die durch eine perioperative Hypotonie, eine Embolisation oder die Aortenklammung verursacht werden kann (Aggarwal *et al.*, 2011). Darüber hinaus kann es beim operativen Aortenersatz aufgrund von Perfusionsstörungen der viszerale Gefäße, wie des Truncus coeliacus oder der Mesenterialgefäße, auch zu einer Darmischämie kommen. Bei Perfusionsstörungen von beiden Arteria iliaca interna stellt die Glutealnekrose eine gefürchtete Komplikation dar. Männliche Patienten können zudem eine erektile Dysfunktion aufgrund einer Nervenplexusschädigung erleiden (Porcellini *et al.*, 1996; Behrendt *et al.*, 2014; Debus *et al.*, 2020; Dorweiler *et al.* 2021). Ferner können auch Nahtaneurysmen (Aneurysmen an den Anastomosestellen), Nachblutungen aufgrund von Anastomoseninsuffizienzen, distale Embolien, Wundheilungsstörungen, Protheseninfektionen sowie aortoenterische Fisteln auftreten (Kollrack *et al.*, 2008; Debus *et al.*, 2018; Debus *et al.*, 2020; Honig *et al.*, 2022).

Die Protheseninfektion stellt dabei eine äußerst gefährliche Situation dar. Sie erfordert eine antibiotische Therapie sowie einen vollständigen Prothesenausbau mit anschließender Rekonstruktion, was einen besonders anspruchsvollen Eingriff in der Gefäßchirurgie darstellt. Die Rekonstruktion kann sowohl mit einem Homograft als auch mit silberbeschichteten Prothesen erfolgen. Manchmal wird auch ein extraanatomischer Bypass (axillofemorale Bypass) angelegt und der Aortenstumpf verschlossen (Diener *et al.*, 2020).

Insbesondere bei rupturierten Bauchortenaneurysmen mit großen Retroperitonealhämatomaten kann es zu einem abdominellen Kompartmentsyndrom kommen. Daher empfiehlt die aktuelle S3-Leitlinie, bei bereits vorbestehendem Risiko, den intraabdominellen Druck postoperativ über einen Harnblasenkatheter zu messen oder einen „vakuum-assistierten temporären Abdominalverschluss“ zu präferieren (Debus *et al.*, 2018). Nach Eingriffen mit medianer Laparotomie kann es ebenfalls zu einem postoperativen Platzbauch oder zu Narbenhernien kommen. Die Akutsituation des Platzbauchs stellt aufgrund des hohen Risikos für einen Darmprolaps mit einer möglichen Ileusentwicklung oder einer Peritonitis eine absolute Indikation für eine Relaparotomie dar (Peitsch *et al.*, 1976; Fleischer *et al.*, 2000; Debus *et al.*, 2020). Die Inzidenz von Narbenhernien nach der operativen Versorgung eines Bauchortenaneurysmas wird mit zwei- bis dreifach höheren Raten angegeben (bis zu 69 Prozent). Als mögliche Ursache wird ein genetischer Defekt im Kollagenstoffwechsel diskutiert. Die aktuelle S3-Leitlinie rät diesbezüglich eine netzbasierte Bauchwandverstärkung in Sublaytechnik zu verwenden, um das Risiko des Auftretens zu minimieren (Debus *et al.*, 2018; Debus *et al.*, 2020; Honig *et al.*, 2022).

Endovaskuläre Methode

Beim endovaskulären Vorgehen zeigt sich zwar eine geringere Rate allgemeiner Komplikationen, jedoch ist diese Methode mit einer höheren Rate an Reinterventionen verbunden (Elkouri *et al.*, 2004; Prinssen *et al.*, 2004).

Zu den häufigsten speziellen (prozedurassoziierten) Komplikationen gehören Gefäßverletzungen mit Blutungen, Pseudoaneurysmen, Dissektionen und Gefäßverschlüsse. Ebenso kann es zu einer Fehlplatzierung des Stentgrafts kommen, was ischämische Komplikationen in den Extremitäten, im Becken, im Rückenmark oder im viszeralem Bereich zur Folge haben kann (Gross-Fengels *et al.*, 2013; Amin *et al.*, 2018).

Ischämische Komplikationen können auch durch mobilisiertes Thrombusmaterial oder durch den Stentgraft verlegte Kollateralkreisläufe entstehen. Ähnlich wie bei der operativen Variante ist auch hier das Offenhalten mindestens einer Arteria iliaca interna von großer Bedeutung, um die bereits genannten Komplikationen zu vermeiden. Als weitere Komplikation ist auch eine kontrastmittelinduzierte Nephropathie möglich (Gross-Fengels *et al.*, 2013; Amin *et al.*, 2018). Die aktuelle S3-Leitlinie gibt allerdings an, dass es prinzipiell bei beiden Verfahren zu einer „akuten reversiblen Nierenfunktionseinschränkung“ kommen kann und die endovaskuläre Therapie trotz der Kontrastmittelgabe „nicht im Nachteil ist“ (Debus *et al.*, 2018).

In bis zu 60 Prozent der Fälle ist es außerdem möglich, dass das Material des Stentgrafts eine Immunreaktion auslöst, was als Postimplantationsyndrom bezeichnet wird. Dieses Syndrom geht häufig mit Fieber einher und wird symptomatisch therapiert (Amin *et al.*, 2018). Als Spätkomplikationen können zudem Lymphozelen, Hämatome oder Wundinfektionen in der Leistenregion auftreten (Gross-Fengels *et al.*, 2013).

Die häufigste Komplikation ist in der Regel das Auftreten eines Endoleaks. Dabei handelt es sich um die fortdauernde Blutfüllung des Aneurysmasacks trotz erfolgter endovaskulärer Behandlung des Aneurysmas. Wegen des gehäuften Auftretens von Endoleaks ist eine regelmäßige Nachkontrolle, in der Regel jährlich, mittels Computertomographie oder kontrastmittelgestützter Sonographie erforderlich (Hauck *et al.*, 2022). Allgemein unterscheidet man 5 Typen von Endoleaks. Ein Endoleak vom Typ 1 entsteht durch eine ungenügende proximale oder distale Abdichtung durch den Stentgraft. Beim Endoleak vom Typ 2 gelangt Blut durch einen bestehenden Seitenast zurück in den Aneurysmasack (zum Beispiel über die Arteriae lumbales oder die Arteria mesenterica inferior). Ein Endoleak vom Typ 3 entsteht durch einen Stentgraftdefekt oder eine unzureichende Verbindung einzelner Stentgraftkomponenten. Ein Endoleak vom Typ 4 bildet sich durch eine Porosität des Stentgraftmaterials. Der fünfte Typ beschreibt eine sogenannte „Endotension“. Darunter versteht man eine Blutfüllung des Aneurysmasacks ohne Endoleaknachweis (Dudeck *et al.*, 2013; Williams *et al.*, 2021).

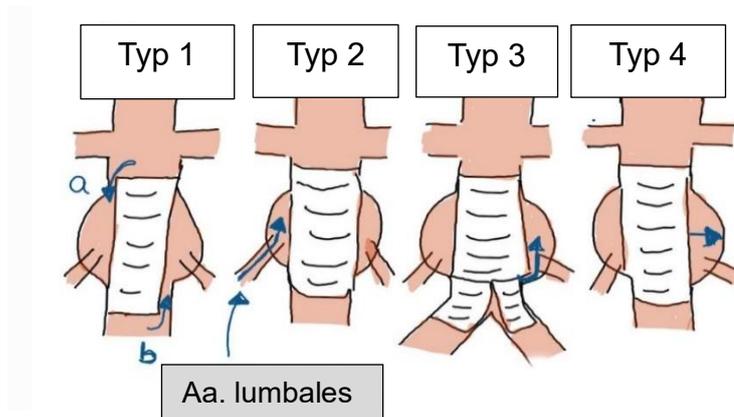


Abbildung 7: Endoleak-Typen I-IV

Endoleaks vom Typ 1 werden meistens durch eine Ballondilatation oder einen Verlängerungscuff behoben. Bei Endoleaks vom Typ 2 werden die betroffenen Gefäße, durch welche das Blut zurück in den Aneurysmasack fließt, meist durch Coils oder Plaques embolisiert. Bei den weiteren Typen wird der initiale Stentgraft häufig von innen durch einen neuen Stentgraft ausgebessert (Relining). Seltener muss bei Größenprogredienz auch auf einen offen-chirurgischen Ersatz zurückgegriffen werden (Debus *et al.*, 2018).

Eine weitere Komplikation ist die Migration des Stentgrafts, welche die Hauptursache für das sekundäre Auftreten von Endoleaks vom Typ 1 darstellt und eine Reintervention erfordert. Auch ein Abknicken („Kinking“) eines Stentgraftschenkels ist möglich, was die Gefahr einer akuten Extremitätenischämie birgt. In seltenen Fällen kann es auch zu einer Stentgraftinfektion kommen, welche mit einer hohen Mortalität von 20 bis 50 Prozent assoziiert ist. Genau wie beim offenen Ersatz stellt die Infektion auch hier eine äußerst gefährliche Situation dar und indiziert eine zügige Therapie. Neben einer Behandlung mit Breitbandantibiotika ist ein vollständiger Stentgraftausbau sowie eine anatomische Rekonstruktion durch einen offenen Gefäßersatz, beispielsweise mit einem Homograft oder Silberprothesen, notwendig (Amin *et al.*, 2018).

1.9 Fragestellung

Das abdominelle Aortenaneurysma kann in der Regel durch zwei verschiedene Therapieverfahren behandelt werden: durch die operative Variante oder durch die endovaskuläre Therapie. Während lange Zeit nur eine operative Behandlung möglich war, hat sich die endovaskuläre Therapie seit ihrer Einführung durch Juan Parodi im Jahr 1990 zu einer wichtigen Säule neben der offen-chirurgischen Behandlung von Bauchaortenaneurysmen entwickelt. So nimmt sie auch bei der Therapie von rupturierten Bauchaortenaneurysmen einen immer größeren Stellenwert ein und ermöglicht es, durch die spezielle Anfertigung sogenannter „custom-made Stentgrafts“, auch komplexere Aneurysmaanatomien effektiv zu behandeln.

Im zertifizierten Gefäßzentrum der Universitätsklinik in Homburg werden abdominelle Aortenaneurysmen sowohl endovaskulär als auch offen-chirurgisch therapiert. Für diese Analyse wurden retrospektiv Daten eines Patientenkollektivs erhoben, welches im Zeitraum vom 01.01.2014 bis 30.04.2019 im Gefäßzentrum der Universitätsklinik in Homburg durch eine der beiden Methoden behandelt wurde.

Es sollen folgende Fragestellungen beantwortet werden:

- Ergaben sich Unterschiede zwischen den beiden Behandlungsgruppen in Bezug auf die:
 - Länge des Intensivaufenthalts
 - Länge des gesamtstationären Aufenthalts
 - Inzidenz von Komplikationen und das Komplikationsspektrum
 - Inzidenz von Reinterventionen/Reoperationen
 - Mortalitätsrate während der Primärhospitalisation

2. Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum vom 01.01.2014 bis 30.04.2019 wurden insgesamt 185 Patienten mit einem abdominellen Aortenaneurysma durch eines der beiden Verfahren im Gefäßzentrum der Universitätsklinik in Homburg behandelt. Dabei gehörten 70 Fälle der offen-chirurgisch therapierten Behandlungsgruppe und 115 Fälle der endovaskulär therapierten Behandlungsgruppe an. Von den 70 offen-chirurgischen Fällen wurden 2 Patienten bereits im Vorfeld endovaskulär in einem auswärtigen Krankenhaus therapiert.

In der folgenden Tabelle ist die Anzahl der Patientenfälle in den einzelnen Jahren dargestellt:

Jahr	Endovaskulär	Offen-chirurgisch	Gesamt
2014	28	14	42
2015	25	13	38
2016	12	10	22
2017	23	16	39
2018	19	11	30
bis 30.04.2019	8	6	14
Gesamt	115	70	185

Tabelle 4: Übersicht über das Patientenkollektiv von 2014 bis 2019

2.2 Datenerhebung

Die Patientenerfassung wurde anhand von ICD-Kodierungen durchgeführt, wobei die Kodierungen I9/I71.3 (Aneurysma der Aorta abdominalis, rupturiert) und I9/I71.4 (Aneurysma der Aorta abdominalis, ohne Angaben einer Ruptur) in die Auswertung einbezogen wurden.

Die Datenerhebung erfolgte retrospektiv aus der in SAP geführten elektronischen Patientenakte. Die Daten wurden dabei aus den Entlassbriefen, den Laborwerten, den Operationsberichten, den Intensivbriefen sowie den radiologischen Berichten erhoben. Die folgenden Parameter wurden erfasst:

Patientenbezogene Daten	Alter
	Geschlechterverteilung
Aneurysmabezogene Daten	Dringlichkeit (rupturiert, nicht-rupturiert (elektiv))
	Aneurysmadurchmesser in Zentimeter (cm)
	Lokalisation (supra-, para-, juxta-, infrarenal)
Prozedurale Daten	Blutverlust in Millilitern (ml)
	Dauer des Eingriffs in Minuten (min)
	Transfusionsinzidenz, Anzahl der Transfusionen
	Prothesenart/Stentgraftart
	Stentgraftfirma
Klinische Daten	Präprozeduraler/postprozeduraler Kreatininwert in mg/dl
	Nebendiagnosen: <ul style="list-style-type: none"> - Arterielle Hypertonie - Nikotinabusus/Ex-Nikotinabusus - Hyperlipidämie - Diabetes mellitus - Koronare Herzkrankheit - Zustand nach Schlaganfall - Dialysepflichtige Niereninsuffizienz - Periphere arterielle Verschlusskrankheit
Aufenthaltsbezogene Daten	Dauer des gesamtstationären Aufenthalts in Tagen
	Dauer des Intensivaufenthalts in Tagen
Morbiditätsbezogene Daten	Inzidenz von Komplikationen und Komplikationsspektrum: <ul style="list-style-type: none"> - Allgemeine Komplikationen: <ul style="list-style-type: none"> ○ Schlaganfall ○ Postoperatives Delir ○ Pulmonale Komplikationen ○ Herzrhythmusstörungen ○ Reanimation ○ Sepsis

	<ul style="list-style-type: none">- Prozedurassoziierte (spezifische) Komplikationen:<ul style="list-style-type: none">○ während der Primärhospitalisation○ nach der Entlassung• <u>Gemeinsam:</u><ul style="list-style-type: none">▪ Hämatom▪ Wundheilungsstörung▪ Darmischämie▪ Niereninsuffizienz▪ Nachblutung mit Re-Eingriff▪ Thrombembolischer Extremitätenverschluss▪ Gedeckte sekundäre Ruptur/ Freie sekundäre Ruptur▪ Aortoenterische Fistel▪ Stentgraft-/Protheseninfektion▪ (Drohender) Stentgraft-/Prothesenverschluss• <u>EVAR spezifisch:</u><ul style="list-style-type: none">▪ Gefäßdissektion▪ Aneurysma spurium▪ Stentgraftdislokation▪ Endoleak▪ Lymphfistel/Lymphozele• <u>OP spezifisch:</u><ul style="list-style-type: none">▪ Platzbauch▪ Abdominelles Kompartmentsyndrom▪ Verwachsungsbauch▪ Narbenhernie▪ Anastomosenaneurysma <p>Inzidenz von Reinterventionen/Reoperationen:</p> <ul style="list-style-type: none">○ während der Primärhospitalisation○ mit Sekundärhospitalisation
--	---

Mortalitätsbezogene Daten	Mortalitätsrate während der Primärhospitalisation
	Postoperative/-interventionelle Tage (=Zeitspanne zwischen Operationstag/Interventionstag und Todestag)

Tabelle 5: Parameter zur Datenauswertung

Die Parameter „Dauer des Eingriffs“ und „Blutverlust“ konnten nur für die operativ behandelte Gruppe erfasst werden, da für die endovaskuläre Gruppe diesbezüglich keine Daten zur Auswertung vorlagen. Ein Vergleich war daher nur zwischen den Patienten mit einem rupturierten und einem nicht-rupturierten Aneurysma in der offen-chirurgischen Gruppe möglich.

Um eine Verzerrung zu vermeiden, wurden für die Parameter „Dauer des gesamtstationären Aufenthalts“ und „Dauer des Intensivaufenthalts“ nur die Werte der Personen berücksichtigt, die nicht während des Primäraufenthalts verstarben.

Für die Variablen „Nebendiagnosen“, „Komplikationen während der Primärhospitalisation/nach der Entlassung“ sowie „Reinterventionen/Reoperationen während der Primärhospitalisation/mit Sekundärhospitalisation“ wurde zunächst eine allgemeine Inzidenzbestimmung vorgenommen (d.h. wie viele Patienten hatten insgesamt Nebendiagnosen, Komplikationen oder Reinterventionen/Reoperationen). Im Anschluss erfolgte eine detaillierte Erfassung spezifischer Unterpunkte. Bei einigen Patienten traten mehrere dieser Unterpunkte zeitgleich, beziehungsweise kurz nacheinander auf.

Bei der Erfassung der Unterpunkte wurde zunächst für jede Behandlungsgruppe eine eigene Liste mit aufgetretenen Komplikationen und Re-Eingriffen erstellt. Anschließend erfolgte eine Einteilung in Komplikationen und Re-Eingriffe, die in beiden Behandlungsgruppen auftraten/auftreten konnten, sowie in gruppenspezifische Komplikationen und Re-Eingriffe. Somit konnte ein besserer Vergleich geschaffen werden.

Die Komplikationen wurden anschließend nach der Clavien-Dindo-Klassifikation eingeteilt, um ihren Schweregrad beurteilen zu können.

Grad-Einteilung	Beschreibung
Grad I	Abweichung vom normalen postoperativen Verlauf, jedoch ohne notwendigen Einsatz von pharmakologischen, chirurgischen, endoskopischen oder radiologischen Therapien. Lediglich der Einsatz von Antiemetika, Antipyretika, Analgetika, Diuretika, Elektrolyten und Physiotherapie ist erlaubt. Die Eröffnung von infizierten Wunden, die bettseitig erfolgt, fällt ebenfalls unter Grad I.
Grad II	Notwendigkeit anderweitiger pharmakologischer Therapeutika und/oder parenterale Ernährung sowie Bluttransfusionen.
Grad III	Einsatz von chirurgischen, endoskopischen oder radiologischen Interventionen.
Grad IIIa	ohne Vollnarkose
Grad IIIb	mit Vollnarkose
Grad IV	Auftreten lebensbedrohlicher Komplikationen, die eine intensivmedizinische Behandlung erfordern. Dazu gehören auch Komplikationen, die das zentrale Nervensystem betreffen (exkl. TIA).
Grad IVa	Dysfunktion eines Organs (einschließlich Dialyse)
Grad IVb	Dysfunktion mehrerer Organe
Grad V	Tod

Tabelle 6: Einteilung postoperativer Komplikationen nach Clavien-Dindo (Miyamoto *et al.*, 2019)

2.3 Behandlungssituation

Um die Vergleichbarkeit zu verbessern, wurde neben der Einteilung in eine offen-chirurgisch und eine endovaskulär behandelte Gruppe zusätzlich eine Unterteilung in Subgruppen vorgenommen: eine für notfallmäßig behandelte (rupturierte) Aneurysmen und eine für elektiv therapierte (nicht-rupturierte) Aneurysmen.

2.4 Literaturrecherche

Für die Literaturrecherche wurden sowohl PubMed als auch Google Scholar genutzt. Als Hauptsuchbegriffe wurden „abdominal aortic aneurysm“, „endovascular aortic repair“, „ruptured abdominal aortic aneurysm“ und „abdominal aortic aneurysm, endovascular versus open repair“ verwendet. Informationen zu speziellen Eigenschaften bestimmter endovaskulärer Stentgrafts wurden den Texten und Videos auf den Webseiten der Hersteller entnommen.

2.5 Statistische Methoden

Für die statistische Auswertung erfolgte zunächst eine Datensammlung in Excel. Dabei wurden separate Tabellen für das Gesamtkollektiv, für die endovaskulär behandelten Patienten und für die offen-chirurgisch behandelten Patienten angelegt. Innerhalb der einzelnen Behandlungsgruppen wurden anschließend weitere Tabellen erstellt, die jeweils nur elektive Patienten oder nur Patienten mit einem rupturierten Aneurysma umfassten.

Anschließend wurden in den jeweiligen Tabellen die qualitativen Variablen in feste Zahlenwerte umgewandelt, deren Bedeutung zuvor in einem Codebuch festgelegt worden war. Danach wurden die Daten in die Statistiksoftware IBM SPSS Statistics 29.0 übertragen.

2.5.1 Deskriptive Analyse

Im Rahmen der beschreibenden Analyse wurden die Merkmale in qualitative und quantitative Merkmale unterteilt. Für die quantitativen Merkmale erfolgte zunächst eine Visualisierung mittels Boxplots, um mögliche Ausreißer zu identifizieren und einen Vergleich der beiden Behandlungsgruppen zu ermöglichen. Anschließend wurde eine explorative Datenanalyse durchgeführt, die die Bestimmung des Medians (Median xy [min, max]) und des Mittelwerts (Mittelwert $xy \pm$ Standardabweichung) umfasste. Zur Vollständigkeit wurden beide Werte im Anhang tabellarisch dargestellt. Im Ergebnisteil sowie in der Diskussion wurde sich jedoch einheitlich nur auf den Mittelwert \pm Standardabweichung bezogen.

Für die qualitativen Merkmale wurden die relativen und absoluten Häufigkeiten berechnet, die danach sowohl in tabellarischer Form als auch in Säulendiagrammen visualisiert wurden. Qualitative Merkmale, die in beiden Gruppen von Bedeutung waren, wurden zum direkten Vergleich in einem gemeinsamen Säulendiagramm dargestellt.

Allgemein wurden Kommazahlen einheitlich auf die erste Nachkommastelle gerundet. Ausgenommen davon waren die Parameter „Postoperative/-interventionelle Tage“, „Dauer des gesamtstationären Aufenthalts“ und „Dauer des Intensivaufenthalts“, welche auf ganze Tage gerundet wurden.

2.5.2 Induktive Statistik

Im Rahmen der induktiven Statistik wurde eine Signifikanzprüfung durchgeführt, wobei das Signifikanzniveau auf $p < 0,05$ festgelegt wurde. Dabei wurde einheitlich die zweiseitige Signifikanz betrachtet. Bei einem signifikanten Unterschied wurde zur weiteren Analyse die Effektstärke ermittelt.

Für metrische, normalverteilte Variablen wurde die Signifikanzprüfung mithilfe des T-Tests durchgeführt. Zur Überprüfung der vorausgesetzten Varianzhomogenität kam der Levene-Test zum Einsatz. Die ebenfalls erforderliche Testung auf Normalverteilung erfolgte sowohl durch die Erstellung von Histogrammen als auch durch den Kolmogorov-Smirnov-Test. Die Effektstärke bei signifikanten Ergebnissen wurde mittels Cohen's d ermittelt.

Metrische Parameter, die nicht normalverteilt waren, wurden anhand des Mann-Whitney-U-Tests auf Signifikanz geprüft. Bei signifikanten Unterschieden wurde die Effektstärke durch Berechnung des r-Wertes bestimmt.

Für nominale Parameter wurde zur Signifikanzprüfung der Chi-Quadrat-Test eingesetzt. Bei zu geringen Häufigkeiten wurde der exakte Test nach Fisher angewendet. Die Effektstärke wurde in den vorliegenden 2x2-Kreuztabellen anhand des Phi-Wertes erfasst.

Cohen's d	r-Wert	Phi-Wert
< 0,2 schwacher Effekt	< 0,3 schwacher Effekt	0,1 bis < 0,3 schwacher Effekt
0,2 bis < 0,5 mittlerer Effekt	0,3 bis 0,5 mittlerer Effekt	0,3 bis < 0,5 mittlerer Effekt
0,5 bis 0,8 starker Effekt	> 0,5 starker Effekt	≥ 0,5 starker Effekt

Tabelle 7: Festgelegte Interpretation der Effektstärken (Kottrik *et al.*, 2011; Lenhard *et al.*, 2022)

Im Anschluss wurden die Ergebnisse der statistischen Auswertung sowohl im Fließtext als auch in grafischer Form aufgearbeitet und in ihrer Gesamtheit im Anhang dargestellt. Dabei wurden signifikante Ergebnisse wie folgt gekennzeichnet:

*p<0,05
**p<0,01
***p<0,001

Hinweis:

Zur besseren Übersicht wurde in der gesamten Dissertation auf Gendern verzichtet und einheitlich der Begriff „Patienten“ verwendet. Dieser Begriff schließt sowohl weibliche als auch männliche sowie diverse Personen ein.

3. Ergebnisse

3.1 Behandlungsgruppen im Vergleich

Im Folgenden werden die wesentlichen Parameter für die beiden Behandlungsgruppen erläutert.

Patientenbezogene Daten (Alter, Geschlechterverteilung)

Insgesamt wurden 185 Patienten mit einem abdominellen Aneurysma durch eine der beiden Methoden behandelt. Der Altersdurchschnitt lag dabei bei 71,8 Jahren \pm 8,8. 164 Patienten des Gesamtkollektivs waren Männer (164/185 Patienten; 88,6%) und 21 Frauen (21/185 Patienten; 11,4%).

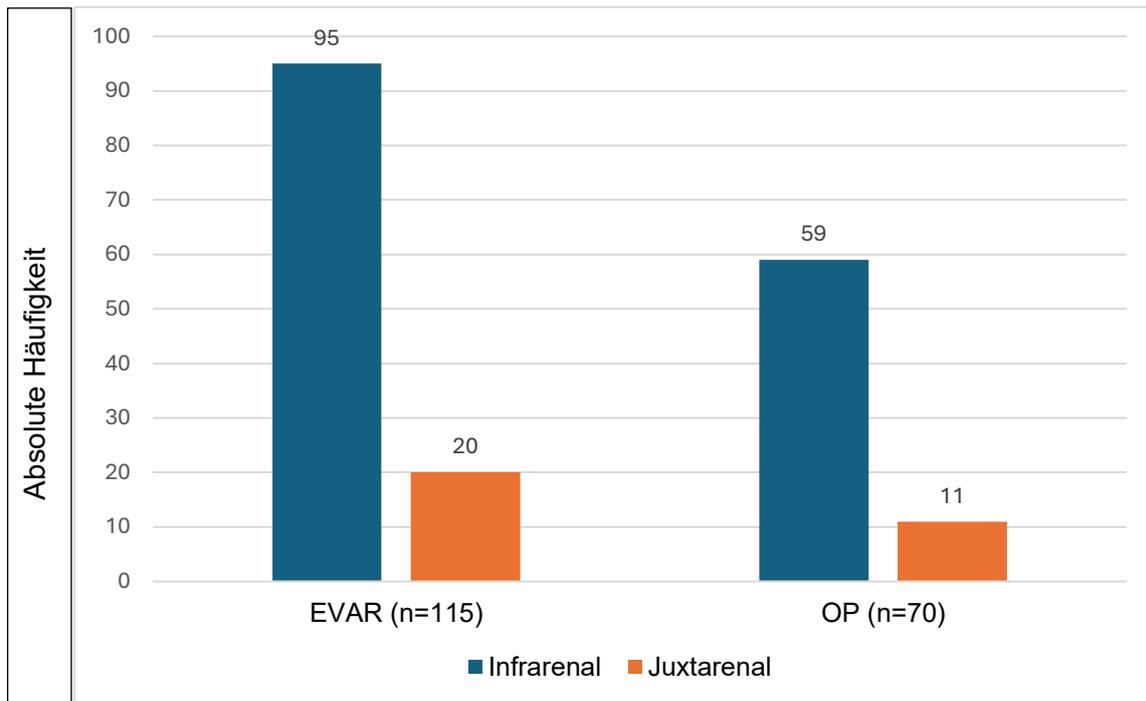
In der endovaskulären Gruppe, die sich insgesamt aus 115 Patienten zusammensetzte, betrug der Altersdurchschnitt 72,3 Jahre \pm 9,2. Die insgesamt 70 offen-chirurgisch therapierten Patienten waren durchschnittlich 1,4 Jahre jünger ($p=0,186$). Von den endovaskulär therapierten Patienten waren 100 männlich (100/115 Patienten; 87%) und 15 weiblich (15/115 Patienten; 13%). Die Geschlechterverteilung in der operativen Gruppe wies 64 männliche Patienten (64/70 Patienten; 91,4%) und 6 weibliche Patienten (6/70 Patienten; 8,6%) auf ($p=0,352$).

Aneurysmabezogene Daten

Das endovaskulär therapierte Patientenkollektiv von 115 Personen setzte sich aus 9 Patienten mit einem rupturierten Aneurysma (9/115 Patienten; 7,8%) und 106 Patienten mit einem nicht-rupturierten Aneurysma zusammen (106/115 Patienten; 92,2%). In der aus 70 Patienten bestehenden operativen Gruppe gehörten 19 Patienten der Gruppe mit einem rupturierten Aneurysma (19/70 Patienten; 27,1%) und 51 Patienten der Gruppe mit einem nicht-rupturierten Aneurysma an (51/70 Patienten; 72,9%) ($***p<0,001$, Effektstärke $\Phi=0,3$).

Der durchschnittliche Aneurysmadurchmesser belief sich im Gesamtkollektiv auf 6,1 cm \pm 1,7. In der endovaskulären Gruppe konnte ein durchschnittlicher Durchmesser von 5,7cm \pm 1,6 und in der offen-chirurgischen Gruppe ein durchschnittlicher Durchmesser von 6,7cm \pm 1,9 eruiert werden ($***p<0,001$, Effektstärke $r=0,3$).

In allen Gruppen wurden ausschließlich infrarenale und juxtarenale Aneurysmen erfasst. Die Häufigkeit und Verteilung dieser Aneurysmen sind in folgender Grafik dargestellt:



Grafik 1: Aneurysmalokalisation der einzelnen Gruppen

Prozedurbezogene Daten

Bei der Auswertung der prozedurbezogenen Daten lagen die Parameter „Blutverlust in Millilitern“ und „Dauer des Eingriffs in Minuten“ nur für die offen-chirurgische Gruppe vor. Für den Blutverlust zeigte sich hierbei ein Mittelwert von 1057,9 Millilitern \pm 1048,6. Die Eingriffsdauer betrug im Durchschnitt 161,5 Minuten \pm 60,6.

Insgesamt benötigten 45 von 185 Patienten Transfusionen in Form von Erythrozytenkonzentraten (EKs) (24,3%). 20 Patienten stammten dabei aus der endovaskulären Gruppe (20/115 Patienten; 17,4%) und 25 Patienten aus der operativen Gruppe (25/70 Patienten; 35,7%) (**p=0,005, Effektstärke Phi=0,2). Die durchschnittliche Anzahl an benötigten Erythrozytenkonzentraten lag insgesamt bei 0,9 EKs \pm 2,5. In der endovaskulären Gruppe wurden im Durchschnitt 0,4 EKs \pm 1,1 und in der operativen Gruppe im Durchschnitt 1,7 EKs \pm 3,7 transfundiert (**p=0,002, Effektstärke r=0,2).

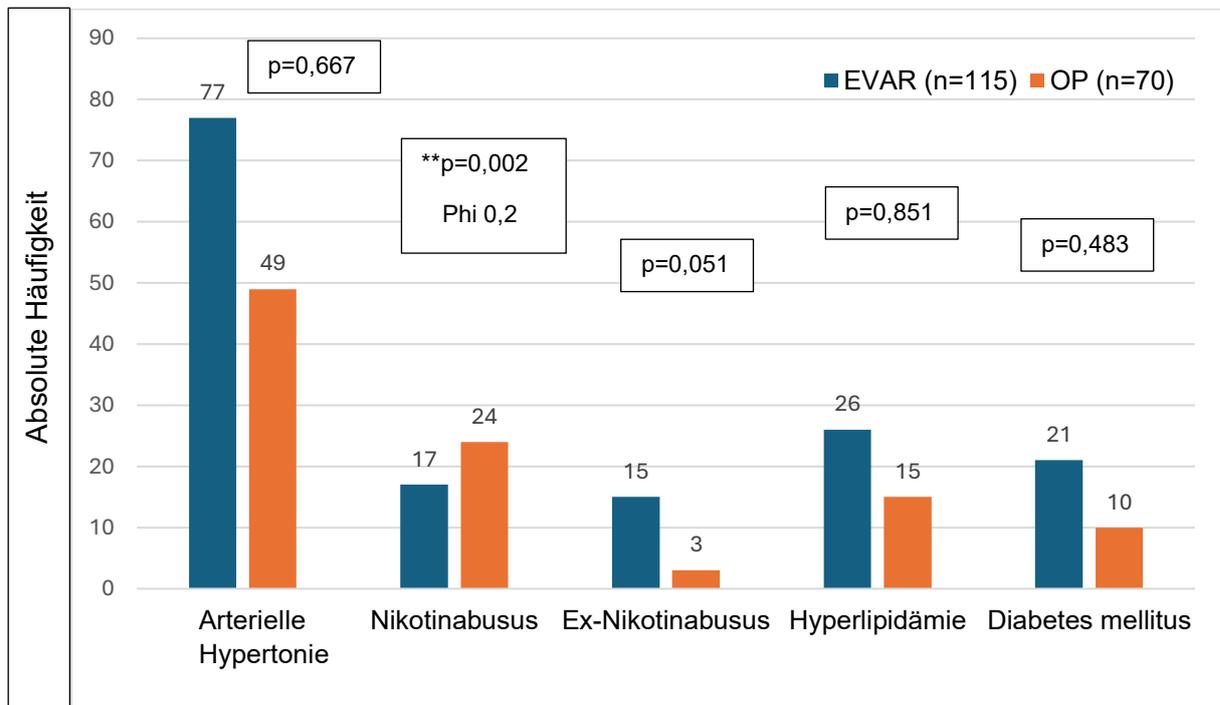
Die prozedurbezogenen Parameter „Stentgraftart“ und „Stentgraftfirma“ beziehungsweise „Prothesenart“ sind unter dem jeweiligen Abschnitt „Weitere wichtige Parameter zur OP-Gruppe/EVAR-Gruppe“ aufgeführt.

Klinische Daten

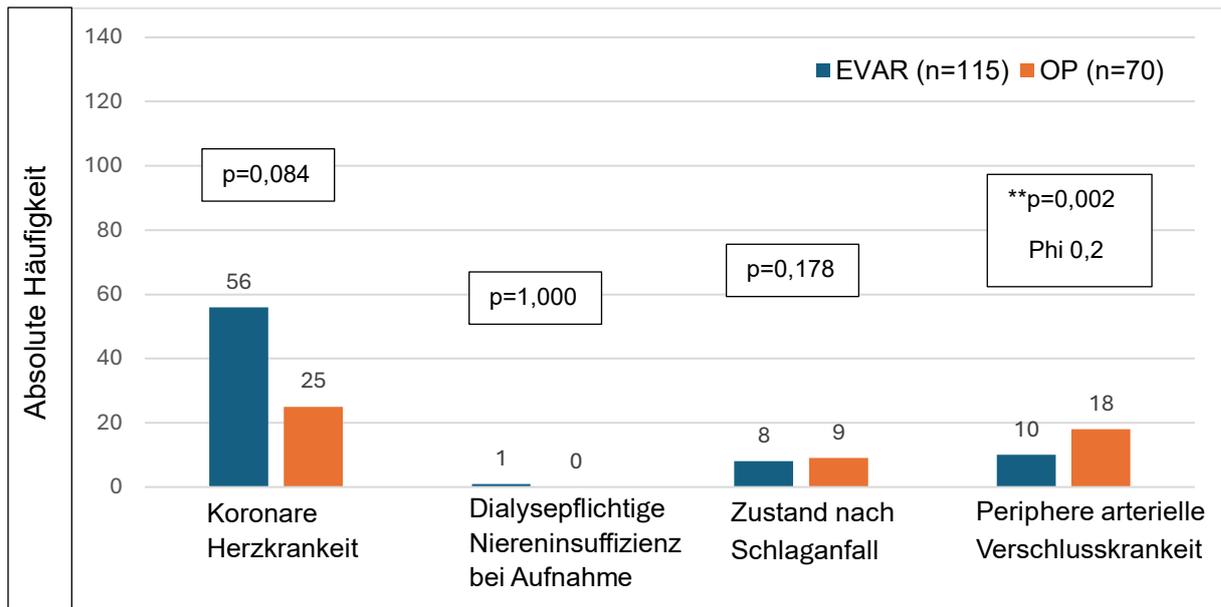
Bezüglich der Kreatininwerte wurde für das gesamte Patientenkollektiv im Durchschnitt ein präprozeduraler Wert von 1,2 mg/dl \pm 0,4 (Milligramm pro Deziliter) und ein postprozeduraler Wert von 1,1 mg/dl \pm 0,4 ermittelt.

In der EVAR-Gruppe betrug der durchschnittliche präprozedurale Kreatininwert 1,2 mg/dl \pm 0,5. In der operativen Gruppe war dieser um 0,1 mg/dl niedriger ($p=0,890$). Die postprozeduralen Kreatininwerte in der EVAR-Gruppe beliefen sich im Durchschnitt auf 1,0 mg/dl \pm 0,3, während in der operativen Gruppe durchschnittliche Werte von 1,3 mg/dl \pm 0,6 erfasst wurden ($*p=0,037$, Effektstärke $r=0,2$).

Folgende Grafik visualisiert, welche Nebendiagnosen die Patienten der jeweiligen Behandlungsgruppe hatten:



Grafik 2: Nebendiagnosen der Behandlungsgruppen – Teil 1



Grafik 3: Nebendiagnosen der Behandlungsgruppen – Teil 2

Ausschließlich in der EVAR-Gruppe mit einem rupturierten Aneurysma gab es eine 56-jährige Patientin, die aufgrund einer polyzystischen Nierenerkrankung mit einer bereits bestehenden Dialysepflichtigkeit aufgenommen wurde. In der operativen Gruppe gab es keine Patienten mit einer vorbestehenden dialysepflichtigen Niereninsuffizienz. In der EVAR-Gruppe mit einem nicht-rupturierten Aneurysma befand sich außerdem ein 79-jähriger Patient, der bei der Aufnahme ein Kreatinin von 3,3 mg/dl aufwies und somit eine erstdiagnostizierte präterminale Niereninsuffizienz hatte. Beide Patienten mit bereits präinterventioneller Niereninsuffizienz verstarben. Im weiteren klinischen Verlauf entwickelte die 56-jährige Patientin eine Blutstrominfektion mit *Staphylococcus aureus*. Bei dem 79-jährigen Patienten kam es im Verlauf zusätzlich zu einer intestinalen Ischämie.

Aufenthaltsbezogene Daten

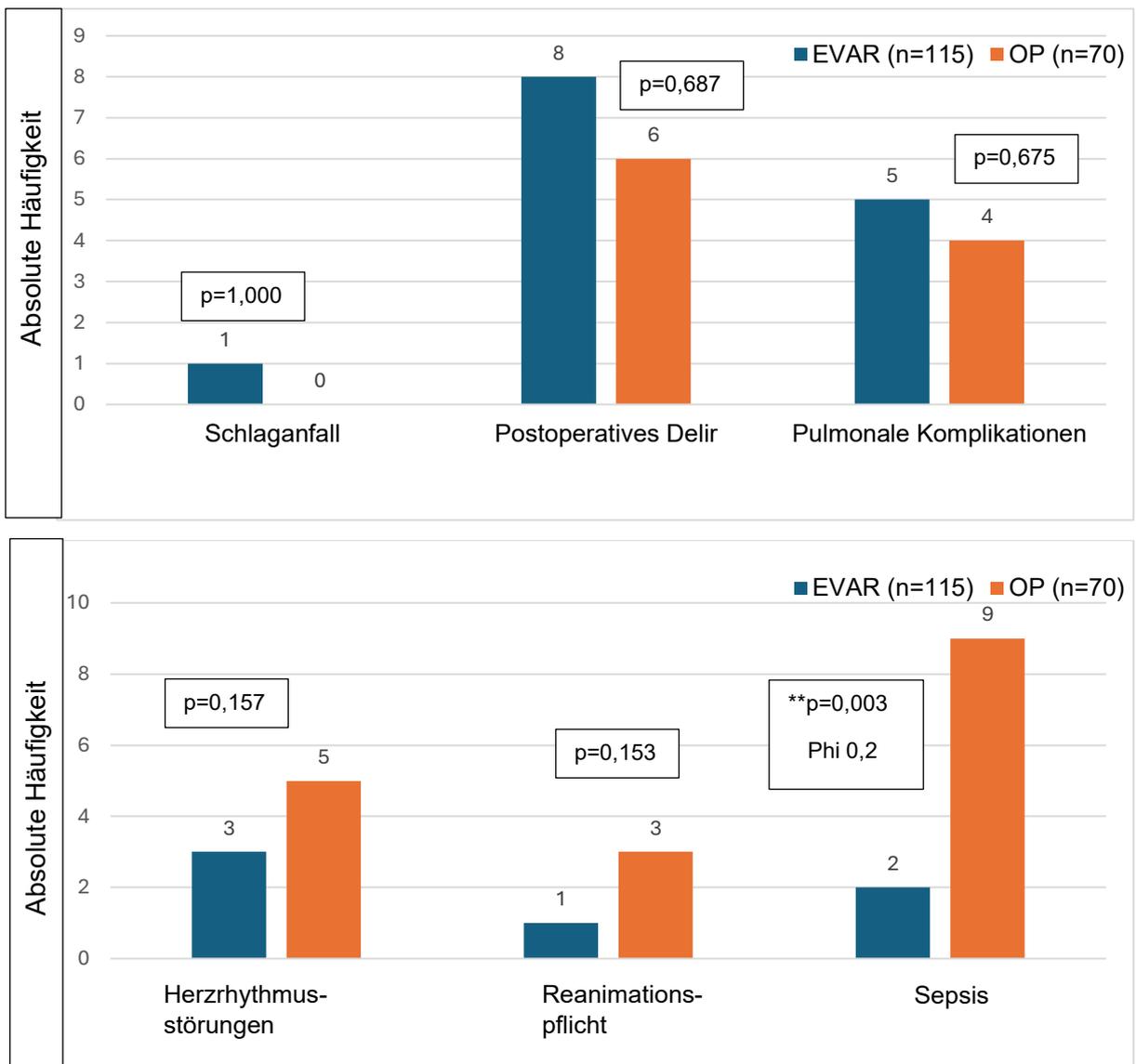
Die Dauer des gesamtstationären Aufenthalts lag im Gesamtkollektiv im Durchschnitt bei 13 Tagen \pm 8,1. Die EVAR-Gruppe hatte einen durchschnittlichen Gesamtaufenthalt von 12 Tagen \pm 8,0. Patienten der operativen Gruppe verbrachten durchschnittlich 16 Tage \pm 7,4 stationär (**p<0,001, r=0,4).

Für den Intensivaufenthalt konnte für das gesamte Patientenkollektiv ein durchschnittlicher Wert von 3 Tagen \pm 3,3 eruiert werden. Die Patienten der EVAR-Gruppe verbrachten durchschnittlich 2 Tage \pm 1,8 auf der Intensivstation. Die operative Gruppe hatte einen durchschnittlichen Intensivaufenthalt von 5 Tagen \pm 4,5 (**p<0,001, r=0,3).

Allgemeine Komplikationen während der Primärhospitalisation

Allgemeine Komplikationen konnten während der Primärhospitalisation bei 39 von 185 Patienten verzeichnet werden (21,1%). Die 39 Patienten setzten sich aus 17 Personen der EVAR-Gruppe (17/115 Patienten; 14,8%) und 22 Personen der operativen Gruppe (22/70 Patienten; 31,4%) zusammen. Der Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen war dabei signifikant (** $p=0,009$, Phi-Wert=0,2).

In der nachfolgenden Grafik ist die Verteilung der allgemeinen Komplikationen in den beiden Gruppen dargestellt:



Grafik 4: Allgemeine Komplikationen – Primärhospitalisation

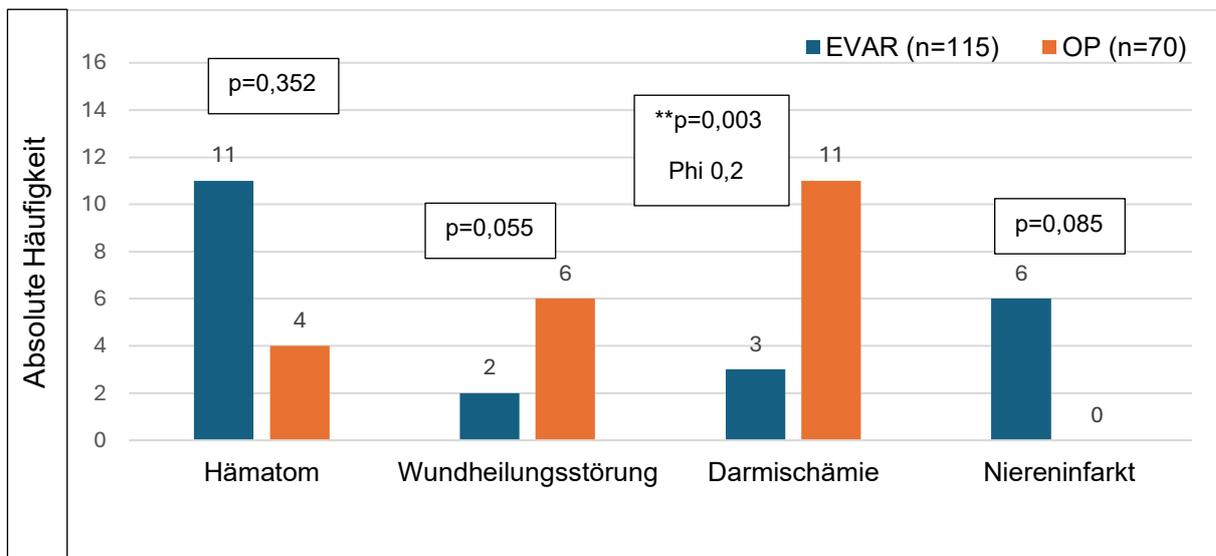
Der einzig statistisch signifikante Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen zeigte sich dabei bezüglich des Parameters „Sepsis“ (EVAR: 2/115 Patienten (1,7%); OP: 9/70 Patienten (12,6%); ** $p=0,003$, $\Phi=0,2$).

Prozedurassoziierte Komplikationen während der Primärhospitalisation

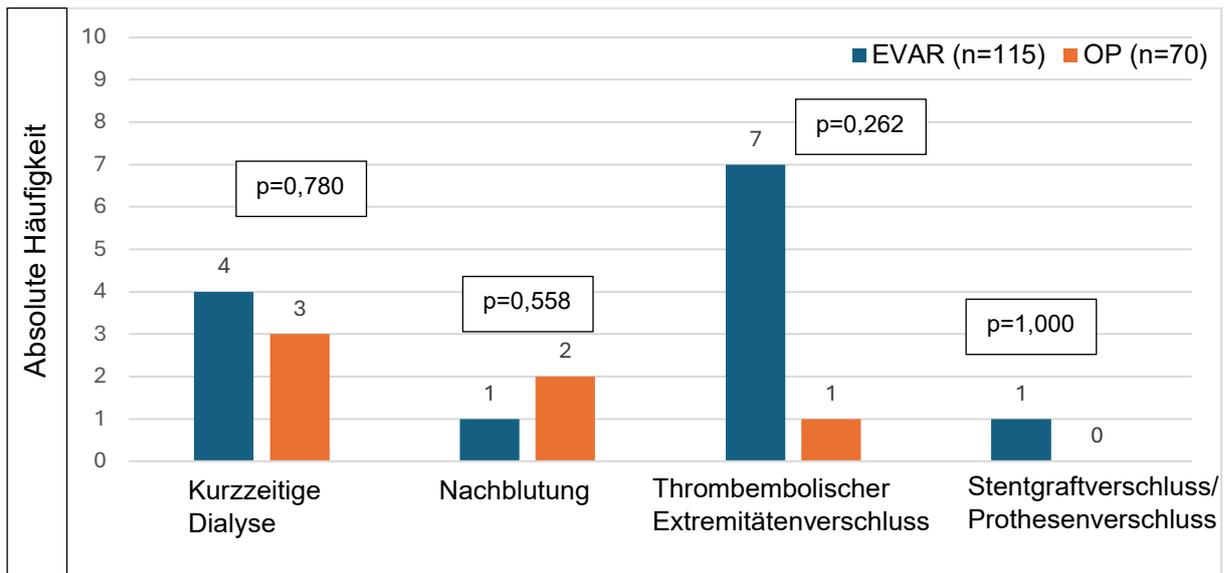
Im Folgenden wird auf die prozedurassoziierten Komplikationen während der Primärhospitalisation eingegangen. Dabei sind Komplikationen gemeint, die spezifisch bei der endovaskulären beziehungsweise operativen Versorgung von Bauchaortenaneurysmen auftreten. Zunächst wird ein Vergleich der prozedurassoziierten Komplikationen angestellt, die in beiden Behandlungsgruppen vorkommen konnten. Subgruppenanalysen sowie Komplikationen, die nur in einer der Gruppen möglich waren, sind im Abschnitt „Weitere wichtige Parameter zur EVAR/OP-Gruppe“ aufgeführt.

Die Inzidenz der prozedurassoziierten Komplikationen im Gesamtkollektiv belief sich auf 60 Prozent (111/185 Patienten). Von den 111 Patienten gehörten 87 der endovaskulären Gruppe (87/115 Patienten; 75,7%) und 24 der operativen Gruppe (24/70 Patienten; 34,3%) an. Der Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen erwies sich als statistisch signifikant (** $p<0,001$, Effektstärke $\Phi=0,4$).

Die folgende Grafik zeigt einen direkten Vergleich der prozedurassoziierten Komplikationen, die in beiden Gruppen auftreten konnten:



Grafik 5: Prozedurassoziierte Komplikationen – Primärhospitalisation Teil 1



Grafik 6: Prozedurassoziierte Komplikationen – Primärhospitalisation Teil 2

Bei der Signifikanztestung ergab sich zwischen den beiden großen Behandlungsgruppen ausschließlich für den Parameter „Darmischämie“ ein statistisch signifikanter Unterschied (EVAR: 3/115 Patienten (2,6%); OP: 11/70 Patienten (15,7%); ** $p=0,003$, $\Phi=0,2$).

Von den insgesamt 11 Hämatomen der EVAR-Gruppe traten 9 im Bereich der Leiste und 2 im Bereich der Arteria subclavia (bei angewandter Chimney-Technik) auf. Operativ kamen 3 Hämatome in der subkutanen ventralen Bauchwand und ein Retroperitonealhämatom vor. Wundheilungsstörungen wurden in der operativen Gruppe sechsmal im Bereich der medianen Laparotomienarbe erfasst. Die 2 Wundheilungsstörungen der endovaskulären Gruppe traten im Bereich der Leistenregion auf. Beide Male handelte es sich dabei um Patienten, welche die Leistengefäße vor der Intervention chirurgisch freigelegt bekommen hatten.

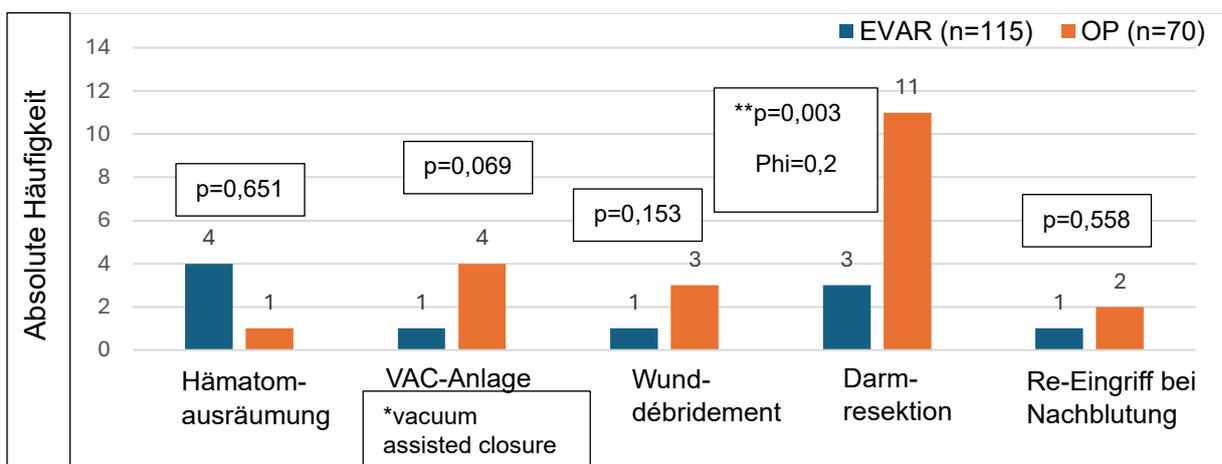
Der Punkt „Kurzzeitige Dialyse“ bezieht sich auf eine Dialysebehandlung, die eine Dauer von maximal 14 Tagen umfasste. Eine längere Dialysepflichtigkeit konnte im Datensatz nicht ermittelt werden. Bei den Nachblutungen handelte es sich um Nachblutungen, aufgrund derer eine erneute Intervention/Operation nötig war. Endovaskulär gab es eine Nachblutung aus der Punktionsstelle in der Leiste. Operativ kam es zu 2 Nachblutungen aufgrund von Nahtinsuffizienzen im abdominellen Bereich. Eine Nachblutung führte dabei zu dem bereits erwähnten Retroperitonealhämatom.

Aufgrund des Stentgraftverschlusses erfolgte eine Stentgraftentfernung in Kombination mit einem chirurgischen Aortenersatz.

Reinterventionen/Reoperationen während der Primärhospitalisation

Die Inzidenz der Re-Eingriffe während der Primärhospitalisation betrug insgesamt 31,4 Prozent (58/185 Patienten). In der endovaskulären Gruppe wurden 33,9 Prozent (39/115 Patienten) reinterveniert. In der offen-chirurgischen Gruppe mussten sich 27,1 Prozent (19/70 Patienten) einer Reoperation unterziehen. Der Gruppenunterschied war nicht signifikant ($p=0,336$).

Folgende Reinterventionen/Reoperationen traten während der Primärhospitalisation in beiden Gruppen auf:



Grafik 7: Reinterventionen/Reoperationen – Primärhospitalisation

Der einzig signifikante Unterschied ergab sich hinsichtlich der Darmresektion. Darmresektionen traten dabei signifikant häufiger in der operativen Gruppe auf (EVAR: 3/115 Patienten (2,6%); OP: 11/70 Patienten (15,7%); $**p=0,003$, $\Phi=0,2$).

Hämatome, die operativ ausgeräumt werden mussten, befanden sich auf endovaskulärer Seite einmal im Bereich der Arteria subclavia und dreimal in der Leistenregion. In der operativen Gruppe musste ein retroperitoneales Hämatom ausgeräumt werden. Alle anderen Hämatome bildeten sich spontan zurück.

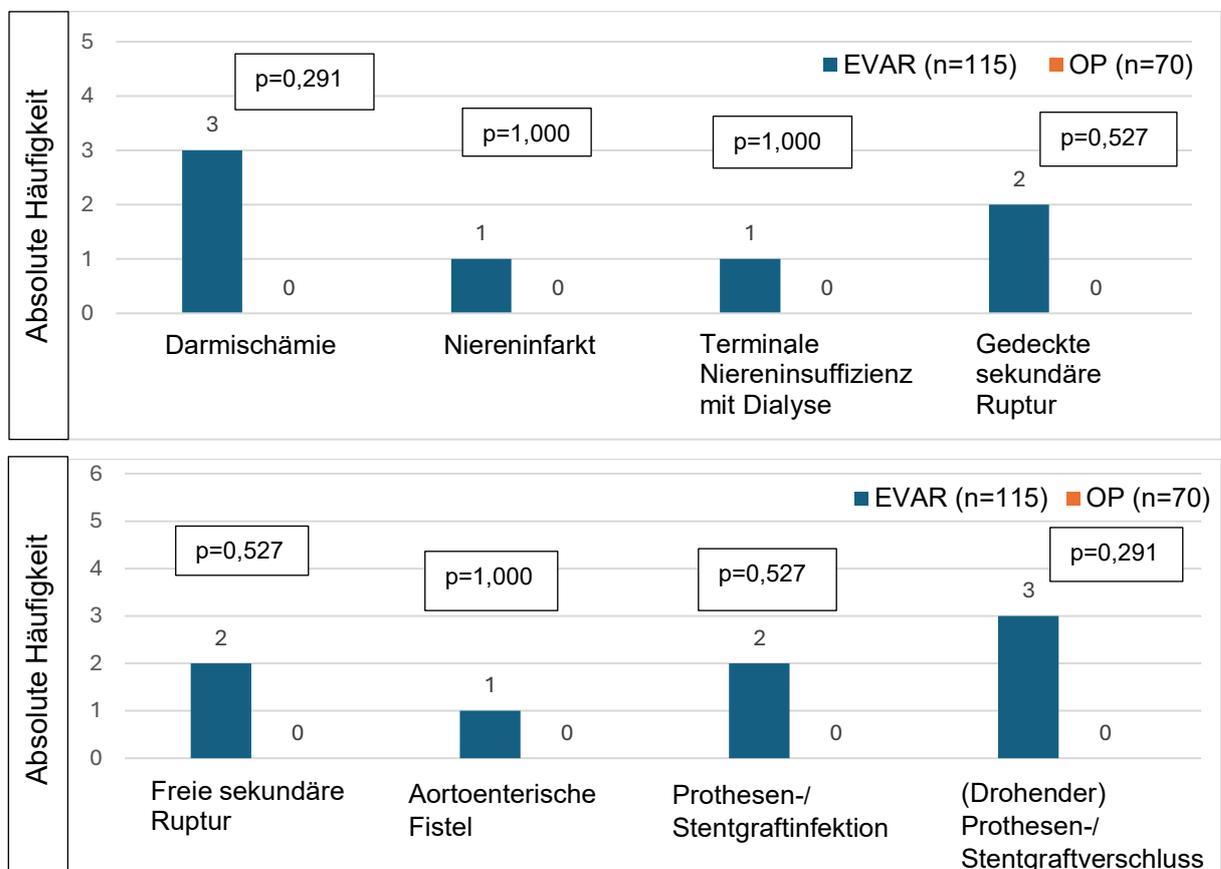
Eine VAC-Pumpe zur Förderung des Wundheilungsprozesses war in der EVAR-Gruppe einmal im Bereich der rechten Leiste erforderlich. In der operativen Gruppe kam eine VAC-Pumpe viermal im Bereich der medianen Laparotomienarbe zum Einsatz, davon zweimal zum temporären Bauchdeckenverschluss nach einem abdominellen Kompartmentsyndrom und einmal nach einem Platzbauch.

Ein Wunddébridement (Entfernung von nekrotischem Gewebe bei Wundheilungsstörung) wurde postinterventionell einmal in der Leistenregion eines EVAR-Patienten nötig, der diese präinterventionell chirurgisch freigelegt bekommen hatte. In der OP-Gruppe wurde dreimal ein Wunddébridement im Zusammenhang mit der oben beschriebenen VAC-Anlage durchgeführt. Die Nachblutungen wurden in beiden Gruppen durch ein chirurgisches Übernähen der insuffizienten Stelle behoben.

Prozedurassoziierte Komplikationen nach der Entlassung

Die Inzidenz der prozedurassoziierten Komplikationen nach der Entlassung lag im gesamten Patientenkollektiv bei 16,2 Prozent (30/185 Patienten). 22 Patienten waren initial endovaskulär behandelt worden (22/115 Patienten; 19,1%). Acht Patienten hatten ursprünglich einen offen-chirurgischen Aortenersatz erhalten (8/70 Patienten; 11,4%). Die Behandlungsgruppen unterschieden sich dabei nicht signifikant ($p=0,218$).

Die Verteilung der prozedurassoziierten Komplikationen nach der Entlassung, die in beiden Gruppen auftreten konnten, ist der folgenden Grafik zu entnehmen:



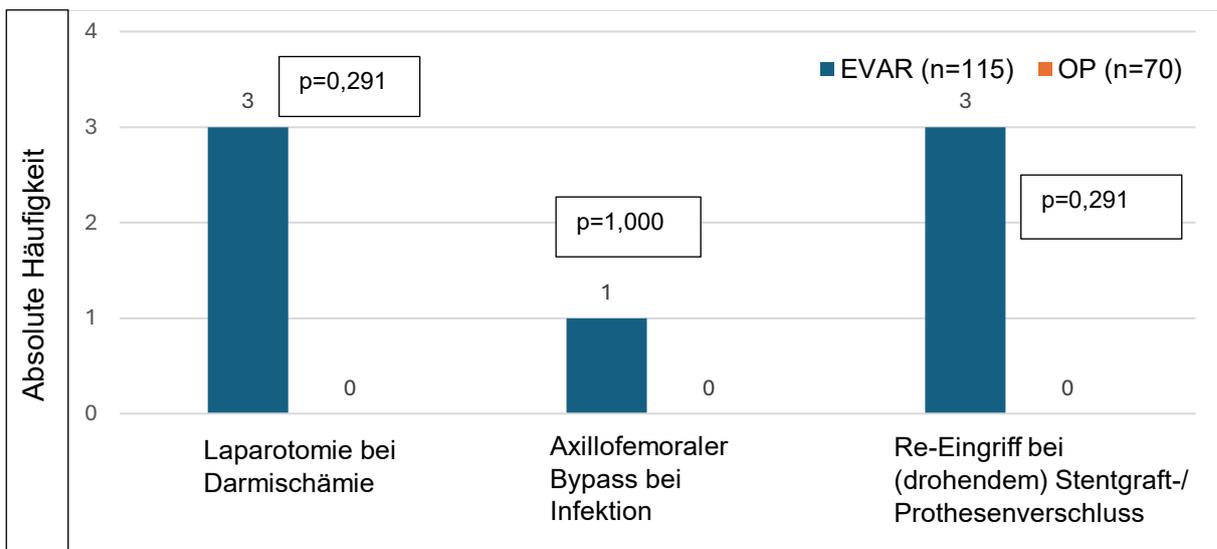
Grafik 8: Prozedurassoziierte Komplikationen nach der Entlassung

Bei einer sehr geringen Fallzahl ergaben sich im direkten Vergleich der großen Gruppen keine statistisch signifikanten Ergebnisse.

Reinterventionen/Reoperationen mit Sekundärhospitalisation

Nach der Entlassung mussten 26 von 185 Patienten erneut aufgenommen und reinterweniert/reoperiert werden (14,1%). 19 Patienten stammten aus der endovaskulären Gruppe (19/115 Patienten; 16,5%) und sieben Patienten aus der operativen Gruppe (7/70 Patienten; 10%). Der Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen war dabei nicht signifikant ($p=0,216$).

In der folgenden Grafik werden ebenfalls nur die Re-Eingriffe mit einer Sekundärhospitalisation betrachtet, die in beiden Gruppen möglich waren:



Grafik 9: Reinterventionen/Reoperationen mit Sekundärhospitalisation

Auch hier konnten bei einer sehr geringen Fallzahl im direkten Vergleich der großen Gruppen keine signifikanten Ergebnisse ermittelt werden.

Ein axillofemoraler Bypass wurde aufgrund einer freien Ruptur zur Aortenrekonstruktion notwendig. Bedingt war diese Ruptur durch eine initiale Stentgraftinfektion. Die drohenden Stentgraftverschlüsse bezogen sich jeweils auf ein Stentgraftbein und konnten bei noch geringgradigem Restlumen durch erneute Ballondilatationen verhindert werden.

Mortalitätsbezogene Daten

Während der Primärhospitalisation verstarben im Gesamtkollektiv insgesamt 18 Patienten (18/185 Patienten; 9,7%). Der endovaskulär therapierten Gruppe gehörten davon 4 Patienten (4/115 Patienten; 3,5%) und der operativ therapierten Gruppe 14 Patienten (14/70 Patienten; 20%) an. Die EVAR-Gruppe wies somit eine signifikant niedrigere Mortalitätsrate auf (**p=0,001, Effektstärke Phi=0,3).

Betrachtet man die Mortalitätsraten in den nicht-rupturierten Gruppen, so verstarben endovaskulär 2 Patienten (2/106 Patienten; 1,9%) und in der operativen Gruppe 4 Patienten (4/51 Patienten; 7,8%) (p=0,088). In den rupturierten Gruppen wurden endovaskulär 2 Todesfälle (2/9 Patienten; 22,2%) und operativ 10 Todesfälle (10/19 Patienten; 52,6%) erfasst (p=0,133). Für beide Unterschiede, bei denen die operative Subgruppe jeweils eine höhere Mortalitätsrate aufwies, konnte keine Signifikanz festgestellt werden.

Die Patienten der endovaskulären Gruppe verstarben im Durchschnitt 23 Tage \pm 20,1 nach der Reintervention, während die Patienten der operativen Gruppe durchschnittlich 10 Tage \pm 7,7 nach der Operation verstarben. Der Unterschied zwischen den Gruppen war nicht signifikant (p=0,233).

In der EVAR-Gruppe setzte sich die Gruppe der verstorbenen Patienten aus einer Frau (1/4 Patienten; 25%) und 3 Männern (3/4 Patienten; 75%) zusammen. Die 56-jährige Frau mit einem rupturierten Bauchaortenaneurysma verstarb an einem septischen Schock, der durch eine Blutstrominfektion mit *Staphylococcus aureus* verursacht wurde. Die Todesursache eines weiteren Patienten, 57 Jahre alt und ebenfalls mit einem rupturierten Bauchaortenaneurysma, war eine Sepsis mit Multiorganversagen. Die beiden anderen Männer (68 und 79 Jahre alt) mit einem nicht-rupturierten Bauchaortenaneurysma verstarben an einem Multiorganversagen infolge einer intestinalen Ischämie. Dem 68-jährigen Mann war zuvor aufgrund eines Stentgraftverschlusses der Stentgraft entfernt und operativ eine Prothese eingesetzt worden. Das durchschnittliche Alter der Verstorbenen betrug 65 Jahre.

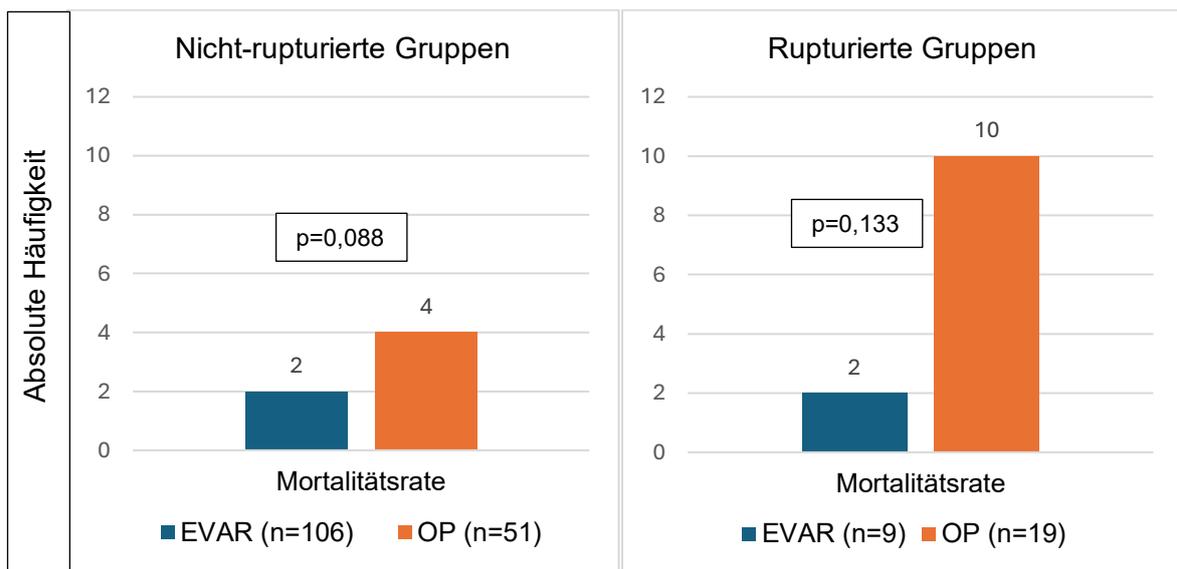
In der operativen Gruppe verstarben insgesamt eine Frau (1/14 Patienten; 7,1%) und 13 Männer (13/14 Patienten; 92,9%). Die 86-jährige Frau mit einem nicht-rupturierten Bauchaortenaneurysma verstarb aus unklarer Ursache. 2 Männer (76 und 78 Jahre alt) mit einem rupturierten Bauchaortenaneurysma kamen bereits intraoperativ durch Herzkreislaufversagen ums Leben.

Die Todesursache von 2 weiteren männlichen Patienten (68 Jahre alt mit einem nicht-rupturierten Aneurysma und 78 Jahre alt mit einem rupturierten Aneurysma) war ein Multiorganversagen, das initial durch ein abdominelles Kompartmentsyndrom verursacht wurde. Ein 80-jähriger Patient mit einem rupturierten Aneurysma verstarb nach erfolgter Reanimation an einem Multiorganversagen.

Ein septisches Multiorganversagen aufgrund einer Darmischämie führte bei 4 Männern (zweimal 84 Jahre alt, einmal 72 Jahre alt und einmal 64 Jahre alt) mit einem rupturierten Aneurysma zum Tode. Ein 81-jähriger Patient starb nach der Behandlung seines rupturierten Aneurysmas an einer Laktatazidose, die durch eine Darmischämie bedingt war.

2 weitere todesverursachende septische Multiorganversagen wurden durch eine schwere Pneumonie (80-jähriger Patient mit einem nicht-rupturierten Aneurysma) und durch eine kotige Aspiration bei Ileus (78-jähriger Patient mit einem rupturierten Aneurysma) verursacht. Ein 87-jähriger Patient mit einem rupturierten Aneurysma verstarb an einem septischen Schock.

Das durchschnittliche Alter der Verstorbenen lag bei 78,3 Jahren.



Grafik 10: Mortalitätsrate (Subgruppen) während der Primärhospitalisation

3.2 Weitere wichtige Parameter zur EVAR-Gruppe

Stentgraftfirma und Stentgraftart

In der gesamten EVAR-Gruppe (n=115) wurden folgende Stentgrafts zur Ausschaltung eines abdominellen Aortenaneurysmas verwendet:

Firma	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Lombard Medical	43/115	37,5%
Medtronic	30/115	26,1%
Ovation	17/115	14,8%
Cook Medical	7/115	6,1%
Jotec	7/115	6,1%
Gor Medical	6/115	5,2%
Endologix	4/115	3,5%
Terumo	1/115	0,9%

Tabelle 8: Stentgraftfirmen

Stentgraftart	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Biiliakaler Stentgraft (Standard)	81/115	70,4%
Chimney-Technik	13/115	11,3%
Biiliakaler Stentgraft mit Seitenastprothese	9/115	7,8%
Gefensterter Stentgraft	8/115	7,0%
Gebranchter Stentgraft	2/115	1,7%
Rohrstentgraft	2/115	1,7%

Tabelle 9: Stentgraftarten

Prozedurassoziierte Komplikationen während der Primärhospitalisation

Insgesamt konnten in der EVAR-Gruppe 13 verschiedene Komplikationen bei 87 Patienten erfasst werden (87/115 Patienten; 75,7%). Von den 87 Patienten stammten 8 Personen aus der Subgruppe mit einem rupturierten Aneurysma (8/9 Patienten; 88,9%) und 79 Personen aus der Subgruppe mit einem nicht-rupturierten Aneurysma (79/106 Patienten; 74,5%) (p=0,335).

Während der Primärhospitalisation kam es zu folgenden Komplikationen:

Komplikation	EVAR rupturiert (n=9)	EVAR nicht-rupturiert (n=106)	p-Wert
Hämatom	0/9 (0%)	11/106 (10,4%)	0,597
Wundheilungsstörung	1/9 (11,1%)	1/106 (0,9%)	0,151
Darmischämie	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Niereninfarkt	1/9 (11,1%)	5/106 (4,7%)	0,394
Kurzzeitige Dialyse	1/9 (11,1%)	3/106 (2,8%)	0,281
Interventionsbedürftige Nachblutung	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Thrombembolischer Extremitätenverschluss	0/9 (0%)	7/106 (6,6%)	1,000
Stentgraftverschluss	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Gefäßdissektion	3/9 (33,3%)	8/106 (7,5%)	*0,040 Phi 0,2
Aneurysma spurium	2/9 (22,2%)	14/106 (13,2%)	0,610
Stentgraftdislokation	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Endoleak (Patienten)	8/9 (88,9%)	60/106 (56,8%)	0,800
- Absolute Anzahl	11	68	-
Lymphfistel/Lymphozele	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000

Tabelle 10: Prozedurassoziierte Komplikationen EVAR – Primärhospitalisation

Wie bereits erwähnt, traten 9 Hämatome im Bereich der Leiste und 2 im Bereich der Arteria subclavia (bei angewandter Chimney-Technik) auf. Auch die Wundheilungsstörungen, die interventionsbedürftige Nachblutung und die Lymphozelen betrafen die Leistenregion.

Die häufigste prozedurassoziierte Komplikation in der EVAR-Gruppe war das Auftreten eines Endoleaks (68/115 Patienten; 59,1%). Der Unterschied zwischen der rupturierten Subgruppe (8/9 Patienten; 88,9%) und der nicht-rupturierten Subgruppe (60/106 Patienten; 56,8%) erwies sich als nicht signifikant ($p=0,800$).

Bei einigen Patienten traten im Verlauf des stationären Aufenthalts mehrere Endoleaks auf, sodass die Gesamtzahl der Endoleaks 79 betrug.

Die Aufteilung der Endoleaks in die verschiedenen Typen sowie die Herkunft der Endoleaks vom Typ 2 ist in folgender Tabelle veranschaulicht:

Endoleak-Typ	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Typ 1	20/79	25,3%
Typ 2 aus einer Lumbalarterie	32/79	40,5%
Typ 2 aus der Arteria mesenterica superior	0/79	0%
Typ 2 aus der Arteria mesenterica inferior	21/79	26,5%
Typ 2 ohne Herkunftsangabe	3/79	3,8%
Typ 3	2/79	2,5%
Typ 4	1/79	1,3%

Tabelle 11: Endoleaks im Gesamtkollektiv der EVAR-Gruppe

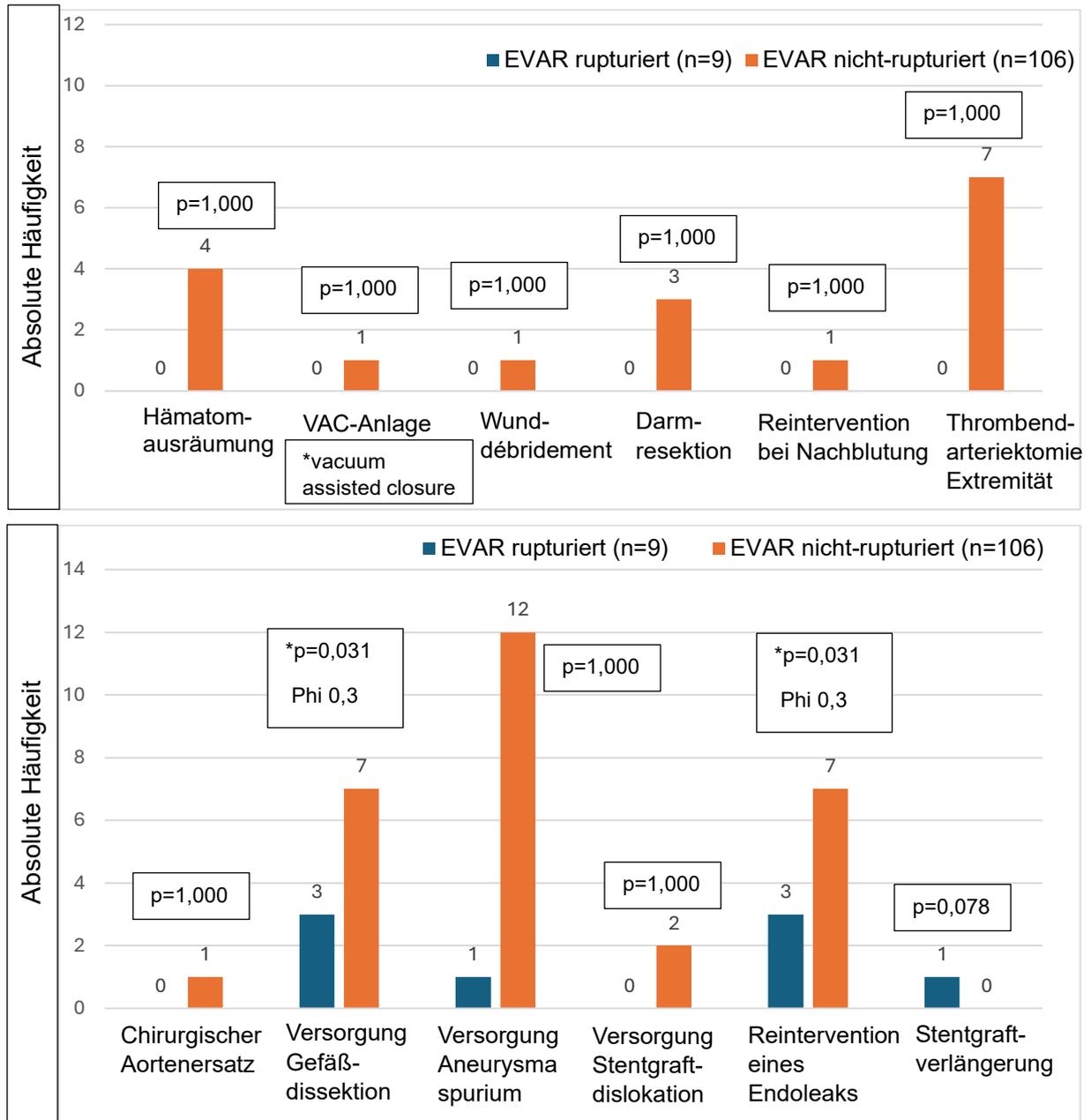
Nach den Endoleaks konnten am häufigsten gefäßassoziierte Komplikationen wie ein Aneurysma spurium oder eine Gefäßdissektion eruiert werden. Von den insgesamt 11 Gefäßdissektionen betrafen 4 die Arteria axillaris und 7 die Arteria femoralis. Bei den 16 Aneurysmata spuria kamen 11 im Leistenbereich und 5 in der axillären Gefäßregion vor.

Hinsichtlich der Aneurysmata spuria war der Gruppenunterschied zwischen der Subgruppe mit einem rupturierten Aneurysma (2/9 Patienten; 22,2%) und der Subgruppe mit einem nicht-rupturierten Aneurysma (14/106 Patienten; 13,2%) nicht signifikant ($p=0,610$). Für die Gefäßdissektion ergab sich zwischen den beiden Subgruppen ein schwach signifikanter Unterschied (rupturiert: 3/9 Patienten (33,3%); nicht-rupturiert: 8/106 Patienten (7,5%); * p -Wert=0,040, Phi=0,2).

Reinterventionen während der Primärhospitalisation

Während der Primärhospitalisation waren in der EVAR-Gruppe 12 verschiedene Reinterventionen bei insgesamt 39 Patienten notwendig (39/115 Patienten; 33,9%). 8 der Patienten gehörten der Subgruppe mit einem rupturierten Aneurysma (8/9 Patienten; 88,9%) und 31 Patienten der Subgruppe mit einem nicht-rupturierten Aneurysma (31/106 Patienten; 29,2%) an. Der Gruppenunterschied erwies sich dabei als schwach signifikant (* p -Wert=0,033; Effektstärke Phi=0,2).

Folgende Reinterventionen wurden durchgeführt:



Grafik 11: Reinterventionen EVAR – Primärhospitalisation

Endoleaks und Gefäßdissektionen mussten signifikant häufiger in der Gruppe mit einem rupturierten Aneurysma reinterveniert werden (rupturiert: jeweils 3/9 Patienten (33,3%); nicht-rupturiert: jeweils 7/106 Patienten (6,6%); *p=0,031, Effektstärke Phi=0,3).

Wie bereits erwähnt, wurden die Hämatomausräumungen (mit Ausnahme einer in der axillären Region), die Anlage der Vakuumpumpe sowie das Wunddébridement (Entfernung von nekrotischem Gewebe) alle in der Leistenregion durchgeführt.

Die Nachblutung wurde durch ein chirurgisches Übernähen der inguinalen Punktionsstelle behoben. Der chirurgische Aortenersatz mit vorherigem Stentgraftausbau war aufgrund eines Stentgraftverschlusses erforderlich. Gefäßdissektionen wurden in der Regel durch Implantation eines Stents therapiert. In 2 Fällen war die Gefäßdissektion in der Leistengegend so kurzstreckig, dass eine chirurgische Rekonstruktion der Gefäßhinterwand möglich war. Die Aneurysmata spuria wurden meist chirurgisch durch ein Übernähen der Gefäßwand oder seltener durch eine Gefäßrekonstruktion behandelt. Zur Behandlung der Stentgraftdislokationen wurde jeweils eine Ausbesserung durch das Implantieren eines zusätzlichen Stentgrafts vorgenommen.

Bei der Endoleakversorgung wurden 4 Endoleaks vom Typ 1 durch eine erneute Balldilatation behoben. Darüber hinaus wurden 4 Endoleaks vom Typ 2 aus den Lumbalarterien und 2 Endoleaks vom Typ 2 aus der Arteria mesenterica inferior durch eine Gefäßembolisation versorgt. Zusätzlich wurde bei 14 Patienten mit einem nicht-rupturierten Aneurysma (14/115 Patienten; 12,2%) eine Gefäßembolisation als prophylaktische Maßnahme zur Vermeidung eines Endoleaks durchgeführt. Insgesamt erfolgte die Embolisation an 17 Gefäßen, davon viermal an den Lumbalarterien und jeweils sechsmal an der Arteria mesenterica inferior und der Arteria iliaca interna. Ein Patient erhielt eine Embolisation einer akzessorischen Nierenarterie.

Prozedurassoziierte Komplikationen nach der Entlassung

Nach der Entlassung traten insgesamt 14 verschiedene prozedurassoziierte Komplikationen auf, die 22 Patienten betrafen (22/115 Patienten; 19,1%). Die 22 Patienten setzen sich dabei aus 2 Patienten mit einem rupturierten Aneurysma (2/9 Patienten; 22,2%) und 20 Patienten mit einem nicht-rupturierten Aneurysma (20/106 Patienten; 18,9%) zusammen ($p=0,806$).

Folgende prozedurassoziierte Komplikationen wurden erfasst:

Komplikation	EVAR rupturiert (n=9)	EVAR nicht-rupturiert (n=106)	p-Wert
Darmischämie	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Niereninfarkt	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Terminale Niereninsuffizienz mit Dialyse	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Thrombembolischer Extremitätenverschluss	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000

Gedeckte sekundäre Ruptur	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000
Freie sekundäre Ruptur	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000
Aortoenterische Fistel	1/9 (11,1%)	0/106 (0%)	0,078
Stentgraftinfektion	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000
Drohender Stentgraftverschluss	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Gefäßdissektion	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Aneurysma spurium	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Stentgraftdislokation	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Endoleak (Patienten)	1/9 (11,1%)	7/106 (6,6%)	0,490
- Absolute Anzahl	1	7	-
Lymphfistel/Lymphozele	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000

Tabelle 12: Prozedurassoziierte Komplikationen EVAR nach der Entlassung

Bei einer sehr geringen Fallzahl zeigten sich im direkten Vergleich der großen Gruppen keine signifikanten Ergebnisse.

Die Gefäßdissektion, das Aneurysma spurium und die Lymphfistel traten allesamt in der Leistenregion auf.

Auch nach der Entlassung war die häufigste prozedurassoziierte Komplikation das Auftreten eines Endoleaks. Insgesamt wurden 8 Endoleaks detektiert, darunter 2 Endoleaks vom Typ 1 (2/8 Endoleaks; 25%), 3 Endoleaks vom Typ 2 aus einer Lumbalarterie (3/8 Endoleaks; 37,5%), 2 Endoleaks vom Typ 2 aus der Arteria mesenterica inferior (2/8 Endoleaks; 25%) und 1 Endoleak vom Typ 2 ohne Herkunftsangabe (1/8 Endoleaks; 12,5%).

Reinterventionen mit Sekundärhospitalisation

Die Reinterventionen im Rahmen einer Sekundärhospitalisation gliederten sich in 9 verschiedene Eingriffe an insgesamt 19 von 115 Patienten (16,5%). Ein Patient war initial wegen eines rupturierten Aneurysma behandelt worden (1/9 Patienten; 11,1%). Die anderen 18 Patienten hatten ursprünglich eine Aortenprothese aufgrund eines nicht-rupturierten Aneurysma erhalten (18/106 Patienten; 17%). Der Unterschied zwischen den beiden Subgruppen war nicht signifikant ($p=1,000$).

Folgende Reinterventionen waren notwendig:

Eingriff	EVAR rupturiert (n=9)	EVAR nicht- rupturiert (n=106)	p-Wert
Laparotomie bei Darmischämie	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Thrombendarteriektomie bei thrombembolischem Extremitätenverschluss	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Stentgraftentfernung mit chirurgischem Aortenersatz	1/9 (11,1%)	3/106 (2,8%)	0,281
Stentgraftentfernung mit axillofemoralem Bypass	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Reintervention bei drohendem Stentgraftverschluss	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Versorgung eines Aneurysma spuriums	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Versorgung einer Gefäßdissektion	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Reintervention eines Endoleaks (Patienten)	0/9 (0%)	7/106 (6,6%)	1,000
Absolute Anzahl	0	7	-
Typ 1- Endoleak	0/0 (0%)	2/7 (28,6%)	-
Typ 2- A. lumbalis	0/0 (0%)	3/7 (42,9%)	-
Typ 2- A. mesenterica inferior	0/0 (0%)	2/7 (28,6%)	-
Stentgraftverlängerung	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000

Tabelle 13: Reinterventionen EVAR mit Sekundärhospitalisation

Im direkten Vergleich ergaben sich hierbei keine signifikanten Ergebnisse. Die Gründe für die Stentgraftentfernung mit einem chirurgischen Aortenersatz waren eine aortoenterische Fistelbildung, eine starke Stentgraftdislokation, eine gedeckte Ruptur aufgrund einer Stentgraftinfektion sowie eine freie Ruptur. Die Stentgraftentfernung mit der Anlage eines axillofemorales Bypasses wurde ebenfalls aufgrund einer Stentgraftinfektion notwendig, die eine freie Ruptur zur Folge hatte.

Wie bereits erwähnt, bezogen sich die drohenden Stentgraftverschlüsse jeweils auf ein Stentgraftbein und konnten bei noch geringgradigem Restlumen durch erneute Ballondilatationen behoben werden. Das Aneurysma spurium wurde in diesem Fall ebenfalls chirurgisch behandelt. Die Gefäßdissektion wurde durch einen Stent versorgt.

Bei den Endoleaks wurde ein Endoleak vom Typ 1 durch eine erneute Ballondilatation behandelt. Bei einem weiteren Endoleak vom Typ 1 war das Einbringen eines Verlängerungscuffs erforderlich. Die Endoleaks vom Typ 2 wurden mittels Gefäßembolisation behandelt.

3.3 Weitere wichtige Parameter zur OP-Gruppe

Prothesenmaterial und Prothesenarten

In der gesamten operativen Gruppe wurde ausschließlich Dacron als Prothesenmaterial verwendet.

Bezüglich der Prothesenarten ergab sich in der OP-Gruppe (n=70) folgende Verteilung:

Prothesenart	Absolute Häufigkeit	Relative Häufigkeit
Biiliakale Prothese	36/70	51,4%
Rohrprothese	20/70	28,6%
Bifemorale Prothese	14/70	20%

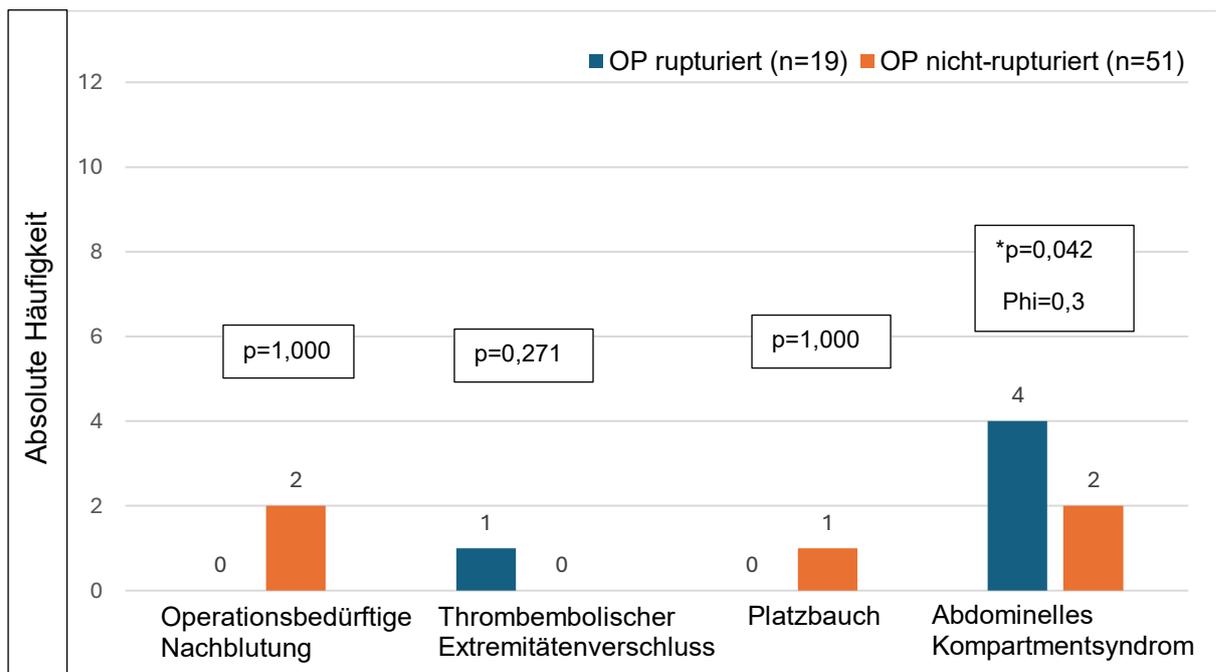
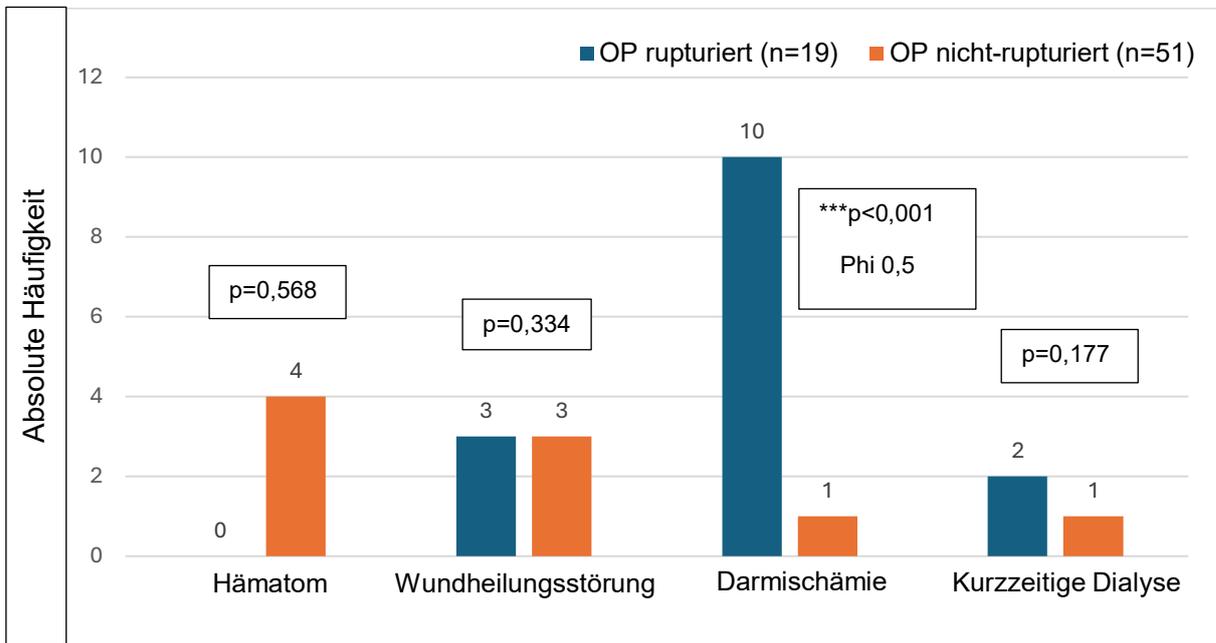
Tabelle 14: Prothesenarten in der gesamten OP- Gruppe

Prozedurassoziierte Komplikationen während der Primärhospitalisation

In der operativen Gruppe kam es während der Primärhospitalisation zu 8 unterschiedlichen prozedurassoziierten Komplikationen. Insgesamt waren 24 der 70 Patienten betroffen (34,3%). Von den 24 Patienten stammten 13 Personen aus der Subgruppe mit einem rupturierten Aneurysma (13/19 Patienten; 68,4%) und 11 Personen aus der Subgruppe mit einem nicht-rupturierten Aneurysma (11/51 Patienten; 21,6%). Der Unterschied zwischen den beiden Subgruppen war statistisch signifikant (**p-Wert<0,001; Effektstärke Phi=0,4).

Die aufgetretenen Komplikationen sind der folgenden Grafik (Grafik 12 auf Seite 58) zu entnehmen.

Bei den Hämatomen handelte es sich, wie bereits erwähnt, um 3 Hämatome der ventralen Bauchwand und ein Retroperitonealhämatom. Wundheilungsstörungen traten insgesamt sechsmal im Bereich der medianen Laparotomienarbe auf. Der Punkt „Kurzzeitige Dialyse“ bezieht sich auf eine Dialysebehandlung von maximal 14 Tagen. Die beiden abdominalen Nachblutungen, die einen Re-Eingriff erforderlich machten, waren auf Nahtinsuffizienzen zurückzuführen. Eine dieser Nachblutungen führte zu dem oben erwähnten Retroperitonealhämatom.



Grafik 12: Prozedurassoziierte Komplikationen OP – Primärhospitalisation

Wie ersichtlich kam es in der operativen Gruppe während der Primärhospitalisation am häufigsten zu einer Darmischämie. Darmischämien kamen dabei signifikant häufiger in der rupturierten Subgruppe vor (rupturiert: 10/19 Patienten (52,6%); nicht-rupturiert: 1/51 Patienten (2%); ***p-Wert<0,001, Effektstärke Phi=0,5)

Auch abdominelle Kompartmentsyndrome traten signifikant häufiger in der Gruppe mit einem rupturierten Aneurysma auf (rupturiert: 4/19 Patienten (21,1%); nicht-rupturiert: 2/51 Patienten (3,9%); *p-Wert=0,042). Die Effektstärke Phi betrug in diesem Fall 0,3.

Reoperationen während der Primärhospitalisation

Während der Primärhospitalisation konnten in der operativen Gruppe 8 verschiedene Reoperationen an insgesamt 19 Patienten eruiert werden (19/70 Patienten; 27,1%). Von den 19 Patienten gehörten 12 Patienten der Subgruppe mit einem rupturierten Aneurysma (12/19 Patienten; 65,2%) und 7 Patienten der Subgruppe mit einem nicht-rupturierten Aneurysma (7/51 Patienten; 13,7%) an. Der Unterschied zwischen den Subgruppen war stark signifikant (***p-Wert<0,001; Effektstärke Phi=0,5).

Die erforderlichen Reoperationen sind in der folgenden Tabelle dargestellt:

Eingriff	OP rupturiert (n=19)	OP nicht- rupturiert (n=51)	p-Wert
Hämatomausräumung	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000
VAC-Anlage (vacuum assisted closure)	2/19 (10,5%)	2/51 (3,9%)	0,296
Wunddébridement	0/19 (0%)	3/51 (5,9%)	0,557
Darmresektion	10/19 (52,6%)	1/51 (2%)	***<0,001
Reoperation bei Nachblutung	0/19 (0%)	2/51 (3,9%)	1,000
Bypass-OP bei thrombembolischem Extremitätenverschluss	1/19 (5,3%)	0/51 (0%)	0,271
Reoperation bei Platzbauch	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000
Laparotomie bei abdominellem Kompartmentsyndrom	3/19 (15,8%)	2/51 (3,9%)	0,119

Tabelle 15: Reoperationen – Primärhospitalisation

Der einzige statistisch signifikante Unterschied zwischen den Subgruppen wurde in Bezug auf die Darmresektion festgestellt (rupturiert: 10/19 Patienten (52,6%); nicht-rupturiert: 1/51 Patienten (2%); ***p-Wert<0,001, Effektstärke Phi=0,6).

In der operativen Gruppe musste ein Retroperitonealhämatom ausgeräumt werden. Eine VAC-Anlage zur Förderung des Wundheilungsprozesses war viermal im Bereich der medianen Laparotomienarbe erforderlich. Zweimal erfolgte sie nach einem abdominellem Kompartmentsyndrom und einmal nach einem Platzbauch. Beim abdominellem Kompartmentsyndrom wurde zuvor eine Revisionslaparotomie mit einer Druckentlastung durchgeführt. In beiden Fällen diente die VAC-Anlage zur Sekundärprophylaxe und zur Überbrückung bis zu einem endgültigen Bauchdeckenverschluss.

Ein Wunddébridement (Entfernung von nekrotischem Gewebe) war dreimal im Bereich der medianen Laparotomienarbe notwendig. Bei den operationsbedürftigen abdominalen Nachblutungen wurde die insuffiziente Stelle jeweils chirurgisch übernäht.

Prozedurassoziierte Komplikationen nach der Entlassung

Insgesamt konnten nach der Entlassung 3 Komplikationen erfasst werden. Betroffen waren dabei 8 von 70 Patienten (11,4%). Es handelte sich ausschließlich um Patienten aus der Subgruppe mit einem nicht-rupturierten Aneurysma (8/51 Patienten; 15,6%) (p= 0,097).

Folgende prozedurassoziierte Komplikationen traten auf:

Eingriff	OP rupturiert (n=19)	OP nicht- rupturiert (n=51)	p-Wert
Verwachsungs- bauch	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000
Narbenhernien	0/19 (0%)	6/51 (11,8%)	0,180
Anastomosen- aneurysma	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000

Tabelle 16: Prozedurassoziierte Komplikationen OP nach der Entlassung

Der Subgruppenunterschied bezüglich der Narbenhernien war dabei nicht signifikant (rupturiert: 0/19 Patienten (0%), nicht-rupturiert: 6/51 Patienten (11,8%); p=0,180).

Reoperationen mit Sekundärhospitalisation

Sieben Patienten mit einem nicht-rupturierten Aneurysma mussten im Rahmen einer Sekundärhospitalisation reoperiert werden (insgesamt: 7/70 Patienten (10%); rupturiert: 0/19 Patienten (0%); nicht-rupturiert: 7/51 Patienten (13,7%); $p=0,177$).

Folgende Reoperationen waren notwendig:

Eingriff	OP rupturiert (n=19)	OP nicht- rupturiert (n=51)	p-Wert
Adhäsionolyse	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000
Hernienversorgung	0/19 (0%)	6/51 (11,8%)	0,180

Tabelle 17: Reoperationen mit Sekundärhospitalisation

Diesbezüglich ergaben sich keine statistisch signifikanten Ergebnisse.

3.4 Einteilung der Komplikationen nach Clavien-Dindo-Klassifikation

Im Folgenden wird die Einteilung der Komplikationen nach der Clavien-Dindo-Klassifikation vorgenommen, um deren Schweregrad beurteilen zu können und einen besseren Vergleich zwischen den Gruppen zu ermöglichen. Die absoluten Häufigkeiten sind dabei in Klammern angegeben.

Allgemeine Komplikationen

Komplikation	EVAR – Gruppe	OP – Gruppe
Schlaganfall	Grad II (1x)	-
Postoperatives Delir	Grad II (8x)	Grad II (6x)
Pulmonale Komplikationen	Grad II (5x)	Grad II (3x) Grad IVA (1x)
Herz- rhythmusstörungen	Grad II (3x)	Grad II (5x)
Reanimation	Grad IVB (1x)	Grad V (3x)
Sepsis	Grad V (2x)	Grad IVB (2x) Grad V (7x)

Tabelle 18: Allgemeine Komplikationen der beiden Gruppen, eingeteilt nach Clavien-Dindo-Klassifikation

Endovaskuläre Komplikationen

Aufenthalt	Komplikation	Grad – Einteilung
Primärhospitalisation	Hämatom	Grad I (7x) Grad IIIA (3x) // IIIB (1x)
	Wundheilungsstörung	Grad I (1x) Grad IIIA (1x)
	Darmischämie	Grad IIIB (1x) Grad V (2x)
	Niereninfarkt	Grad I (6x)
	Kurzzeitige Dialyse	Grad IVA (4x)
	Interventionsbedürftige Nachblutung	Grad IIIB (1x)
	Thrombembolischer Extremitätenverschluss	Grad IIIB (7x)
	Stentgraftverschluss	Grad V (1x)
	Gefäßdissektion (axillär/inguinal)	Grad II (1x) Grad IIIA (9x) // IIIB (1x)
	Aneurysma spurium (axillär/inguinal)	Grad I (3x) Grad IIIA (4x) // IIIB (9x)
	Stentgraftdislokation	Grad I (1x) Grad IIIA (2x)
	Endoleak	Grad I (69x) Grad IIIA (8x) // IIIB (2x)
	Lymphfistel	Grad I (2x)
Sekundärhospitalisation	Darmischämie	Grad IIIB (2x) Grad IVA (1x)
	Niereninfarkt	Grad I (1x)
	Terminale Niereninsuffizienz mit Dialyse	Grad IVA (1x)
	Thrombembolischer Extremitätenverschluss	Grad IIIB (1x)
	Gedeckte sekundäre Ruptur	Grad IIIB (1x) Grad IVA (1x)
	Freie sekundäre Ruptur	Grad IIIB (1x) Grad IVB (1x)

	Aortoenterische Fistel	Grad IVA (1x)
	Stentgraftinfektion	Grad IVB (2x)
	Drohender Stentgraftverschluss	Grad IIIA (3x)
	Gefäßdissektion (axillär/inguinal)	Grad IIIA (1x)
	Aneurysma spurium (axillär/inguinal)	Grad IIIB (1x)
	Stentgraftdislokation	Grad IIIB (1x)
	Endoleak	Grad I (1x) Grad IIIA (5x) // IIIB (2x)
	Lymphozele/Lymphfistel	Grad I (1x)

Tabelle 19: Endovaskuläre postprozedurale Komplikationen, eingeteilt nach Clavien-Dindo-Klassifikation

Operative Komplikationen

Aufenthalt	Komplikation	Grad – Einteilung
Primärhospitalisation	Hämatom	Grad I (3x) Grad IIIB (1x)
	Wundheilungsstörung	Grad I (1x) Grad II (1x) Grad IIIB (4x)
	Darmischämie	Grad IIIB (4x) Grad IVA (1x) // IVB (1x) Grad V (5x)
	Kurzzeitige Dialyse	Grad IVA (3x)
	OP-bedürftige Nachblutung	Grad IIIB (2x)
	Thrombembolischer Extremitätenverschluss	Grad IIIB (1x)
	Platzbauch	Grad IIIB (1x)
	Abdominelles Kompartmentsyndrom	Grad IIIB (2x) Grad IVA (1x) // IVB (1x)

		Grad V (2x)
Sekundärhospitalisation	Verwachsungsbauch	Grad IIIB (1x)
	Narbenhernien	Grad IIIB (6x)
	Anastomoseneurysma	Grad I (1x)

Tabelle 20: Offene postoperative Komplikationen, eingeteilt nach Clavien-Dindo-Klassifikation

3.5 Gesamtübersicht über die wichtigsten Ergebnisse

Parameter	EVAR (n=115)	OP (n=70)	p-Wert
Alter	72,3 Jahre	70,9 Jahre	p=0,186
Geschlechterverteilung	Männlich: 100/115 (87%) Weiblich: 15/115 (13%)	Männlich: 64/70 (91,4%) Weiblich: 6/70 (8,6%)	p=0,352
Aneurysmadurchmesser	5,7cm	6,7cm	***p<0,001
Dringlichkeit	Rupturiert: 9/115 (7,8%) Nicht-rupturiert: 106/115 (92,2%)	Rupturiert: 19/70 (27,1%) Nicht-rupturiert: 51/70 (72,9%)	***p<0,001
Aneurysmalokalisation	Infrarenal: 95/115 (82,6%) Juxtarenal: 20/115 (17,4%)	Infrarenal: 59/70 (84,3%) Juxtarenal: 11/115 (15,7%)	p=0,217
Transfusionsinzidenz (Patientenanzahl)	20/115 (17,4%)	25/70 (35,7%)	**p=0,005
Durchschnittliche Anzahl an transfundierten Erythrozytenkonzentraten	0,4 EKs	1,7 EKs	**p=0,002
Präprozeduraler Kreatininwert	1,2 mg/dl	1,1 mg/dl	p=0,890

Postprozeduraler Kreatininwert	1,0 mg/dl	1,3 mg/dl	*p=0,037
Inzidenz der Nebendiagnosen	103/115 (89,6%)	63/70 (90%)	p=0,925
Gesamtstationärer Aufenthalt	12 Tage	16 Tage	***p<0,001
Intensivaufenthalt	2 Tage	5 Tage	***p<0,001
Inzidenz der allgemeinen Komplikationen (Primärhospitalisation)	17/115 (14,8%)	22/70 (31,4%)	**p=0,009
Inzidenz der prozedurassoziierten Komplikationen (Primärhospitalisation)	87/115 (75,7%)	24/70 (34,3%)	***p<0,001
Inzidenz der Reinterventionen/Reoperationen (Primärhospitalisation)	39/115 (33,9%)	19/70 (27,1%)	p=0,336
Inzidenz der prozedurassoziierten Komplikationen (nach der Entlassung)	22/115 (19,1%)	8/70 (11,4%)	p=0,218
Inzidenz der Reinterventionen/Reoperationen (mit Sekundärhospitalisation)	19/115 (16,5%)	7/70 (10%)	p=0,216
Mortalitätsrate (Primärhospitalisation)	4/115 (3,5%)	14/70 (20%)	**p=0,001
	<u>Nicht-rupturiert:</u> 2/106 (1,9%)	<u>Nicht rupturiert:</u> 4/51 (7,8%)	p=0,088
	<u>Rupturiert:</u> 2/9 (22,2%)	<u>Rupturiert:</u> 10/19 (52,6%)	p=0,133
	<u>Postinterventionelle Tage:</u> 23 Tage	<u>Postoperative Tage:</u> 10 Tage	p=0,233

Tabelle 21: Gesamtübersicht der wichtigsten Ergebnisse

4. Diskussion

4.1 Vergleich der Behandlungsgruppen

Diese Studie vergleicht die beiden Therapieoptionen „endovaskuläre Therapie mittels Stenting“ und „offen-chirurgischer Aortenersatz mittels Gefäßprothese“ zur Behandlung von Bauchaortenaneurysmen im zertifizierten Gefäßzentrum der Universitätsklinik in Homburg.

Im Zeitraum vom 01.01.2014 bis zum 30.04.2019 wurden an der Universitätsklinik in Homburg insgesamt 185 Patienten mit einem Bauchaortenaneurysma behandelt. Bei 62,2 Prozent der Fälle (115/185 Patienten) kam eine endovaskuläre Therapie zum Einsatz, während in 37,8 Prozent der Fälle (70/185 Patienten) eine operative Behandlung durchgeführt wurde. In jedem einzelnen Jahr war die Patientenanzahl in der EVAR-Gruppe höher als in der operativen Gruppe. Dies zeigt deutlich, dass die endovaskuläre Therapie neben der offen-chirurgischen Therapie auch an der Universitätsklinik in Homburg einen großen Stellenwert bei der Behandlung von Bauchaortenaneurysmen einnimmt.

Patientenbezogene Daten

Die EVAR-Patienten waren im Durchschnitt 1,4 Jahre älter als die Patienten der operativen Gruppe ($p=0,186$). Der Anteil der männlichen Patienten war, wie auch in der Literatur beschrieben, in beiden Gruppen führend (OP: 91,4%, EVAR: 87%) (Kortmann *et al.*, 2011; Silvia *et al.*, 2024). Bezüglich des Frauenanteils hatte die EVAR-Gruppe mit 13 Prozent einen um 4,4 Prozent höheren Anteil ($p=0,352$). Hinsichtlich der patientenbezogenen Daten gab es zwischen den beiden Behandlungsgruppen somit nur geringe Unterschiede.

Aneurysmabezogene Daten

In der endovaskulären Gruppe betrug der Anteil der Patienten mit einem nicht-rupturierten Bauchaortenaneurysma 92,2 Prozent (106/115 Patienten), während er in der operativen Gruppe bei 72,9 Prozent (51/70 Patienten) lag. Der Anteil der Patienten mit einem rupturierten Bauchaortenaneurysma belief sich in der endovaskulären Gruppe auf 7,8 Prozent (9/115 Patienten) und in der operativen Gruppe auf 27,1 Prozent (19/70 Patienten) (** $p<0,001$).

Bei dieser Verteilung zeigt sich, dass rupturierte Bauchaortenaneurysmen an der Universitätsklinik in Homburg während des Studienzeitraums von 2014 bis 2019 vor allem operativ therapiert worden sind. Derzeit werden rupturierte Bauchaortenaneurysmen, wie in der aktuellen S3-Leitlinie von 2018 empfohlen, wenn möglich endovaskulär behandelt (Debus *et al.*, 2018). Für die beiden Behandlungsgruppen konnte bezüglich der Subgruppenverteilung also eine ungleiche Verteilung aufgewiesen werden. Es bestand somit ein Selektionsbias, der den direkten Vergleich erschwerte.

Der Aneurysmadurchmesser war in der operativen Gruppe im Durchschnitt 1 cm größer als in der endovaskulären Gruppe (** $p < 0,001$). Auffällig war, dass sowohl in der endovaskulären Gruppe als auch in der operativen Gruppe einige Patienten mit besonders großem Aneurysmadurchmesser therapiert wurden. In der EVAR-Gruppe gab es 3 Patienten mit einem Durchmesser zwischen 10 cm und 11 cm. In der operativen Gruppe hatten 7 Patienten sogar einen Aneurysmadurchmesser zwischen 10 cm und 13,8 cm.

Wie auch in der Literatur beschrieben, war der Anteil der infrarenalen Aneurysmen in beiden Gruppen überwiegend (jeweils über 80 Prozent). (Baumann *et al.*, 2013). Neben infrarenalen Aneurysmen traten ausschließlich juxtarenale Aneurysmen auf. Im Gruppenvergleich waren diese in der endovaskulären Gruppe minimal häufiger anzutreffen (EVAR: 20/115 Patienten (17,4%); OP: 11/70 Patienten (15,7%); $p = 0,217$). Endovaskulär wurde dabei siebenmal auf eine EVAR in Chimney-Technik und sechsmal auf eine gefensterte EVAR zurückgegriffen. Dies zeigt, dass mittlerweile auch komplexere Aneurysmamorphologien durch den Einsatz spezieller Stentgraftvarianten endovaskulär behandelt werden können (Bötticher *et al.*, 2016).

Prozedurale Daten

Sowohl die Transfusionsinzidenz als auch die durchschnittliche Anzahl der benötigten Erythrozytenkonzentraten waren in der operativen Gruppe signifikant höher (Transfusionsinzidenz: EVAR: 20/115 Patienten (17,4%); OP: 25/70 Patienten (35,7%); ** $p = 0,005$) (Anzahl der EKs: EVAR: $0,4 \pm 1,1$; OP: $1,7 \pm 3,7$; ** $p = 0,002$). Im Vergleich benötigte die operative Gruppe nahezu doppelt so häufig Transfusionen, was auf die höhere Invasivität der operativen Therapie zurückgeführt werden kann.

Ein direkter Vergleich des Blutverlustes und der Prozedurdauer war aufgrund fehlender Daten auf endovaskulärer Seite nicht möglich.

Klinische Daten

Bezüglich des durchschnittlichen präprozeduralen Kreatininwerts zeigten beide Gruppen vergleichbare Werte (EVAR: 1,2 mg/dl \pm 0,5; OP: 1,1 mg/dl \pm 0,4; $p=0,890$). Postprozedural wurde in der operativen Gruppe im Durchschnitt ein um 0,3 mg/dl höherer Kreatininwert festgestellt. Der Unterschied war statistisch signifikant ($*p=0,037$). Dies bestätigt die Aussage der aktuellen S3-Leitlinie, dass die endovaskuläre Therapie bezüglich der jodhaltigen Kontrastmittelgabe und deren Einfluss auf die Nierenfunktion keinen Nachteil darstellt (Debus *et al.*, 2018).

In Bezug auf die Häufigkeit einzelner Nebendiagnosen wurden nur wenige Unterschiede festgestellt. In der operativen Gruppe gab es mehr Patienten mit einem bestehenden Nikotinabusus (EVAR: 17/115 Patienten (14,8%); OP: 24/70 Patienten (34,0%); $**p = 0,002$) sowie eine höhere Anzahl an Patienten mit einer peripheren arteriellen Verschlusskrankheit (EVAR: 10/115 Patienten (8,7%); OP: 18/70 Patienten (25,7%); $**p = 0,002$). Diese Tatsache lässt sich hinsichtlich der technischen Vorgehensweise beider Verfahren dahingehend interpretieren, dass Patienten mit starken Verkalkungen aufgrund eines Nikotinabusus einen erschwerten Zugang für das Einbringen eines Stentgrafts haben und daher häufiger operativ behandelt werden müssen. Die endovaskuläre Gruppe wies hingegen eine höhere Anzahl an Patienten mit koronarer Herzkrankheit auf (EVAR: 56/115 Patienten (48,7%); OP: 25/70 Patienten (35,7%); $p=0,084$). Diese Verteilung kann unter anderem darauf zurückgeführt werden, dass die endovaskuläre Technik auch unter Lokalanästhesie möglich ist, wodurch sie eine kreislaufschonendere Option für Patienten mit kardiovaskulären Vorerkrankungen darstellt (Elkouri *et al.*, 2004; Debus *et al.*, 2018; Esposito *et al.*, 2024). Wichtig ist jedoch zu beachten, dass alle Angaben zu den Nebendiagnosen hauptsächlich anamnestisch erfasst wurden, weshalb eine höhere Dunkelziffer nicht ausgeschlossen werden kann.

Zusammenfassend lässt sich jedoch sagen, dass es bei den Nebendiagnosen insgesamt zu keinem Selektionsbias zwischen den Behandlungsgruppen kam. Dies bedeutet, dass sich der vorbestehende Krankheitsgrad beider Gruppen im Wesentlichen nicht unterschied und somit ein direkter Vergleich möglich war.

Aufenthaltsbezogene Daten

Die operativ behandelten Patienten blieben im Vergleich zu denen der endovaskulären Gruppe durchschnittlich 3 Tage länger auf der Intensivstation und 4 Tage länger stationär. Für beide Parameter wurde im Gruppenvergleich ein signifikanter Unterschied festgestellt (** $p < 0,001$). Diese Tatsache lässt sich durch die geringere Invasivität der EVAR erklären, die unter anderem eine schnellere Mobilisation und einen zügigeren Kostenaufbau ermöglicht (Springer *et al.*, 2008).

Für die rupturierten Subgruppen zeigte sich ein um 4 Tage längerer gesamtstationärer Aufenthalt in der endovaskulären Gruppe (EVAR: 24 Tage; OP: 20 Tage). Der Unterschied war nicht signifikant ($p = 0,351$). Dieses Ergebnis war durch die Tatsache begründet, dass in der endovaskulären Gruppe mit einem rupturierten Aneurysma ein 59-jähriger Patient behandelt wurde, der aufgrund zahlreicher erforderlicher Reinterventionen insgesamt 44 Tage stationär verbrachte. Bei Ausklammern dieses Patienten kam es in den Subgruppen zu keinem wesentlichen Unterschied.

Komplikationen während der Primärhospitalisation

Allgemeine Komplikationen

Betrachtet man die Morbidität in den beiden Vergleichsgruppen, wird deutlich, dass die hier untersuchten allgemeinen Komplikationen (Schlaganfall, postoperatives Delir, pulmonale Komplikationen, Herzrhythmusstörungen, Reanimation und Sepsis) in ihrer Gesamtheit signifikant häufiger in der operativen Gruppe auftraten (EVAR: 14,8%; OP: 31,4%; ** $p = 0,009$). Diese Tatsache wird auch in anderen Studien bestätigt, wie beispielsweise in der multizentrischen Studie von D’Oria *et al.* aus dem Jahr 2021, die die Komplikationsrate anhand von 8 Gefäßregistern verglich (D’Oria *et al.*, 2021). Obwohl die Gruppenunterschiede in Bezug auf die einzelnen Komplikationen gering waren, zeigte sich auch hier eine geringere Invasivität der EVAR durch ein selteneres Auftreten von pulmonalen Komplikationen und Herzrhythmusstörungen (pulmonal: $p = 0,675$; Herzrhythmusstörungen: $p = 0,157$). Zudem kam es in der operativen Gruppe bezüglich der pulmonalen Komplikationen einmal zu einer viergradigen Komplikation, wohingegen die pulmonalen Komplikationen in der endovaskulären Gruppe alle einem Grad II der Clavien-Dindo-Klassifikation entsprachen.

Der einzige signifikante Unterschied, mit erhöhtem Aufkommen in der operativen Gruppe, zeigte sich bezüglich der Sepsis (EVAR: 2/115 Patienten (1,7%), Grad V der Clavien-Dindo-Klassifikation; OP: 9/70 Patienten (12,6%), Grad IVB bis Grad V der Clavien-Dindo-Klassifikation; $**p=0,003$). Zum einen kann diese Verteilung auf die größere Infektionsfläche bei einer medianen Laparotomie zurückgeführt werden. Zum anderen wurde die Sepsis in unserer Studie am häufigsten durch eine Darmischämie verursacht, die ebenfalls häufiger in der operativen Gruppe auftrat (EVAR: 3/115 Patienten (2,6%); OP: 11/70 Patienten (15,7%); $**p=0,003$).

Allerdings muss auch berücksichtigt werden, dass auch eine Aneurysmaruptur ein erhöhtes Risiko für eine Sepsis sowie für eine Darmischämie darstellt und in der operativen Gruppe deutlich mehr Patienten mit einer Ruptur vorkamen. Das gehäufte Auftreten einer Sepsis in der operativen Gruppe muss somit nicht zwangsläufig methodenbedingt sein, sondern könnte auch durch die ungleiche Verteilung rupturierter Aneurysmen in den beiden großen Behandlungsgruppen verursacht sein.

Prozedurassoziierte Komplikationen

Prozedurassoziierte Komplikationen traten während des Primäraufenthalts mehr als doppelt so häufig in der EVAR-Gruppe auf. Der Unterschied in unserer Studie erwies sich als statistisch signifikant ($***p<0,001$). Andere Studien führten hingegen zu abweichenden Ergebnissen. So kam beispielsweise eine retrospektive Studie von Morisaki et al. aus dem Jahr 2021 zu dem Resultat, dass prozedurassoziierte Komplikationen häufiger nach einer operativen Versorgung auftraten. Morisaki untersuchte hierbei ein Patientenkollektiv aus den Jahren 2006 bis 2017 (Morisaki *et al.*, 2021).

Bei unserer retrospektiven Auswertung ist zu berücksichtigen, dass die höhere Komplikationsanzahl in der EVAR-Gruppe vor allem durch die hohe Inzidenz der Endoleaks bedingt war (gesamte EVAR-Gruppe: 59,1%). Der größte Anteil entfiel dabei auf Patienten, die aufgrund eines rupturierten Aneurysmas behandelt worden waren (rupturiert: 8/9 Patienten (88,8%); nicht-rupturiert: 60/106 Patienten (56,8%); $p=0,800$). Am häufigsten kam es zu Endoleaks vom Typ 2 aus einer Lumbalarterie (40,5%), gefolgt von Endoleaks vom Typ 2 aus der Arteria mesenterica inferior (26,5%) und Endoleaks vom Typ 1 (25,3%).

Bezüglich der Endoleaks muss allerdings betont werden, dass diese zwar den größten Anteil der Komplikationen ausmachten, jedoch während des Primäraufenthalts meist größenstabil und komplikationsarm verblieben (über 87 % Grad I der Clavien-Dindo-Klassifikation). Von insgesamt 79 Endoleaks mussten während der Primärhospitalisation nur 10 reinterveniert werden (12,7%; vor allem Grad IIIA der Clavien-Dindo-Klassifikation). Zudem führte keines der Endoleaks in diesem Zeitraum zu einem Todesfall.

Am zweithäufigsten traten in der endovaskulären Gruppe gefäßassoziierte Komplikationen wie ein Aneurysma spurium (gesamte EVAR-Gruppe: 16/115 Patienten (13,9%), vor allem Grad IIIB der Clavien-Dindo-Klassifikation) oder eine Gefäßdissektion (gesamte EVAR-Gruppe: 11/115 Patienten (11,6%), vor allem Grad IIIA der Clavien-Dindo-Klassifikation) auf. Für beide dieser Komplikationen zeigte sich ebenfalls ein gehäuftes Vorkommen bei Patienten mit einem rupturierten Aneurysma (Aneurysma spurium: rupturiert: 2/9 Patienten (22,2%); nicht rupturiert: 14/106 Patienten (13,2%); $p=0,610$) (Gefäßdissektion: rupturiert: 3/9 Patienten (33,3%); nicht-rupturiert: 8/106 Patienten (7,5%); $*p=0,040$). Für die Gefäßdissektion erwies sich der Unterschied als statistisch signifikant. Das gehäufte Auftreten der Komplikationen in der Gruppe mit einem rupturierten Aneurysma kann als Hinweis gesehen werden, dass gerade bei der notfallmäßigen Versorgung eines rupturierten Aneurysmas das Überleben des Patienten im Vordergrund steht. So können mögliche Undichtigkeiten oder zugangsassoziierte Komplikationen, wie auch hier ersichtlich, zeitnah sekundär versorgt werden.

In der operativen Gruppe dieses Studienkollektivs konnte hingegen ein geringerer Anteil an prozedurassoziierten Komplikationen erfasst werden. Allerdings handelte es sich hierbei am häufigsten um abdominelle Kompartmentsyndrome und Darmischämien, die mit einer höheren Mortalitätsrate verbunden waren (Grad IIIB bis Grad V der Clavien-Dindo-Klassifikation). Im direkten Vergleich der zwei Behandlungsgruppen kamen Darmischämien signifikant häufiger in der operativen Gruppe vor (EVAR: 3/115 Patienten (2,6); OP: 11/70 Patienten (15,7%); $**p=0,003$). Auch in anderen Studien, wie beispielsweise der von Behrendt et al. aus dem Jahr 2018, die 9145 Patienten verglich, konnten Darmischämien häufiger in der operativen Gruppe erfasst werden (Behrendt et al., 2018).

Vergleicht man die operativen Subgruppen, so kamen abdominelle Kompartmentsyn-drome und Darmischämien signifikant häufiger in der Subgruppe mit einem rupturierten Aneurysma vor (abdominelles Kompartmentsyndrom: rupturiert: 4/19 Patienten (21,1%); nicht-rupturiert: 2/51 Patienten (3,9%); * $p=0,042$) (Darmischämie: rupturiert: 10/19 Patienten (52,6%); nicht-rupturiert: 1/51 Patienten (2%); *** $p<0,001$). Bezüglich des abdominalen Kompartmentsyndroms kann dies unter anderem durch ein retrope-ritoneales Hämatom nach Ruptur begründet werden (Ockert *et al.*, 2007). Das häufi-gere Auftreten einer Darmischämie bei rupturierten Aneurysmen kann ebenfalls auf die-
sem Fakt beruhen und zudem auf die bei Ruptur entstehende perioperative Hypoten-sion zurückgeführt werden (Gawenda *et al.*, 2012).

Niereninfarkte traten ausschließlich in der endovaskulären Gruppe auf (Grad I der Cla-vien-Dindo-Klassifikation). Der Unterschied war nicht signifikant ($p=0,085$). Eine kurz-zeitige Dialyse für höchstens 2 Wochen konnte in der operativen Gruppe minimal häu-figer beobachtet werden (EVAR: 4/115 Patienten (3,5%); OP: 3/70 Patienten (4,3%); $p=0,780$) (Grad IVA der Clavien-Dindo-Klassifikation). Eine langfristige Dialysepflich-tigkeit trat während der Primärhospitalisation weder in der operativen noch in der en-dovaskulären Gruppe auf. Es muss jedoch erwähnt werden, dass in der endovaskulä-ren Gruppe 2 Patienten nur kurzzeitig dialysiert wurden, da sie innerhalb der oben an-gegebenen Zeit verstarben. Somit kann nicht sicher ausgeschlossen werden, ob diese Patienten nicht auch dauerhaft oder über einen längeren Zeitraum dialysepflichtig ge-wesen wären. In beiden Gruppen war wiederum auffällig, dass die Patienten mit einem rupturierten Aneurysma häufiger von einer Dialysepflichtigkeit betroffen waren (EVAR: rupturiert: 1/9 Patienten (11,1%); nicht-rupturiert: 3/106 Patienten (2,8%); $p=0,281$) (OP: rupturiert: 2/19 Patienten (10,5%); nicht-rupturiert: 1/51 Patienten (2%); p -Wert=0,177). Diese Gegebenheit kann physiologisch durch den erhöhten Blutverlust bei einer Ruptur erklärt werden.

Zusammenfassend zeigt der direkte Vergleich der prozedurassoziierten Komplika-tionen während der Primärhospitalisation, dass in der EVAR-Gruppe zwar insgesamt mehr Komplikationen, in der operativen Gruppe jedoch gravierendere Komplikationen auftraten. So kam es in der operativen Gruppe häufiger zu Komplikationen \geq Grad IV der Clavien-Dindo-Klassifikation.

Komplikationen nach der Entlassung

Die Anzahl der prozedurassoziierten Komplikationen nach der Entlassung war in der EVAR-Gruppe um 7,7 Prozent höher als in der operativen Gruppe ($p=0,218$). Dieses Resultat stimmt auch mit den Ergebnissen anderer Studien überein, wie zum Beispiel der großen Multicenter-Studie EVAR-1. In dieser Studie zeigte sich über einen postinterventionellen/postoperativen Zeitraum von 4 Jahren eine um 32 Prozent höhere Komplikationsrate in der EVAR-Gruppe (Greenhalgh *et al.*, 2005).

Der auffälligste Unterschied bei den Komplikationen nach der Entlassung trat im direkten Vergleich der Patienten mit einem rupturierten Aneurysma auf. In der operativen Gruppe wurden diesbezüglich keine weiteren Komplikationen beobachtet, während in der endovaskulären Gruppe 22,2 Prozent der Patienten mit einem rupturierten Aneurysma Komplikationen entwickelten. Der Unterschied war nicht signifikant ($p=0,095$). Es ist jedoch wichtig zu betonen, dass etwa die Hälfte der operativ behandelten Patienten mit einem rupturierten Aneurysma bereits während des Primäraufenthalts verstorben war (10/19 Patienten; 52,6%). Folglich konnten diese Patienten nach der Entlassung keine Komplikationen mehr erleiden, was den direkten Vergleich erschwerte.

Betrachtet man die gesamte endovaskuläre Gruppe dieser Studie, wird deutlich, dass hier im Vergleich zur OP-Gruppe nicht nur mehr Komplikationen auftraten, sondern auch eine deutlich größere Vielfalt an Komplikationen verzeichnet werden konnte (insgesamt 14 verschiedene Komplikationen). Die häufigste endovaskuläre Komplikation nach der Entlassung war erneut das Auftreten eines Endoleaks (diesmal allerdings v.a. Grad IIIA der Clavien-Dindo-Klassifikation). Im Vergleich zum Primäraufenthalt wurden allerdings weniger Endoleaks detektiert (Primäraufenthalt: absolute Anzahl 79; poststationär: absolute Anzahl 8). Die häufigsten Endoleaks nach der Entlassung waren Endoleaks vom Typ 2 aus einer Lumbalarterie (37,5%). In der Zusammenschau aller endovaskulärer Komplikationen wird ersichtlich, dass das Auftreten eines Endoleaks – wie auch in anderen Studien berichtet – die häufigste Komplikation nach einer endovaskulären Therapie darstellt (Gozzo *et al.*, 2022). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass die Spätkomplikationen der EVAR-Gruppe ein deutlich schwerwiegenderes Ausmaß hatten als die Spätkomplikationen der operativen Gruppe. So kam es in der endovaskulären Gruppe nach der Entlassung zweimal zu einer offenen Ruptur und zweimal zu einer gedeckten Ruptur, wovon jeweils eine durch eine Stentgraftinfektion bedingt war. Auf operativer Seite wurde dahingegen keine sekundäre Ruptur erfasst ($p=0,299$).

Auch Li et al. kam in seiner Metaanalyse aus dem Jahr 2019 zu dem Ergebnis, dass endovaskulär therapierte Patienten deutlich häufiger von sekundären Rupturen betroffen waren (Li *et al.*, 2019). Des Weiteren trat in unserem endovaskulären Studienkollektiv sowohl eine Stentgraftdislokation als auch eine aortoenterische Fistel auf. In ihrer Gesamtheit bedingten all diese Komplikation viermal eine Stentgraftentfernung mit einem chirurgischen Aortenersatz und einmal eine Stentgraftentfernung mit anschließender Anlage eines axillofemorale Bypasses. Beide Eingriffe stellen jeweils eine aufwendige Maßnahme mit einem hohem Mortalitätsrisiko dar. Im Rahmen der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo wurden hier Grade bis IVA beziehungsweise sogar IVB erreicht. Zu neuen Sterbefällen kam es im Rahmen der Sekundärhospitalisation nicht. Für den weiteren Verlauf nach der Sekundärhospitalisation kann aufgrund fehlender Daten keine Aussage getroffen werden.

In der operativen Gruppe kam es nach der Entlassung größtenteils zu komplikationslosen Narbenhernien (Grad IIIB der Clavien-Dindo-Klassifikation). Zudem wurde ein Verwachsungsbauch (Grad IIIB der Clavien-Dindo-Klassifikation) und ein Anastomosenaneurysma (Grad I der Clavien-Dindo-Klassifikation) detektiert. Dieses Resultat stimmt mit der aktuellen S3-Leitlinie überein, in der Narbenhernien als „häufigste Komplikation im Langzeitverlauf“ beschrieben werden (Debus *et al.*, 2018). In unserer Studie traten Narbenhernien am häufigsten bei Patienten mit einem nicht-rupturierten Aneurysma auf (rupturiert: 0/19 Patienten (0%); nicht-rupturiert: 6/51 Patienten (11,8%)). Der Unterschied diesbezüglich wies keine Signifikanz auf ($p=0,180$).

Zusammenfassend lässt sich für den poststationären Gruppenvergleich feststellen, dass der während der Primärhospitalisation erfasste endovaskuläre Vorteil durch risikoarme Komplikationen im weiteren Verlauf durch das Auftreten schwerwiegenderer endovaskulärer Komplikationen aufgehoben wurde. Im Rahmen der Komplikationseinteilung nach Clavien-Dindo wurden dabei Grade bis IVB verzeichnet. Poststationäre operative Komplikationen beschränkten sich hingegen größtenteils auf komplikationslose Narbenhernien (Grad IIIB der Clavien-Dindo-Klassifikation).

Notwendige Reinterventionen/Reoperationen

Während der Primärhospitalisation mussten 33,9 Prozent (39/115 Patienten) der endovaskulär versorgten Patienten und 27,1 Prozent (19/90 Patienten) der operativ behandelten Patienten reinterveniert/reoperiert werden.

Auch nach der Entlassung konnte in der endovaskulären Gruppe eine höhere Rate an Re-Eingriffen festgestellt werden (19/115 Patienten; 16,5%). In der operativen Gruppe lag die Reoperationsrate im Rahmen einer Sekundärhospitalisation bei 10 Prozent (7/70 Patienten). Beide Unterschiede wiesen jedoch keine statistische Signifikanz auf (Primärhospitalisation: $p=0,336$; mit Sekundärhospitalisation: $p=0,216$).

In der Literatur sind diesbezüglich kontroverse Aussagen zu finden. Die meisten Studien, wie beispielhaft die Studie von Al-Jubouri et al. aus dem Jahr 2013 oder die große Multicenter-Studie DREAM, kamen zu dem Ergebnis, dass die endovaskuläre Variante mit deutlich mehr Re-Eingriffen verbunden war (Greenhalgh *et al.*, 2004; De Bruin *et al.*, 2010; Al-Jubouri *et al.*, 2013). Allerdings gibt es auch einige andere Studien, wie zum Beispiel die Studie von Deery et al. aus dem Jahr 2018, die zu der Erkenntnis gelangten, dass operativ versorgte Patienten sich häufiger einem Re-Eingriff unterziehen mussten (Deery *et al.*, 2018). Im Vergleich zu unserer Studie beruhte das Ergebnis von Deery auf der Tatsache, dass in der operativen Gruppe neben größeren Bauchoperationen auch eine große Anzahl an Revaskularisationen an den Extremitäten erforderlich war. In unserem Patientenkollektiv war diesbezüglich lediglich eine Bypass-Operation bei thrombembolischem Extremitätenverschluss nötig (Grad IIIB der Clavien-Dindo-Klassifikation), was einen Prozentsatz von 1,4 Prozent ausmachte. Thrombendarteriektomien konnten in der operativen Gruppe unserer Studie nicht erfasst werden.

Reinterventionen/Reoperationen während der Primärhospitalisation

Während der Primärhospitalisation handelte es sich bei den Re-Eingriffen auf endovaskulärer Seite überwiegend um komplikationsarme, gefäßassoziierte Reinterventionen (wie die Versorgung eines Aneurysma spuriums, die Behandlung einer Gefäßdissektion oder Thrombendarteriektomien bei thrombembolischem Extremitätenverschluss) sowie um Reinterventionen zur Versorgung von Endoleaks. Am häufigsten war die Versorgung eines Aneurysma spuriums erforderlich (insgesamt 13/115 Patienten (11,3%); rupturiert: 1/9 Patienten (11,1%); nicht-rupturiert 12/106 Patienten (11,3%); $p=1,000$). Am zweithäufigsten mussten Endoleaks und Gefäßdissektionen versorgt werden (jeweils 10/115 Patienten; 8,7%). Diesbezüglich mussten Patienten mit einem rupturierten Aneurysma signifikant häufiger reinterveniert werden (jeweils: rupturiert: 3/9 Patienten (33,3%); nicht-rupturiert: 7/106 Patienten (6,6%); $*p=0,031$). Bei den Endoleaks handelte es sich hauptsächlich um Endoleaks vom Typ 1 und Endoleaks vom Typ 2 aus einer Lumbalarterie (jeweils 40%), die durch Ballondilatationen beziehungsweise Gefäßembolisationen behoben wurden.

In der operativen Gruppe standen hingegen umfangreiche und komplexe Bauchoperationen im Vordergrund, die durch Darmischämien (11/70 Patienten; 15,7%) und abdominale Kompartmentsyndrome (5/70 Patienten; 7,1%) verursacht wurden. Im Subgruppenvergleich waren diese Reoperationen häufiger bei Patienten mit einem rupturierten Aneurysma notwendig (Laparotomie bei abdominellem Kompartmentsyndrom: rupturiert: 3/19 Patienten (15,8%); nicht-rupturiert: 2/51 Patienten (3,9%); $p=0,119$) (Darmresektion: rupturiert: 10/19 Patienten (52,6%); nicht-rupturiert: 1/51 Patienten (2%); $***p<0,001$). Darmresektionen mussten zwar auch vereinzelt in der EVAR-Gruppe durchgeführt werden, waren jedoch im direkten Gruppenvergleich signifikant häufiger in der OP-Gruppe erforderlich (EVAR: 3/115 Patienten (2,6%); OP: 11/70 Patienten (15,7%); $**p=0,003$). Auch andere Studien, wie beispielsweise die von Hynes CF et al. aus dem Jahr 2017, welche 6677 Patienten einbezog, eruierten eine häufigere Notwendigkeit von Darmresektionen in der operativen Gruppe (Hynes CF et al., 2017). Dennoch sollte an dieser Stelle nicht unerwähnt bleiben, dass auch eine Ruptur ein erhöhtes Risiko für eine Darmischämie mit der Notwendigkeit einer Darmresektion darstellt und die operative Gruppe diesbezüglich in der Überzahl war (Ockert et al., 2007; Gawenda et al., 2012; Omran et al., 2023).

Reinterventionen/Reoperationen mit Sekundärhospitalisation

Nach der Entlassung kam es endovaskulär am häufigsten zu Reinterventionen aufgrund von Endoleaks (7/115 Patienten; 6,1%), welche in den Follow-up-Untersuchungen größenprogredient waren oder neu detektiert wurden. Dabei handelte es sich jeweils um eine Ballondilatation und das Einsetzen eines Verlängerungscuffs bei Endoleaks vom Typ 1 (jeweils 14,3%), um 3 Gefäßembolisationen bei Endoleaks vom Typ 2 aus einer Lumbalarterie (42,9%) und um 2 Gefäßembolisationen bei Endoleaks vom Typ 2 aus der Arteria mesenterica inferior (28,6%). In anderen Studien stellten Eingriffe wegen Endoleaks ebenfalls die häufigste Reinterventionsursache dar. So beispielhaft in der Studie von Soliman et al. aus dem Jahr 2021, welche EVAR-Patienten aus den Jahren 2015 und 2016 untersuchte (Soliman et al., 2021). Auffällig in unserer Studie war die Tatsache, dass in der rupturierten Gruppe nach der Entlassung keine Eingriffe aufgrund von Endoleaks mehr erforderlich waren, da diese meist während des Primäraufenthalts versorgt wurden. Der Subgruppenunterschied war in dieser Hinsicht jedoch nicht signifikant (rupturiert: 0/9 Patienten (0%); nicht-rupturiert: 7/106 Patienten (6,6%); $p=1,000$). Ferner zeigte sich in der EVAR-Gruppe nach der Entlassung nicht nur eine höhere Rate an Reinterventionen, sondern es konnten im Vergleich zur operativen Gruppe auch deutlich komplexere Reinterventionen erfasst werden.

Wie bereits oben schon kurz aufgegriffen, war hierbei viermal ein Stentgraftausbau mit einem chirurgischen Aortenersatz und einmal ein Stentgraftausbau mit anschließender Anlage eines extraanatomischen Bypasses (axillofemorale Bypasses) notwendig. In der operativen Gruppe kam es hingegen sechsmal zu einer Hernienversorgung und einmal zu einer Adhäsiolyse bei einem Verwachsungsbauch.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die endovaskuläre Gruppe sowohl während als auch nach dem Primäraufenthalt eine höhere Anzahl an Re-Eingriffen aufwies. Während der Primärhospitalisation waren in der operativen Gruppe deutlich schwerwiegendere Eingriffe erforderlich, insbesondere umfangreiche Bauchoperationen. Nach der Entlassung traten hingegen in der endovaskulären Gruppe deutlich komplexere und aufwendigere Reinterventionen auf.

Mortalitätsrate während der Primärhospitalisation

Die gesamte Mortalitätsrate während der Primärhospitalisation betrug 9,7 Prozent (18/185 Patienten). Von den endovaskulär therapierten Patienten verstarben insgesamt 4 von 115 (Mortalitätsrate von 3,5 Prozent). In der operativen Gruppe kamen 14 von 70 Patienten ums Leben (Mortalitätsrate von 20 Prozent). Im direkten Vergleich hatten Patienten der endovaskulären Gruppe damit eine signifikant niedrigere Mortalitätsrate (** $p=0,001$, Effektstärke Phi 0,3). Ähnliche Ergebnisse wurden auch in der Literatur berichtet. So konnte beispielsweise in einer Metaanalyse von Yokoyama et al. aus dem Jahr 2024 ebenfalls ein früher Überlebensvorteil nach der endovaskulären Therapie von Bauchaortenaneurysmen verzeichnet werden. Insgesamt wurden 11 Studien bis November 2019 in die Metaanalyse einbezogen (Yokoyama et al., 2020).

Vergleicht man die Sterblichkeitsrate der Patienten mit einem rupturierten Aneurysma, so verstarben auf endovaskulärer Seite 2 von 9 Patienten (22,2%) und auf operativer Seite 10 von 19 Patienten (52,6%) ($p=0,133$). Bei den Patienten mit einem nicht-rupturierten Aneurysma war der Unterschied zwischen den Gruppen deutlich geringer. Auf der endovaskulären Seite verstarben 2 von 106 Patienten (1,9%), während auf der operativen Seite 4 von 51 Patienten (7,8%) ums Leben kamen ($p=0,088$). Die höhere Gesamtsterblichkeitsrate in der gesamten operativen Gruppe lässt sich also hauptsächlich auf die höhere Sterblichkeitsrate der operativ therapierten Patienten mit einem rupturierten Aneurysma zurückführen. In diesem Zusammenhang ist also erneut zu berücksichtigen, dass sich die Verteilung rupturierter Aneurysmen zwischen den Behandlungsgruppen deutlich unterschied.

So betrug der Anteil der Patienten mit einem rupturierten Aneurysma, und damit nachgewiesenem erhöhten Mortalitätsrisiko (Song *et al.*, 2023), 27,1 Prozent in der operativen Gruppe und 7,8 Prozent in der endovaskulären Gruppe (** $p < 0,001$). Darüber hinaus waren die Patienten mit einem rupturierten Aneurysma in der operativen Gruppe im Durchschnitt 9 Jahre älter als diejenigen der endovaskulären Gruppe. Das bedeutet, dass neben der ungleichen Verteilung rupturierter Aneurysmen zudem ältere Patienten der invasiveren und damit herzkreislaufbelastenderen Methode zugewiesen wurden.

Die häufigste Mortalitätsursache war in beiden Gruppen ein Multiorganversagen infolge einer intestinalen Ischämie. Auf endovaskulärer Seite betrug die Häufigkeit 50 Prozent (2/4 Patienten). In der operativen Gruppe wurden 35,7 Prozent der Todesfälle (5/14 Patienten) durch eine intestinale Ischämie verursacht ($p = 1,000$). Neben weiteren vereinzelten Ursachen starben 2 weitere Patienten der operativen Gruppe an einem Multiorganversagen, das initial durch ein abdominelles Kompartmentsyndrom eingeleitet wurde (14,3%). Ein 78-jähriger Patient und ein 76-jähriger Patient aus der operativen Gruppe verstarben noch intraoperativ an HerzKreislaufversagen aufgrund eines hämorrhagischen Schocks bei Aneurysmaruptur (14,3%). Ein intraoperativer Todesfall auf endovaskulärer Seite trat nicht auf.

Betrachtet man das durchschnittliche Alter der Verstorbenen, so war dieses in der operativen Gruppe um 13,3 Jahre höher als in der endovaskulären Gruppe. Diese Tatsache lässt vermuten, dass gerade ältere Patienten aufgrund der geringeren Invasivität von der endovaskulären Therapie profitieren. Zu diesem Ergebnis kam auch eine Studie von Scallan *et al.* aus dem Jahr 2020, welche die beiden Behandlungsoptionen für insgesamt 314 Patienten im Alter von 80 Jahren verglich (Scallan *et al.*, 2020).

Zusammenfassend zeigte sich für die endovaskuläre Gruppe eine signifikant niedrigere Mortalitätsrate während der Primärhospitalisation. Die operative Gruppe wies jedoch aufgrund des deutlich höheren Anteils an Patienten mit rupturierter Aneurysma schlechtere Ausgangsbedingungen auf.

Die Erfassung und der Vergleich der Mortalitätsrate nach der Entlassung waren aufgrund einer fehlenden Auswertung von Nachbeobachtungsterminen nicht möglich.

4.2 Limitationen

Wie bei jeder retrospektiven Datenerfassung ergeben sich Einschränkungen hinsichtlich der Genauigkeit und Vollständigkeit der Dokumentation in den Patientenakten. Zu unserem Vorteil erfolgte die Dokumentation der Patientendaten an der Universitätsklinik in Homburg auch in Form von digitalen Krankenakten im SAP-Programm. Dennoch ist diese retrospektive Studie deutlich fehleranfälliger als eine prospektive Studie.

Hinzu kommt, dass die Gruppeneinteilung im Gegensatz zu den großen Multicenter-Studien wie DREAM oder EVAR-1 nicht randomisiert war.

Unsere Studie war zudem auch keine Nachbeobachtungsstudie. Das heißt, es erfolgte keine Auswertung von Nachbeobachtungen. Poststationäre Komplikationen und Re-Eingriffe wurden nur bei den Patienten erfasst, die erneut an der Universitätsklinik in Homburg vorstellig wurden.

Bei einem Patientenkollektiv von 185 Patienten und dem geringen Auftreten ohnehin schon seltener Komplikationen muss auch auf die Limitationen der analytischen Verfahren hingewiesen werden. Eine Übertragung auf ein größeres Kollektiv war daher nicht immer möglich. Ferner konnte aufgrund fehlender radiologischer Daten zu wichtigen Parametern wie „Blutverlust“ und „Dauer der Prozedur“ kein Gruppenvergleich durchgeführt werden. Diese Daten standen somit auch für die gesamte Interpretation nicht zur Verfügung.

4.3 Vergleich mit den großen Multicenter-Studien DREAM und EVAR-1

Die beiden multizentrischen Studien DREAM und EVAR-1 verglichen ebenfalls das Outcome von Patienten, deren abdominelles Aortenaneurysma entweder endovaskulär oder operativ behandelt wurde. Die niederländische DREAM-Studie erfasste dabei 351 Patienten, die im Zeitraum von November 2000 bis Dezember 2003 mit einem der beiden Verfahren therapiert wurden. Die aus dem Vereinigten Königreich stammende Studie EVAR-1 betrachtete 1252 Patienten, die sich zwischen September 1999 und September 2004 einer der beiden Behandlungsformen unterzogen hatten. Bei beiden Studien handelte es sich im Gegensatz zu unserer Studie um randomisierte prospektive Studien (Greenhalgh *et al.*, 2004; Prinssen *et al.*, 2004; Debus *et al.*, 2018).

Vergleicht man die Studienvoraussetzungen unserer Studie mit denen der randomisierten Multicenter-Studien, so lassen sich folgende Unterschiede feststellen: Aufgrund des Studienkonzepts der Multicenter-Studien (randomisiert, prospektiv) wurden hier im Gegensatz zu unserer Studie nur elektive (nicht-notfallmäßige) Patienten einbezogen. Des Weiteren ermöglichte die durchgeführte Randomisierung im Vergleich zu unserer Studie eine gleichmäßigere Verteilung der Patientenzahlen in den beiden Therapiegruppen. In der EVAR-1-Studie unterschieden sich die Patientenzahlen der beiden Gruppen nicht. In der DREAM-Studie gehörten der operativen Gruppe lediglich 5 Personen mehr an (Greenhalgh *et al.*, 2004; Prinssen *et al.*, 2004; Greiner *et al.*, 2013).

Für die Behandlungsgruppen der randomisierten Multicenter-Studien wurde ein durchschnittlicher Aneurysmadurchmesser zwischen 6,0 und 6,5 cm ermittelt. In der EVAR-1-Studie war der Aneurysmadurchmesser in der operativen Gruppe durchschnittlich um 0,1 cm größer (OP: 6,5cm, EVAR: 6,4cm). In der DREAM-Studie wies hingegen die endovaskuläre Gruppe einen durchschnittlich um 0,1 cm größeren Durchmesser auf (OP: 6,0cm; EVAR: 6,1cm). Unser Durchmesser betrug durchschnittlich 5,7 cm in der endovaskulären Gruppe und 6,7 cm in der operativen Gruppe. Das Durchschnittsalter lag in der DREAM-Studie bei 70 Jahren und in der EVAR-1-Studie bei 74 Jahren. Damit waren die Patienten der randomisierten Studien im Durchschnitt lediglich 1,8 Jahre jünger, beziehungsweise 2,2 Jahre älter als die Patienten in unserer Studie (Mittelwert 71,8 Jahre \pm 8,8). In der EVAR-1 Studie betrug der Altersunterschied zwischen den beiden Behandlungsgruppen 0,1 Jahre. In der DREAM-Studie belief sich der Altersunterschied zwischen den Behandlungsgruppen auf 1,1 Jahre, was ungefähr dem Altersunterschied zwischen unseren Behandlungsgruppen (1,4 Jahre) entsprach. Sowohl in den Multicenter-Studien als auch in unserer Studie waren die EVAR-Patienten im Durchschnitt älter. In Bezug auf die Geschlechterverteilung waren in den beiden Multicenter-Studien rund 90 Prozent der Patienten männlich. Auch in unserer Studie waren 88,6 Prozent der Patienten Männer. Die Randomisierung in den Multicenter-Studien ermöglichte es, zu Studienbeginn eine große Ähnlichkeit der Gruppen hinsichtlich der Begleiterkrankungen zu erzielen. In unserer retrospektiven Studie zeigten sich ebenfalls keine bedeutenden Unterschiede bezüglich der Komorbiditäten zwischen den Gruppen (Greenhalgh *et al.*, 2004; Prinssen *et al.*, 2004; Greiner *et al.*, 2013; Propper *et al.*, 2013).

Festzuhalten ist, dass trotz der gerade aufgeführten Unterschiede alle drei Studien in ihrer Grundgesamtheit zu ähnlichen Ergebnissen kamen, aus denen dieselben grundlegenden Schlussfolgerungen gezogen werden können.

Ähnlich wie in unserer retrospektiven Studie, in der eine um 16,2 Prozent geringere primäre Krankenhaussterblichkeit in der EVAR-Gruppe nachgewiesen wurde, konnte auch in den beiden Multicenter-Studien ein Überlebensvorteil zugunsten der endovaskulären Behandlung festgestellt werden. Bezüglich der 30-Tage-Sterblichkeit zeigte die EVAR-1-Studie eine um 3,0 Prozent geringere Rate in der endovaskulären Gruppe. In der DREAM-Studie wurde eine um 3,4 Prozent geringere 30-Tage-Sterblichkeitsrate im endovaskulären Patientenkollektiv erfasst (Prinssen *et al.* 2004; Greenhalgh *et al.*, 2004; Greiner *et al.*, 2013). Der höhere prozentuale Gruppenunterschied in unserer Analyse ist darauf zurückzuführen, dass in dieser auch notfallmäßige Patienten mit einem rupturierten Aortenaneurysma (mit entsprechendem höheren Mortalitätsrisiko) betrachtet wurden. Diese Patienten waren vermehrt in der operativen Gruppe vertreten. Im Gegensatz zu den großen Multicenter-Studien wurde somit also ein wesentlicher Unterschied zwischen den Behandlungsgruppen verursacht. Auf die Sterblichkeit im Langzeitverlauf konnte in unserer Studie aufgrund fehlender Datenlage nicht weiter eingegangen werden. Deshalb kann in dieser Hinsicht auch kein Vergleich mit den Multicenter-Studien angestellt werden, die zu dem Ergebnis kamen, dass der frühe Überlebensvorteil der EVAR im Langzeitverlauf nicht mehr aufrechterhalten werden konnte (Greenhalgh *et al.*, 2004; Prinssen *et al.*, 2004; Powell JT *et al.*, 2017).

Für die Komplikationsrate konnte in unserer Analyse gezeigt werden, dass diese sowohl während der Primärhospitalisation als auch nach der Entlassung in der endovaskulären Gruppe höher war. Ein initialer Vorteil der endovaskulären Behandlung durch komplikationsarme Endoleaks (Primärhospitalisation: v.a. Grad I der Clavien-Dindo-Klassifikation; nach der Entlassung: v.a. Grad IIIA der Clavien-Dindo-Klassifikation) wurde im Langzeitverlauf durch das Auftreten schwerwiegender Komplikationen wie sekundären Rupturen (Grad IIIB bis IVB der Clavien-Dindo-Klassifikation) aufgehoben. In Bezug auf diesen Aspekt erzielten die randomisierten Studien ähnliche Ergebnisse. So detektierte die EVAR-1-Studie in der endovaskulären Gruppe ein um 32 Prozent höheres Komplikationsaufkommen innerhalb der ersten 4 Jahre (Greenhalgh *et al.*, 2005). In der DREAM-Studie wurde in der endovaskulären Gruppe innerhalb der ersten 30 Tage eine um 7,8 Prozent höhere Rate an mittelschweren bis schweren „local-vascular and implant-related complications“ erfasst. Für mittelschwere bis schwere systemische (allgemeine) Komplikationen detektierte sie dahingegen ein häufigeres operatives Auftreten, was sich ebenfalls mit unserer Studie deckte (Prinssen *et al.*, 2004). Die häufigste Komplikation in den Multicenter-Studien waren Endoleaks. Zudem konnte auch in diesen Studien gezeigt werden, dass sekundäre Rupturen im Langzeitverlauf vor allem bei endovaskulär therapierten Patienten vorkamen (Powell JT *et al.*, 2017).

Bezüglich der Re-Eingriffe stellte die DREAM-Studie in ihrem 6-Jahres-Follow-up eine um 11,5 Prozent höhere Interventionsfreiheit in der operativen Gruppe fest (De Bruin *et al.*, 2010; Propper *et al.*, 2013). Ebenso konnte die EVAR-1-Studie über einen Zeitraum von mehr als 8 Jahren eine niedrigere Rate an Re-Eingriffen bei operativ behandelten Patienten eruieren (Patel *et al.*, 2018). Auch in unserer Auswertung waren sowohl während des Primäraufenthalts als auch nach der Entlassung häufiger endovaskuläre Re-Eingriffe nötig. In den randomisierten Studien musste am häufigsten ein Endoleak vom Typ 1 behoben werden (Powell JT *et al.*, 2017). In unserer Studie war der häufigste endovaskuläre Reinterventionsgrund ein Endoleak vom Typ 2 aus einer Lumbararterie.

Trotz der ähnlichen Endergebnisse soll abschließend auf die Limitationen eingegangen werden, die den direkten Studienvergleich erschwert haben. Eine wesentliche Limitation ergibt sich aus der bereits erwähnten Tatsache, dass unser Studienkollektiv im Gegensatz zu dem der randomisierten Studien auch Patienten mit einem rupturierten Aneurysma umfasste, die zudem innerhalb der Gruppen ungleichmäßig verteilt waren. Ein weiteres Problem für den direkten Vergleich ergibt sich aus dem Zeitraum der Patientenerfassung. So wurde das Patientenkollektiv in den beiden Multicenter-Studien im Durchschnitt 10 bis 15 Jahre vor unserem Kollektiv behandelt. Diesbezüglich muss betont werden, dass seitdem viele neue Devices auf den Markt gekommen sind und die Einsatzgebiete der endovaskulären Therapie erweitert wurden. Eine zusätzliche Limitation stellt die längere Nachbeobachtungszeit in den randomisierten Studien dar, die in festen Intervallen durchgeführt wurde. In unserer Studie fand hingegen keine systematische Auswertung von Nachbeobachtungen statt. Erfasst wurden nur Patienten, die aufgrund einer postprozeduralen Komplikation erneut an der Universitätsklinik des Saarlandes vorstellig wurden.

4.4 Zusammenfassende Beurteilung und Ausblick

Zusammenfassend konnte in Übereinstimmung mit den großen Studien gezeigt werden, dass die EVAR-Gruppe während der Primärhospitalisation eine signifikant niedrigere Mortalitätsrate aufwies. Diesbezüglich ist allerdings die ungleiche Verteilung der Patienten mit einem rupturierten Bauchortenaneurysma zu betonen, welche in unserem Datensatz vorhanden war. Patienten mit einem rupturierten Aneurysma und damit einhergehendem erhöhtem Mortalitätsrisiko gehörten dabei häufiger der operativen Gruppe an.

Hinsichtlich der prozedurassoziierten Komplikationen während der Primärhospitalisation zeigte die EVAR-Gruppe eine höhere, jedoch risikoärmere Komplikationsrate im Vergleich zur operativen Gruppe. Führend waren dabei komplikationsarme Endoleaks (v.a. Grad I der Clavien-Dindo-Klassifikation). In der operativen Gruppe kam es während der Primärhospitalisation häufig zu komplexeren Eingriffen aufgrund von Darmischämien und abdominellen Kompartmentsyndromen (Grad IIIB bis V der Clavien-Dindo-Klassifikation).

Im Langzeitverlauf wurde der anfängliche endovaskuläre Vorteil durch schwerwiegende Komplikationen wie sekundäre Rupturen oder Stentgraftinfektionen (Grad IIIB bis IVB der Clavien-Dindo-Klassifikation) aufgehoben. In der operativen Gruppe traten im Langzeitverlauf überwiegend komplikationsarme Narbenhernien (Grad IIIB der Clavien-Dindo-Klassifikation) auf. Re-Eingriffe waren häufiger in der endovaskulären Gruppe notwendig.

In Anbetracht dieser Ergebnisse lässt sich als Ausblick für die Zukunft Folgendes sagen: Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die endovaskuläre Versorgung eine wichtige Säule neben der operativen Therapie von Aortenaneurysmen an der Universitätsklinik in Homburg einnimmt/eingenommen hat. Dennoch bleibt die operative Versorgung, insbesondere bei komplexeren Aneurysmaformen, unverzichtbar. Angesichts der höheren Komplikations- und Reinterventionsrate in der endovaskulären Gruppe wird der Bedeutung von Follow-up-Untersuchungen weiterhin eine zentrale Rolle zukommen.

Hinsichtlich der bereits oben erwähnten Tatsache, dass in unserer Studie Patienten mit einem rupturierten Aneurysma ungleichmäßig auf die Gruppen verteilt waren, wäre eine ergänzende prospektive und randomisierte Studie am Gefäßzentrum wünschenswert. Dadurch könnte unter anderem eine bessere Gruppenhomogenität erreicht werden, was den Vergleich erleichtern und fundiertere Aussagen über das Outcome der beiden Behandlungsgruppen ermöglichen würde. Zudem könnte die Mortalität im Langzeitverlauf untersucht werden und es bestünde die Möglichkeit, potenzielle Kausalzusammenhänge, etwa im Hinblick auf die Vordiagnosen, zu analysieren.

5. Verzeichnisse

5.1 Literaturverzeichnis

1. Aggarwal S, Qamar A, Sharma V, Sharma A (2011) Abdominal aortic aneurysm: A comprehensive review. *Experimental & Clinical Cardiology* 16: 11–15
2. Ali J, Mohamed R, Norcross ED, Brothers TE (1998) Iliac and femoral artery occlusion by thromboemboli from an abdominal aortic aneurysm in the setting of blunt abdominal trauma. *Journal of Vascular Surgery* 27: 545–548
3. Al-Jubouri M, Comerota AJ, Thakur S, Aziz F, Wanjiku S, Paolini D, Pigott JP, Lurie F (2013) Reintervention after EVAR and Open Surgical Repair of AAA: A 15-Year Experience. *Annals of Surgery* 258: 652
4. Allenberg JR, Kallinowski F, Schumacher H (1997) Stand der Chirurgie des infrarenalen Aortenaneurysmas: Prävalenz und Versorgungssituation. *Deutsches Ärzteblatt* 94: A2830–A2843
5. Amin S, Schnabel J, Eldergash O, Chavan A (2018) Endovaskuläre Aneurysmaversorgung (EVAR). *Der Radiologe* 58: 841–849
6. Anagnostakos J, Lal BK (2021) Abdominal aortic aneurysms. *Progress in Cardiovascular Diseases* 65: 34–43
7. Assar AN, Zarins CK (2009) Ruptured abdominal aortic aneurysm: A surgical emergency with many clinical presentations. *Postgraduate Medical Journal* 85: 268–273
8. Austermann M, Donas KP, Bosiers MJ, Torsello G (2015) Juxtarenale Aortenaneurysmen. *Gefäßchirurgie* 20: 157–172
9. Baumann F, Diehm N (2012) Das Bauchaortenaneurysma. *DMW - Deutsche Medizinische Wochenschrift* 137: 1150–1152
10. Baumann F, Makaloski V, Diehm N (2013) Aortenaneurysma und -dissektion. *Der Internist* 54: 535–54

11. Behrendt C, Heidemann F, Debus ES (2014) Das abdominelle Aortenaneurysma. *CardioVasc* 6: 40–45
12. Behrendt CA, Rieß HC, Schwaneberg T, Larena-Avellaneda A, Kölbel T, Tsilimparis N, Spanos K, Debus ES, Sedrakyan A (2018) Incidence, Predictors, and Outcomes of Colonic Ischaemia in Abdominal Aortic Aneurysm Repair. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 56: 507–513
13. Boese AC, Chang L, Yin KJ, Chen YE, Lee JP, Hamblin MH (2018) Sex differences in abdominal aortic aneurysms. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology* 314: H1137–H1152
14. Bötticher G, Zapf P, Bernard P, Rompf M, Bergert H (2016) Wie sicher ist die endovaskuläre Versorgung von abdominellen Aortenaneurysmen – Allenberg Typ IIc und III? *Zentralblatt für Chirurgie - Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 141: A46
15. Cervantes J (2003) Reflections on the 50th Anniversary of the First Abdominal Aortic Aneurysm Resection. *World Journal of Surgery* 27: 246–248
16. Chervu A, Clagett GP, Valentine RJ, Myers SI, Rossi PJ (1995) Role of physical examination in detection of abdominal aortic aneurysms. *Surgery* 117: 454–457
17. Chiesa R, Tshomba Y, Mascia D, Rinaldi E, Logaldo D, Civilini E (2013) Open repair for juxtarenal aortic aneurysms. *The Journal of Cardiovascular Surgery* 54: 35–45
18. Creech, O (1966) Endo-aneurysmorrhaphy and treatment of aortic aneurysm. *Annals of Surgery* 164: 935–946
19. Curci JA, Petrinc D, Liao S, Golub LM, Thompson RW (1998) Pharmacologic suppression of experimental abdominal aortic aneurysms: A comparison of doxycycline and four chemically modified tetracyclines. *Journal of Vascular Surgery* 28: 1082–1093

20. De Bruin JL, Baas AF, Buth J, Prinssen M, Verhoeven ELG, Cuypers PWM, van Sambeek, MRHM, Balm R, Grobbee DE, Blankensteijn JD (2010) Long-Term Outcome of Open or Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysm. *New England Journal of Medicine* 362: 1881–1889
21. De Bruin JL, Baas AF, Heymans MW, Buimer MG, Prinssen M, Grobbee DE, Blankensteijn JD (2014) Statin therapy is associated with improved survival after endovascular and open aneurysm repair. *Journal of Vascular Surgery* 59: 39–44
22. Debus ES, Gross-Fengels W, Mahlmann A, Muhl E, Pfister K, Roth S, Stroszczyński C, Weiss N, Wilhelmi M, Grundmann RT (2018) S3-Leitlinie zum Screening, Diagnostik Therapie und Nachsorge des Bauchortenaneurysmas. *Gefäßchirurgie* 23: 402–403
23. Debus ES, Behrendt CA, Gross-Fengels W, Kölbel T (2020) Aneurysmen der infrarenalen Aorta: Endovaskuläre Therapie. *Operative und interventionelle Gefäßmedizin*: 93–138. Springer, Berlin, Heidelberg
24. Debus ES, Grundmann RT (2022) Abdominelles Aortenaneurysma. *Evidenzbasierte Gefäßchirurgie*: 75–84. Springer, Berlin, Heidelberg
25. Deery SE, O'Donnell TFX, Bodewes TCF, Dalebout BA, Pothof AB, Shean, KE, Darling JD, Schermerhorn ML (2018) Early reintervention after open and endovascular abdominal aortic aneurysm repair is associated with high mortality. *Journal of Vascular Surgery* 67: 433–440
26. DeRubertis BG, Trocciola SM, Ryer EJ, Pieracci FM, McKinsey JF, Faries PL, Kent KC (2007) Abdominal aortic aneurysm in women: Prevalence, risk factors, and implications for screening. *Journal of Vascular Surgery* 46: 630–635
27. Diener H, Assadian O, Zegelman M, Steinbauer M, Debus ES, Larena-Avelaneda A (2020) Gefäßprotheseninfektionen. *Operative und interventionelle Gefäßmedizin*: 1129–1152. Springer, Berlin, Heidelberg

28. D’Oria M, Scali S, Mao J, Szeberin Z, Thomson I, Beiles B, Stone D, Sedrakyan A, Eldrup N, Venermo M, Cassar K, Altreuther M, Boyle JR, Behrendt CA, Beck AW, Mani K (2021) Association Between Hospital Volume and Failure to Rescue After Open or Endovascular Repair of Intact Abdominal Aortic Aneurysms in the VASCUNET and International Consortium of Vascular Registries. *Annals of Surgery* 274: 452–459
29. Dorweiler B, Mylonas S, Salem O (2021) Debatte infrarenales AAA bei jüngeren Patienten („fit for open repair“): Der offene Aortenersatz ist sicher und hat ein besseres Langzeitergebnis. *Zentralblatt für Chirurgie-Zeitschrift für Allgemeine, Viszeral-, Thorax- und Gefäßchirurgie* 146: 458–463
30. Dudeck, O (2013) Endoleaks – wann behandeln? *Der Radiologe* 53: 526–530
31. Eckstein, HH (2016) Abdominelles Aortenaneurysma. *Akutes Abdomen: Diagnose–Differenzialdiagnose–Erstversorgung–Therapie*: 441–448. Springer, Berlin, Heidelberg
32. Eckstein HH, Böckler D, Flessenkämper I, Schmitz-Rixen T, Debus S, Lang W (2009) Ultraschall-Screening abdominaler Aortenaneurysmen. *Deutsches Ärzteblatt* 106: 657–663
33. Elkouri S, Gloviczki P, McKusick MA, Panneton JM, Andrews J, Bower TC, Noel AA, Harmsen WS, Hoskin TL, Cherry K (2004) Perioperative complications and early outcome after endovascular and open surgical repair of abdominal aortic aneurysms. *Journal of Vascular Surgery* 39: 497–505
34. England A, Mc Williams R (2013) Endovascular Aortic Aneurysm Repair (EVAR). *The Ulster Medical Journal* 82: 3–10
35. Epple J, Svidlova Y, Schmitz-Rixen T, Böckler D, Lingwal N, Grundmann RT, German Institute for Vascular Healthcare Research (DIGG) of the German Society for Vascular Surgery and Vascular Medicine (2023) Long-term outcome of intact abdominal aortic aneurysm after endovascular or open repair. *Vascular and Endovascular Surgery* 57: 829–837

36. Esposito D, Fargion AT, Dorigo W, Melani C, Mauri F, Zacà S, Pratesi G, Piffaretti G, Angiletta D, Pratesi C, Pulli R, Italian Collaborators for EVAR (ICE) Group (2024) Endovascular aneurysm repair under local anesthesia through bilateral percutaneous femoral access is a safe strategy to improve early outcomes and reduce hospital stay. *International Angiology: A Journal of the International Union of Angiology* 43: 262–270
37. Fellenberg J, Geisbüsch P (2021) Chimney-EVAR – Versorgung para- und juxta-renal Aortenaneurysmen. *Im OP 11*: 192–196
38. Fink HA, Lederle FA, Roth CS, Bowles CA, Nelson DB, Haas MA (2000) The Accuracy of Physical Examination to Detect Abdominal Aortic Aneurysm. *Archives of Internal Medicine* 160: 833–836
39. Fleischer GM, Rennert A, Rhmer M (2000) Die infizierte Bauchdecke und der Platzbauch. *Der Chirurg* 7: 754–762
40. Gawenda M, Brunkwall J (2012) Ruptured Abdominal Aortic Aneurysm. *Deutsches Ärzteblatt International* 109: 727–732
41. Golledge J, Muller J, Daugherty A, Norman P (2006) Abdominal Aortic Aneurysm. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 26: 2605–2613
42. Golledge J, Norman PE (2010) Atherosclerosis and Abdominal Aortic Aneurysm. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology* 30: 1075–1077
43. Gorham TJ, Taylor J, Raptis S (2004) Endovascular treatment of abdominal aortic aneurysm. *British Journal of Surgery* 91: 815–827
44. Gozzo C, Caruana G, Cannella R, Farina A, Giambelluca D, Dinoto E, Vernuccio F, Basile A, Midiri M (2022) CT angiography for the assessment of EVAR complications: A pictorial review. *Insights into Imaging* 13: 5
45. Greenhalgh RM (2005) Endovascular aneurysm repair versus open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1): Randomised controlled trial. *The Lancet* 365: 2179–2186

46. Greenhalgh RM, Brown LC, Kwong GPS, Powell JT, Thompson SG (2004) Comparison of endovascular aneurysm repair with open repair in patients with abdominal aortic aneurysm (EVAR trial 1), 30-day operative mortality results: Randomised controlled trial. *The Lancet* 364: 843–848
47. Greiner A, Grommes J, Jacobs MJ (2013) Stellenwert der endovaskulären Versorgung abdominalen Aortenaneurysmen. *Deutsches Ärzteblatt* 110: 118–125
48. Gross-Fengels W, Daum H, Siemens P, Heuser L, Wagenhofer KU (2013) Die interventionelle/endovaskuläre Therapie des infrarenalen abdominalen Aortenaneurysmas. *Der Radiologe* 53: 503–512
49. Günster C, Klauber J, Robra BP, Schmacke N, Schmucker C (2019) Schwerpunkt: Früherkennung. Versorgungs-Report Früherkennung: 21. MWV Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft
50. Halme S, Juvonen T, Laurila A, Juvonen J, Mosorin M, Saikku P, Surcel HM (1999) Chlamydia pneumoniae reactive T lymphocytes in the walls of abdominal aortic aneurysms. *European Journal of Clinical Investigation* 29: 546–552
51. Hauck SR, Schernthaner R, Dachs TM, Kern M, Funovics M (2022) Endovaskuläre Aortenreparatur bei Endoleaks. *Die Radiologie* 62: 592–600
52. Heidemann F, Debus ES, Kölbl T (2020) Aneurysmen der Aorta descendens und der thorakoabdominellen Aorta: Endovaskuläre Therapie und Hybridverfahren. *Operative und interventionelle Gefäßmedizin*: 637–646. Springer, Berlin, Heidelberg
53. Heiss HW, Rieger H (1998) Akuter Extremitätenarterienverschluss. *Klinische Angiologie*: 395–412. Springer, Berlin, Heidelberg
54. Hertzner NR, Mascha EJ, Karafa MT, O'Hara PJ, Krajewski LP, Beven EG (2002) Open infrarenal abdominal aortic aneurysm repair: The Cleveland Clinic experience from 1989 to 1998. *Journal of Vascular Surgery* 35: 1145–1154
55. Hillienhof A, Kahl K (2017) Vorsorge: Bauchorten-Screening wird Kassenleistung. *Deutsches Ärzteblatt* 114: A 1826

56. Honig S, Diener H, Kölbel T, Reinpold W, Zapf A, Bibiza-Freiwald E, Debus ES, Breuer P, Daum H, Eckstein HH, Gahlen J, Grommes J, Hupp T, Kellersmann R, Kortmann H, Verhoeven E, Wenk H, for AIDA study group (2022) Abdominal incision defect following AAA-surgery (AIDA): 2-year results of prophylactic on-lay-mesh augmentation in a multicentre, double-blind, randomised controlled trial. *Updates in Surgery* 74: 1105–1116
57. Hynes CF, Endicott KM, Iranmanesh S, Amdur RL, Macsata R (2017) Reoperation rates after open and endovascular abdominal aortic aneurysm repairs. *Journal of Vascular Surgery* 65: 1323–1328
58. Iezzi R, Santoro M, Dattesi R, Pirro F, Nestola M, Spigonardo F, Cotroneo AR, Bonomo L (2012) Multi-detector CT angiographic imaging in the follow-up of patients after endovascular abdominal aortic aneurysm repair (EVAR). *Insights into Imaging* 3: 313–321
59. IMPROVE trial investigators (2014) Observations from the IMPROVE trial concerning the clinical care of patients with ruptured abdominal aortic aneurysm. *British Journal of Surgery* 101: 216–224
60. Jones GT, Sandiford P, Hill GB, Williams MJA, Khashram M, Tilyard MW, Hammond-Tooke GD, Krysa J, van Rij AM (2019) Correcting for Body Surface Area Identifies the True Prevalence of Abdominal Aortic Aneurysm in Screened Women. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 57: 221–228
61. Karkos C, Mukhopadhyay U, Papakostas I, Ghosh J, Thomson G, Hughes R (2000) Abdominal Aortic Aneurysm: The Role of Clinical Examination and Opportunistic Detection. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 19: 299–303
62. Karlsson L, Gnarpe J, Nääs J, Olsson G, Lindholm J, Hat B, Gnarpe H (2000) Detection of Viable *Chlamydia pneumoniae* in Abdominal Aortic Aneurysms. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 19: 630–635

63. Keisler B, Carter C (2015) Abdominal Aortic Aneurysm. *American Family Physician* 91: 538–543
64. Kent, KC (2014) Abdominal Aortic Aneurysms. *New England Journal of Medicine* 371: 2101–2108
65. Kessler V, Klopff J, Eilenberg W, Neumayer C, Brostjan C (2022) AAA Revisited: A Comprehensive Review of Risk Factors, Management, and Hallmarks of Pathogenesis. *Biomedicines* 10: 94
66. Khan H, Abu-Raisi M, Feasson M, Shaikh F, Saposnik G, Mamdani M, Qadura M (2024) Current Prognostic Biomarkers for Abdominal Aortic Aneurysm: A Comprehensive Scoping Review of the Literature. *Biomolecules* 14: 661
67. Kollrack, Y (2008) Notfall Bauchortenaneurysma – Pulsierende Zeitbombe. *Via medici* 13: 44–47
68. Kontopodis N, Galanakis N, Antoniou SA, Tsetis D, Ioannou CV, Veith FJ, Powell JT, Antoniou GA (2020) Meta-Analysis and Meta-Regression Analysis of Outcomes of Endovascular and Open Repair for Ruptured Abdominal Aortic Aneurysm. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 59: 399–410
69. Kortmann, H (2011) Bauchortenaneurysmen. *Kompaktwissen Gefäßchirurgie: Differenzierte Diagnostik und Therapie*: 199–219. Springer, Berlin, Heidelberg
70. Kortmann, H. (2014) Aorta abdominalis. *Techniken der offenen Gefäßchirurgie: Standards, Taktiken, Tricks*: 153–198. Springer, Berlin, Heidelberg
71. Kotrlik, JW, Williams HA, Jabor MK (2011) Reporting and Interpreting Effect Size in Quantitative Agricultural Education Research. *Journal of Agricultural Education* 52: 132–142
72. Kroon AM, Taanman JW (2015) Clonal Expansion of T Cells in Abdominal Aortic Aneurysm: A Role for Doxycycline as Drug of Choice? *International Journal of Molecular Sciences* 16: 11178–11195
73. Kuivaniemi H, Shibamura H, Arthur C, Berguer R, Cole CW, Juvonen T, Kline RA, Limet R, MacKean G, Norrgård Ö, Pals G, Powell JT, Rainio P, Sakalihasan

- N, van Vlijmen-van Keulen C, Verloes A, Tromp G (2003) Familial abdominal aortic aneurysms: Collection of 233 multiplex families. *Journal of Vascular Surgery* 37: 340–345
74. Kuivaniemi H, Ryer EJ, Elmore JR, Tromp G (2015) Understanding the pathogenesis of abdominal aortic aneurysms. *Expert Review of Cardiovascular Therapy* 13: 975–987
75. Kumar Y, Hooda K, Li S, Goyal P, Gupta N, Adeb M (2017) Abdominal aortic aneurysm: Pictorial review of common appearances and complications. *Annals of Translational Medicine* 5: 256
76. Larsen R, Müller-Wolff T (2016) *Gefäßchirurgie. Anästhesie und Intensivmedizin für die Fachpflege*: 380–386. Springer, Berlin, Heidelberg
77. Larsen R (2017) *Bauchaortenaneurysma- und periphere Gefäßoperationen. Anästhesie und Intensivmedizin in der Herz-, Thorax- und Gefäßchirurgie*: 417–427. Springer, Berlin, Heidelberg
78. Lederle FA, Johnson GR, Wilson SE (2001) Abdominal aortic aneurysm in women. *Journal of Vascular Surgery* 34: 122–126
79. Lederle FA, Wilson SE, Johnson GR, Reinke DB, Littooy FN, Acher CW, Ballard DJ, Mes-sina LM, Gordon IL, Chute EP, Krupski WC, Busuttill SJ, Barone GW, Sparks S, Graham L M, Rapp JH, Makaroun MS, Moneta GL, Cambria RA, Bandyk D (2002) Immediate Repair Compared with Surveillance of Small Abdominal Aortic Aneurysms. *New England Journal of Medicine* 346: 1437–1444
80. Lederle FA, Noorbaloochi S, Nugent S, Taylor BC, Grill JP, Kohler TR, Cole L (2015) Multi-centre study of abdominal aortic aneurysm measurement and enlargement. *The British Journal of Surgery* 102: 1480–1487
81. Lenhard W, Lenhard A (2022) *Berechnung von Effektstärken* 2016
82. Li B, Khan S, Salata K, Hussain MA, de Mestral C, Greco E, Aljabri BA, Forbes TL, Verma S, Al-Omran M (2019) A systematic review and meta-analysis of the

- long-term outcomes of endovascular versus open repair of abdominal aortic aneurysm. *Journal of Vascular Surgery* 70: 954–969
83. Lindquist Liljeqvist M, Hultgren R, Siika A, Gasser TC, Roy J (2017) Gender, smoking, body size, and aneurysm geometry influence the biomechanical rupture risk of abdominal aortic aneurysms as estimated by finite element analysis. *Journal of Vascular Surgery* 65: 1014–1021
 84. Lu S, White JV, Nwaneshiudu I, Nwaneshiudu A, Monos DS, Solomides CC, Platsoucas CD (2022) Human abdominal aortic aneurysm (AAA): Evidence for an autoimmune antigen-driven disease. *Autoimmunity reviews* 21: 103164
 85. Ludwig, M (2020) Arterielle Aneurysmen. *Facharztwissen Angiologie: Zur Vorbereitung auf die Facharztprüfung*: 109–136. Springer, Berlin, Heidelberg
 86. Ludwig S, Reeps C (2018) Der kurze infrarenale Aortenaneurysmahals. *Gefäßchirurgie* 23: 145–151
 87. MacSweeney STR, Ellis M, Worrell PC, Greenhalgh RM, Powell JT (1994) Smoking and growth rate of small abdominal aortic aneurysms. *The Lancet* 344: 651–652
 88. Marcaccio CL, Schermerhorn ML (2021) Epidemiology of abdominal aortic aneurysms. *Seminars in Vascular Surgery* 34: 29–37
 89. Meijer CA, Stijnen T, Wasser MNJM, Hamming JF, van Bockel JH, Lindeman JHN (2013) Doxycycline for Stabilization of Abdominal Aortic Aneurysms. *Annals of Internal Medicine* 159: 815–823
 90. Miyamoto S, Nakao J, Higashino T, Yoshimoto S, Hayashi R, Sakuraba M (2019) Clavien–Dindo classification for grading complications after total pharyngolaryngectomy and free jejunum transfer. *PLoS ONE* 14: e0222570
 91. Møller A, Eldrup N, Wetterslev J, Hellemann D, Nielsen HB, Rostgaard K, Pedersen OB (2024) Trends in abdominal aortic aneurysm repair incidence, comorbidity, treatment, and mortality: a Danish Nationwide Cohort Study, 1996–2018. *Clinical Epidemiology*: 175–189

92. Morisaki K, Matsubara Y, Kurose S, Yoshino S, Yamashita S, Nakayama K, Furuyama T (2021) Analysis of prognostic factors for postoperative complications and reinterventions after open surgical repair and endovascular aneurysm repair in patients with abdominal aortic aneurysm. *Annals of Vascular Surgery* 77: 172–181
93. Nakayama, DK (2021) Nissen Fundoplication: An Operation Created in Exile. *The American Surgeon* 87: 505–506
94. Nordon IM, Hinchliffe RJ, Holt PJ, Loftus IM, Thompson, MM (2009) Review of Current Theories for Abdominal Aortic Aneurysm Pathogenesis. *Vascular* 17: 253–263
95. Nordon IM, Hinchliffe RJ, Loftus IM, Thompson MM (2011) Pathophysiology and epi-demiology of abdominal aortic aneurysms. *Nature Reviews Cardiology* 8: 92–102
96. Oberhuber A, Ertas N, Duran M, Floros N, Simon F, Schelzig H (2017) Rupturiertes Bauchortenaneurysma. *Gefässchirurgie* 22: 297–307
97. Ockert S, Böckler D, Allenberg J, Schumacher H (2007) Rupturiertes abdominelles Aortenaneurysma. *Gefässchirurgie* 12: 379–391
98. Omran S, Schawe L, Konietzschke F, Angermair S, Weixler B, Treskatsch S, Greiner A, Berger C (2023) Identification of Perioperative Procedural and Hemodynamic Risk Factors for Developing Colonic Ischemia after Ruptured Infrarenal Abdominal Aortic Aneurysm Surgery: A Single-Centre Retrospective Cohort Study. *Journal of Clinical Medicine* 12: 4159
99. Paghdar S, Khan TM, Patel NP, Chandrasekaran S, De Sousa JFM, Tsouklidis, N (2021) Doxycycline Therapy for Abdominal Aortic Aneurysm: Inhibitory Effect on Matrix Metalloproteinases. *Cureus* 13: e14966
100. Patel R, Powell JT, Sweeting MJ, Epstein DM, Barrett JK, Greenhalgh RM

- (2018) The UK EndoVascular Aneurysm Repair (EVAR) randomised controlled trials: long-term follow-up and cost-effectiveness analysis. *Health technology assessment* 22: 32–33
101. Peitsch W, Burkhardt K (1976) *Der Platzbauch als Indikation zur Relaparotomie. Postoperative Komplikationen: Prophylaxe und Therapie*: 128–131. Springer, Berlin, Heidelberg
 102. Png CM, Pendleton AA, Altreuther M, Budtz-Lilly JW, Gunnarsson K, Hat CD, Eagleton MJ (2024) Effect of EVAR on International Ruptured AAA Mortality—Sex and Geographic Disparities. *Journal of clinical medicine* 13: 2464
 103. Porcellini M, Renda A, Selvetella L, Bernardo B, Baldassarre M (1996) Intestinal ischemia after aortic surgery. *International Surgery* 81: 195–199
 104. Powell JT, Sweeting MJ, Ulug P, Blankensteijn JD, Lederle FA, Becquemin JP, Greenhalgh RM, Beard JD, Buxton MJ, Brown LC, Harris PL, Powell JT, Rose JDG, Russell IT, Sculpher MJ, Thompson SG, Lilford RJ, Bell P F (2017) Meta-analysis of individual-patient data from EVAR-1, DREAM, OVER and ACE trials comparing outcomes of endovascular or open repair for abdominal aortic aneurysm over 5 years. *British Journal of Surgery* 104: 166–178
 105. Prinssen M, Verhoeven ELG, Buth J, Cuypers PWM, van Sambeek MRHM, Balm R, Buskens E, Grobbee DE, Blankensteijn JD (2004) A Randomized Trial Comparing Conventional and Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysms. *New England Journal of Medicine* 351: 1607–1618
 106. Propper BW, Abularrage CJ (2013) Long-term safety and efficacy of endovascular abdominal aortic aneurysm repair. *Vascular Health and Risk Management* 9: 135–141
 107. Protto S, Hahl T, Koskinen KJA, Järvenpää V, Uurto I, Väärämäki S, Suominen V (2022) Endovascular Repair of Abdominal Aortic Aneurysms is a Valid Alternative to Open Repair also in Patients Treated Outside of Instructions for Use

- Criteria. *CardioVascular and Interventional Radiology* 45: 1765–1773
108. Qian G, Adeyanju O, Olajuyin A, Guo X (2022) Abdominal Aortic Aneurysm Formation with a Focus on Vascular Smooth Muscle Cells. *Life* 12: 191
 109. Qin C, Chen L, Xiao Y (2014) Emergent Endovascular vs. Open Surgery Repair for Ruptured Abdominal Aortic Aneurysms: A Meta-Analysis. *PLOS ONE* 9: e87465
 110. Quaye KB, Pack N, Wilson-Byrne T, Long CA (2022) Contemporary Management of Abdominal Aortic Aneurysms. *Current Cardiology Reports* 24: 431–438
 111. Rabia B, Thanigaimani S, Golledge J (2024) The potential involvement of glyco-calyx disruption in abdominal aortic aneurysm pathogenesis. *Cardiovascular Pathology* 70: 107629
 112. Rouchaud A, Brandt MD, Rydberg AM, Kadirvel R, Flemming K, Kallmes DF, Brinjikji W (2016) Prevalence of Intracranial Aneurysms in Patients with Aortic Aneurysms. *American Journal of Neuroradiology* 37: 1664–1668
 113. Rühland, D (1981) Fremdmaterialien für den Gefäßersatz. *Operationstechnik und technische Hilfsmittel in der Chirurgie*: 123–128. Springer, Berlin, Heidelberg
 114. Sakalihan N, Limet R, Defawe OD (2005) Abdominal aortic aneurysm. *The Lancet* 365: 1577–1589.
 115. Sakalihan N, Michel JB, Katsargyris A, Kuivaniemi H, Defraigne JO, Nchimi A, Powell JT, Yoshimura K, Hultgren R (2018) Abdominal aortic aneurysms. *Nature Reviews Disease Primers* 4: 34
 116. Sandford RM, Bown MJ, London NJ, Sayers RD (2007) The Genetic Basis of Abdominal Aortic Aneurysms: A Review. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 33: 381–390.
 117. Scallan O, Novick T, Power AH, DeRose G, Duncan A, Dubois L (2020) Long-term outcomes comparing endovascular and open abdominal aortic aneurysm repair in octogenarians. *Journal of Vascular Surgery* 71: 1162–1168

118. Schäberle W (2020) Sonographische Bestimmung des Aortenaneurysmadurchmessers. *Gefäßchirurgie* 25: 675–689
119. Schanzer A, Oderich GS (2021) Management of Abdominal Aortic Aneurysms. *New England Journal of Medicine* 385: 1690–1698
120. Schmitz-Rixen T, Böckler D, J. Vogl T, T. Grundmann R (2020) Endovascular and Open Repair of Abdominal Aortic Aneurysm. *Deutsches Ärzteblatt International*, 117: 813–819
121. Schumacher H, Eckstein HH, Allenberg JR (1999) Gefäßendoprothetik: Entwicklung, aktueller Stand und Perspektiven einer neuen Technologie. *Der Chirurg* 70: 858–867
122. Scott RaP (2002) The Multicentre Aneurysm Screening Study (MASS) into the effect of abdominal aortic aneurysm screening on mortality in men: A randomised controlled trial. *The Lancet* 360: 1531–1539
123. Silva N, Amin B, Dunne E, Hynes N, O'Halloran M, Elahi A (2024) Implantable Pressure-Sensing Devices for Monitoring Abdominal Aortic Aneurysms in Post-Endovascular Aneurysm Repair. *Sensors* 24: 3526
124. Sjöberg S, Shi GP (2011) Cysteine Protease Cathepsins in Atherosclerosis and Abdominal Aortic Aneurysm. *Clinical Reviews in Bone and Mineral Metabolism* 9: 138–147
125. Soliman H, Elkorety M, Abouelazayem M, Girish G (2021) Short-Term Re-intervention of Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair. *Cureus* 13: e16810
126. Song P, He Y, Adeloye D, Zhu Y, Ye X, Yi Q, Rahimi K, Rudan I, Group (GHERG), on behalf of the GHER (2023) The Global and Regional Prevalence of Abdominal Aortic Aneurysms: A Systematic Review and Modeling Analysis. *Annals of Surgery* 277: 912

127. Springer F, Günther RW, Schmitz-Rode T (2008) Aneurysm Sac Pressure Measurement with Minimally Invasive Implantable Pressure Sensors: An Alternative to Current Surveillance Regimes after EVAR? *CardioVascular and Interventional Radiology* 31: 460–467
128. Trabold T, Richter GM, Rosner R, Geisbüsch P (2022) Endovaskuläre Versorgung: Der komplizierte Aneurysmahals. *Die Radiologie* 62: 563–569
129. Trenner M, Salvermoser M, Busch A, Schmid V, Eckstein HH, Kühnl A (2020) The Effects of Minimum Caseload Requirements on Management and Outcome in Abdominal Aortic Aneurysm Repair. *Deutsches Arzteblatt International* 117: 820–827
130. Treska V, Kocova J, Boudova L, Topolcan O, Molacek J, Tonar Z (2007) Tissue levels of interleukins 6, 8 and of tumor necrosis factor alpha in the wall of ruptured and asymptomatic abdominal aortic aneurysms. *European Surgery* 39: 307–310
131. Tuveson V, Löfdahl HE, Hultgren R (2016) Patients with abdominal aortic aneurysm have a high prevalence of popliteal artery aneurysms. *Vascular Medicine* 21: 369–375
132. Veith FJ, Marin ML, Cynamon J, Schonholz C, Parodi J (2005) 1992: Parodi, Montefiore, and the First Abdominal Aortic Aneurysm Stent Graft in the United States. *Annals of Vascular Surgery* 19: 749–751
133. Villard C, Hultgren R (2018) Abdominal aortic aneurysm: Sex differences. *Maturitas* 109: 63–69
134. Vu KN, Kaitoukov Y, Morin-Roy F, Kauffmann C, Giroux MF, Thérasse É, Soulez G, Tang A (2014) Rupture signs on computed tomography, treatment, and outcome of abdominal aortic aneurysms. *Insights into Imaging* 5: 281–293
135. Waduud, MA (2023) Vascular smooth muscle cell PIEZO-1 in Abdominal Aortic Aneurysm formation (Doctoral dissertation, University of Leeds)

136. Wallinder J, Georgiou A, Wanhainen A, Björck M (2018) Prevalence of Synchronous and Metachronous Aneurysms in Women With Abdominal Aortic Aneurysm. *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 56: 435–440
137. Wanhainen A, Verzini F, van Herwaarden J, Karkos C, Koelemay M, Kölbel T, Loftus I, Mani K, Powell J, Szeberin Z, Koncar I, Kolh P, Lindholdt J, de Vega M, Vermassen F (2022) European Society for Vascular Surgery (ESVS) 2019 clinical practice guidelines on the management of abdominal aorto-iliac artery aneurysms. *Clinical Practice* 28: 69–146
138. Willeke L, Greiner A (2019) Fenestrierte endovaskuläre Aortenreparatur. *Im OP* 9: 55–61
139. Williams AB, Williams ZB (2021) Imaging modalities for endoleak surveillance. *Journal of Medical Radiation Sciences* 68: 446–452
140. Yokoyama Y, Kuno T, Takagi H (2020) Meta-analysis of phase-specific survival after elective endovascular versus surgical repair of abdominal aortic aneurysm from randomized controlled trials and propensity score-matched studies. *Journal of Vascular Surgery* 72: 1464–1470

5.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einteilung des abdominellen Aortenaneurysmas nach Lokalisation und Ausbreitung	7
Abbildung 2: Exponentieller Anstieg des jährlichen Rupturrisikos ab einem Durchmesser von 5 cm (Eckstein <i>et al.</i> , 2009, modifiziert von A.Summa)	12
Abbildung 3: Prothesenformen beim offen-chirurgischen Aortenrepair	20
Abbildung 4: Entfaltung eines biliakalen Stentgrafts (Greiner <i>et al.</i> , 2013, modifiziert von A.Summa).....	21
Abbildung 5: Heidelberger-Klassifikation nach Allenberg und Schumacher (Alenberg <i>et al.</i> , 1997; Schumacher <i>et al.</i> , 1997, modifiziert von A. Summa)	22
Abbildung 6: Fenestrierte EVAR, gebranchte EVAR, EVAR in Chimney-Technik.....	23
Abbildung 7: Endoleak-Typen I-IV.....	28

5.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Die häufigsten Komorbiditäten beim abdominellen Aortenaneurysma (Ludwig <i>et al.</i> , 2020), modifiziert nach der aktuellen S3-Leitlinie (Debus <i>et al.</i> , 2018)	11
Tabelle 2: Mortalität beim rupturierten abdominellen Aneurysma (Gawenda <i>et al.</i> , 2012)	14
Tabelle 3: Sonographische Überwachung kleiner Aortenaneurysmen (Debus <i>et al.</i> , 2018)	18
Tabelle 4: Übersicht über das Patientenkollektiv von 2014 bis 2019	30
Tabelle 5: Parameter zur Datenauswertung	31-33
Tabelle 6: Einteilung postoperativer Komplikationen nach Clavien-Dindo (Miyamoto <i>et al.</i> , 2019)	34
Tabelle 7: Festgelegte Interpretation der Effektstärken (Kotrlík <i>et al.</i> , 2011; Lenhard <i>et al.</i> , 2016)	37
Tabelle 8: Stentgraftfirmen	50
Tabelle 9: Stentgraftarten	50
Tabelle 10: Prozedurassoziierte Komplikationen EVAR – Primärhospitalisation	51
Tabelle 11: Endoleaks im Gesamtkollektiv der EVAR-Gruppe	52
Tabelle 12: Prozedurassoziierte Komplikationen EVAR nach der Entlassung	54-55
Tabelle 13: Reinterventionen EVAR mit Sekundärhospitalisation	56
Tabelle 14: Prothesenarten in der gesamten OP-Gruppe	57
Tabelle 15: Reoperationen – Primärhospitalisation	59
Tabelle 16: Prozedurassoziierte Komplikationen OP nach der Entlassung	60
Tabelle 17: Reoperationen mit Sekundärhospitalisation	61
Tabelle 18: Allgemeine Komplikationen der beiden Gruppen, eingeteilt nach Clavien-Dindo-Klassifikation.....	61
Tabelle 19: Endovaskuläre postprozedurale Komplikationen, eingeteilt nach Clavien-Dindo-Klassifikation.....	62-63
Tabelle 20: Offene postoperative Komplikationen, eingeteilt nach Clavien-Dindo-Klassifikation	63-64
Tabelle 21: Gesamtübersicht der wichtigsten Ergebnisse	64-65

5.4 Grafikverzeichnis

Grafik 1: Aneurysmalokalisation der einzelnen Gruppen	39
Grafik 2: Nebendiagnosen der Behandlungsgruppen – Teil 1	40
Grafik 4: Nebendiagnosen der Behandlungsgruppen – Teil 2	41
Grafik 4: Allgemeine Komplikationen – Primärhospitalisation	42
Grafik 5: Prozedurassoziierte Komplikationen – Primärhospitalisation Teil 1	43
Grafik 6: Prozedurassoziierte Komplikationen – Primärhospitalisation Teil 2	44
Grafik 7: Reinterventionen/operationen – Primärhospitalisation	45
Grafik 8: Prozedurassoziierte Komplikationen nach der Entlassung	46
Grafik 9: Reinterventionen/Reoperationen mit Sekundärhospitalisation	47
Grafik 10: Mortalitätsrate (Subgruppen) während der Primärhospitalisation	49
Grafik 11: Reinterventionen EVAR – Primärhospitalisation	53
Grafik 12: Prozedurassoziierte Komplikationen OP– Primärhospitalisation	58

5.5 Abkürzungsverzeichnis

A.	Arteria
Aa.	Arteriae
ca.	circa
cm	Zentimeter
COPD	Chronic Obstructive Pulmonary Disease
CT	Computertomographie
DREAM	Dutch Randomized Endovascular Aneurysm Management
EK	Erythrozytenkonzentrat
EVAR	Endovascular Aortic Repair
exkl.	exklusive
d.h.	das heißt
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems
IFU	Instruction For Use
GBA	Gemeinsamer Bundesausschuss
max	Maximum
mg/dl	Milligramm pro Deziliter
min	Minimum
ml	Milliliter
mm	Millimeter
MR	Magnetresonanztomographie
OP	Operation
PTFE	Polytetrafluorethylen
rup.	rupturiert
s.u.	siehe unten
TIA	Transitorisch ischämische Attacke
v.a.	vor allem
VAC	Vacuum Assisted Closure
vs.	versus
VSMCs	Vascular Smooth Muscle Cells
x	mal
≥	größer/gleich

6. Danksagung

Diese Stelle möchte ich nutzen, um mich bei all denjenigen zu bedanken, die mich bei dieser Arbeit unterstützt haben.

Mein herzlicher Dank gilt Prof. Dr. med. Matthias Glanemann für die Bereitstellung des Themas und das Vertrauen, mir diese wissenschaftliche Arbeit zu überlassen.

Frau Dr. med. Barbara Stange möchte ich meinen Dank für die gute Betreuung, die fachliche Beratung sowie das Korrekturlesen meiner Arbeit aussprechen.

Nicht zuletzt geht ein besonderer Dank an meinen Lebensgefährten Niklas Lomberg, meine Eltern Markus Laurentius Summa und Annette Summa und meine Schwester Annika Summa für die tatkräftige Unterstützung bei dieser Arbeit.

7. Lebenslauf

Aus datenschutzrechtlichen Gründen wird der Lebenslauf in der elektronischen Fassung der Dissertation nicht veröffentlicht.

ANHANG

Median xy [min, max], Mittelwert xy ± Standardabweichung

1. Patientenbezogene Daten:**In den großen Gruppen**

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Alter	Median 73 [51,90] Mittelwert 71,8 ±8,8	Median 74 [51,90] Mittelwert 72,3 ±9,2	Median 71 [56,87] Mittelwert 70,9 ±8,2	0,186
Geschlecht	Männlich: 164/185 (88,6%) Weiblich: 21/185 (11,4%)	Männlich: 100/115 (87%) Weiblich: 15/115 (13%)	Männlich: 64/70 (91,4%) Weiblich: 6/70 (8,6%)	0,352

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Alter	Median 74 [52,90] Mittelwert 72,9 ±8,7	Median 69 [56,85] Mittelwert 69,4 ±7,8	**0,009
Geschlecht	Männlich: 92/106 (86,8%) Weiblich: 14/106 (13,2%)	Männlich: 46/51 (90,2%) Weiblich: 5/51 (9,8%)	0,540

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Alter	Median 59 [51,83] Mittelwert 66,0 ±12,5	Median 76 [60,87] Mittelwert 75,0 ±8,0	0,065
Geschlecht	Männlich: 8/9 (88,9%) Weiblich: 1/9 (11,1%)	Männlich: 18/19 (94,7%) Weiblich: 1/19 (5,3%)	1,000

2. Aneurysmabezogene Daten:

In den großen Gruppen

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Dringlichkeit	Rupturiert: 28/185 (15,1%) Nicht-rupturiert: 157/185 (84,9%)	Rupturiert: 9/115 (7,8%) Nicht-rupturiert: 106/115 (92,2%)	Rupturiert: 19/70 (27,1%) Nicht-rupturiert: 51/70 (72,9%)	***<0,001
Aneurysma- durchmesser in cm	Median 5,6 [3,3;13,8] Mittelwert 6,1 ±1,7	Median 5,3 [3,3;11,0] Mittelwert 5,7 ±1,6	Median 6,0 [3,7;13,8] Mittelwert 6,7 ±1,9	***<0,001
Aneurysmalokali- sation	Infrarenal: 154/185 (83,2%) Juxtarenal: 31/185 (16,8%)	Infrarenal: 95/115 (82,6%) Juxtarenal: 20/115 (17,4%)	Infrarenal: 59/70 (84,3%) Juxtarenal: 11/70 (15,7%)	0,217

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Aneurysma- durchmesser in cm	Median 5,3 [3,3;10,3] Mittelwert 5,5 ±1,1	Median 5,8 [3,7;10,5] Mittelwert 6,3 ±1,6	**0,003
Aneurysmalokali- sation	Infrarenal: 91/106 (85,8%) Juxtarenal: 15/106 (14,2%)	Infrarenal: 44/51 (86,3%) Juxtarenal: 7/51 (13,7%)	0,943

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Aneurysma- durchmesser in cm	Median 6,1 [4,3;11,0] Mittelwert 7,3 ±2,4	Median 7,6 [4,6;13,8] Mittelwert 7,9 ±2,3	0,544
Aneurysmalokali- sation	Infrarenal: 4/9 (44,4%) Juxtarenal: 5/9 (55,6%)	Infrarenal: 15/19 (78,9%) Juxtarenal: 4/19 (21,1%)	0,097

3. Prozedurale Daten

In den großen Gruppen

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Blutverlust in Millilitern	-	-	Median 800 [100;6000] Mittelwert 1057,9 ±1048,6	-
Eingriffsdauer in Minuten	-	-	Median 155,5 [35;330] Mittelwert 161,5 ±60,6	-
Transfusionsindi- zenz	Patientenanzahl 45/185 (24,3%)	Patientenanzahl: 20/115 (17,4%)	Patientenanzahl: 25/70 (35,7%)	**0,005
Anzahl der benö- tigten Transfusio- nen (Erythrozyten- konzentrate)	Median 0,0 [0;22] Mittelwert 0,9 ±2,5	Median 0,0 [0;7] Mittelwert 0,4 ±1,1	Median 0,0 [0;22] Mittelwert 1,7 ±3,7	**0,002

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Blutverlust in Millilitern	-	Median 800 [100;4000] Mittelwert 861,8 ±737,8	-
Eingriffsdauer in Minuten	-	Median 157 [75;330] Mittelwert 169,6 ±58,1	-
Transfusionsindi- zenz	Patientenanzahl: 17/106 (16%)	Patientenanzahl: 14/51 (27,5%)	0,092
Anzahl der benö- tigten Transfusio- nen (Erythrozyten- konzentrate)	Median 0,0 [0;7] Mittelwert 0,4 ±1,2	Median 0,0 [0;7] Mittelwert 0,6 ±1,2	0,340

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Blutverlust in Millilitern	-	Median 1100 [100;6000] Mittelwert 1584,2 ±1517,0	-
Eingriffsdauer in Minuten	-	Median 144 [35;270] Mittelwert 139,8 ±63,5	-
Transfusionsindi- zenz	Patientenanzahl: 3/9 (33,3%)	Patientenanzahl: 11/19 (57,9%)	0,233
Anzahl der benö- tigten Transfusio- nen (Erythrozyten- konzentrate)	Median 0,0 [0;2] Mittelwert 0,7 ±1,0	Median 4,0 [0;22] Mittelwert 5,0 ±6,0	0,123

4. Klinische Daten:**A - Kreatininwerte****In den großen Gruppen**

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Präprozeduraler Kreatininwert	Median 1,1 [0,5;3,5] Mittelwert 1,2 ±0,4	Median 1,1 [0,5;3,5] Mittelwert 1,2 ±0,5	Median 1,1 [0,6;2,4] Mittelwert 1,1 ±0,4	0,890
Postprozeduraler Kreatininwert	Median 1,1 [0,4;3,1] Mittelwert 1,1 ±0,4	Median 1,1 [0,4;1,8] Mittelwert 1,0 ±0,3	Median 1,1 [0,5;3,1] Mittelwert 1,3 ±0,6	*0,037

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Präprozeduraler Kreatininwert	Median 1,1 [0,6;3,3] Mittelwert 1,2 ±0,4	Median 1,0 [0,6;2,2] Mittelwert 1,1 ±0,3	0,307
Postprozeduraler Kreatininwert	Median 1,0 [0,4;1,8] Mittelwert 1,0 ±0,3	Median 1,0 [0,6;3,0] Mittelwert 1,1 ±0,5	0,425

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Präprozeduraler Kreatininwert	Median 1,1 [0,5;3,5] Mittelwert 1,1 ±0,5	Median 1,2 [0,8;2,4] Mittelwert 1,3 ±0,4	0,301
Postprozeduraler Kreatininwert	Median 1,0 [0,6;1,3] Mittelwert 0,9 ±0,2	Median 1,6 [0,5;3,1] Mittelwert 1,6 ±0,7	**0,006

B - Nebendiagnosen**In den großen Gruppen**

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Allgemeine Inzidenz	166/185 (89,7%)	103/115 (89,6%)	63/70 (90,0%)	0,925
Arterielle Hypertonie	126/185 (68,1%)	77/115 (67,0%)	49/70 (70,0%)	0,667
Nikotinabusus	41/185 (22,2%)	17/115 (14,8%)	24/70 (34,0%)	**0,002
Ex-Nikotinabusus	18/185 (9,7%)	15/115 (13,0%)	3/70 (4,3%)	0,051
Hyperlipidämie	41/185 (22,2%)	26/115 (22,6%)	15/70 (21,4%)	0,851
Diabetes mellitus	31/185 (16,8%)	21/115 (18,3%)	10/70 (14,3%)	0,483
Koronare Herzkrankheit	81/185 (43,8%)	56/115 (48,7%)	25/70 (35,7%)	0,084
Dialysepflichtige Niereninsuffizienz	1/185 (0,5%)	1/115 (0,9%)	0/70 (0%)	1,000
Schlaganfall in der Vorgeschichte	17/185 (9,2%)	8/115 (7,0%)	9/70 (25,7%)	0,178
Periphere arterielle Ver- schlusskrankheit	28/185 (15,1%)	10/115 (8,7%)	18/70 (25,7%)	**0,002

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patien- ten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	94/106 (88,6%)	49/51 (96,1%)	0,149
Arterielle Hypertonie	71/106 (67,0%)	41/51 (80,4%)	0,082
Nikotinabusus	17/106 (16,0%)	18/51 (35,3%)	**0,007
Ex-Nikotinabusus	15/106 (14,2%)	2/51 (3,9%)	0,053
Hyperlipidämie	25/106 (23,6%)	13/51 (25,5%)	0,794
Diabetes mellitus	20/106 (19,9%)	9/51 (17,6%)	0,854

Koronare Herzkrankheit	54/106 (50,9%)	22/51 (43,1%)	0,359
Dialysepflichtige Niereninsuffizienz	0/106 (0,0%)	0/51 (0,0%)	-
Schlaganfall in der Vorgeschichte	8/106 (7,5%)	7/51 (13,7%)	0,217
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	9/106 (8,5%)	12/51 (23,5%)	*0,010

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	9/9 (100%)	14/19 (73,7%)	0,144
Arterielle Hypertonie	6/9 (66,7%)	8/19 (42,1%)	0,420
Nikotinabusus	0/9 (0,0%)	6/19 (31,6%)	0,136
Ex-Nikotinabusus	0/9 (0,0%)	1/19 (5,3%)	1,000
Hyperlipidämie	1/9 (11,1%)	2/19 (10,5%)	1,000
Diabetes mellitus	1/9 (11,1%)	1/19 (5,3%)	1,000
Koronare Herzkrankheit	2/9 (22,2%)	3/19 (15,8%)	1,000
Dialysepflichtige Niereninsuffizienz	1/9 (11,1%)	0/19 (0,0%)	0,321
Schlaganfall in der Vorgeschichte	0/9 (0,0%)	2/19 (10,5%)	1,000
Periphere arterielle Verschlusskrankheit	1/9 (11,1%)	6/19 (31,6%)	0,371

5. Aufenthaltsdauer

In den großen Gruppen

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Gesamtstationärer Aufenthalt	Median 11 [2;45]	Median 9 [2;45]	Median 13 [8;37]	***<0,001
	Mittelwert 13 ±8,1	Mittelwert 12 ±8,0	Mittelwert 16 ±7,4	
Intensivaufenthalt	Median 2 [1;23]	Median 2 [1;13]	Median 4 [1;23]	***<0,001
	Mittelwert 3 ±3,3	Mittelwert 2 ±1,8	Mittelwert 5 ±4,5	

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Gesamtstationärer Aufenthalt	Median 9 [2;45]	Median 13 [8;33]	***<0,001
	Mittelwert 11 ±7,2	Mittelwert 16 ±6,6	
Intensivaufenthalt	Median 2 [1;13]	Median 3 [1;23]	***<0,001
	Mittelwert 2 ±1,8	Mittelwert 4 ±4,5	

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Gesamtstationärer Aufenthalt	Median 21 [15;44]	Median 18 [8;37]	0,351
	Mittelwert 24 ±10,2	Mittelwert 20 ±10,6	
Intensivaufenthalt	Median 5 [2;10]	Median 5 [2;13]	0,930
	Mittelwert 5 ±2,8	Mittelwert 7 ±3,9	

6. Morbiditätsbezogene Daten**A - Komplikationsinzidenz und Komplikationsspektrum - Primärhospitalisation*****1. Allgemeine Komplikationen*****In den großen Gruppen**

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Allgemeine Inzidenz	39/185 (21,1%)	17/115 (14,8%)	22/70 (31,4%)	**0,009
Schlaganfall	1/185 (0,5%)	1/115 (0,9%)	0/70 (0%)	1,000
Postoperatives Delir	14/185 (7,6%)	8/115 (7,0%)	6/70 (8,6%)	0,687
Pulmonale Komplikationen	9/185 (4,9%)	5/115 (4,3%)	4/70 (5,7%)	0,675
Herzrhythmusstörungen	8/185 (4,3%)	3/115 (2,6%)	5/70 (7,1%)	0,157
Reanimationspflicht	4/185 (2,2%)	1/115 (0,9%)	3/70 (4,2%)	0,153
Sepsis	11/185 (5,9%)	2/115 (1,7%)	9/70 (12,6%)	**0,003

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	11/106 (10,4%)	10/51 (19,6%)	0,135
Schlaganfall	1/106 (0,9%)	0/51 (0%)	1,000
Postoperatives Delir	6/106 (5,7%)	5/51 (9,8%)	0,338
Pulmonale Komplikationen	3/106 (2,8%)	2/51 (3,9%)	0,660
Herzrhythmusstörungen	1/106 (0,9%)	2/51 (3,9%)	0,247
Reanimationspflicht	0/106 (0%)	0/51 (0%)	-
Sepsis	0/106 (0%)	3/51 (5,9%)	*0,033

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	6/9 (66,7%)	12/19 (63,2%)	1,000
Schlaganfall	0/9 (0%)	0/19 (0%)	-
Postoperatives Delir	2/9 (22,2%)	1/19 (5,3%)	0,234
Pulmonale Komplikationen	2/9 (22,2%)	2/19 (10,5%)	0,574
Herzrhythmusstörungen	2/9 (22,2%)	3/19 (15,8%)	1,000
Reanimationspflicht	1/9 (11,1%)	3/19 (15,8%)	1,000
Sepsis	2/9 (22,2%)	6/19 (31,6%)	1,000

2. Gemeinsame prozedurassoziierte Komplikationen**In den großen Gruppen**

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Allgemeine Inzidenz	111/185 (60,0%)	87/115 (75,7%)	24/70 (34,3%)	***<0,001
Hämatom	15/185 (8,1%)	11/115 (9,6%)	4/70 (5,7%)	0,352
Wundheilungsstörung	8/185 (4,3%)	2/115 (1,7%)	6/70 (8,6%)	0,055
Darmischämie	14/185 (7,6%)	3/115 (2,6%)	11/70 (15,7%)	**0,003
Niereninfarkt	6/185 (3,2%)	6/115 (5,2%)	0/70 (0%)	0,085
Kurzzeitige Dialyse für max. 2 Wochen	7/185 (3,8%)	4/115 (3,5%)	3/70 (4,3%)	0,780

Interventions-/ OP-bedürftige Nachblutung	3/185 (1,6%)	1/115 (0,9%)	2/70 (2,9%)	0,558
Thromb- embolischer Extremitätenver- schluss	8/185 (4,3%)	7/115 (6,1%)	1/70 (1,4%)	0,262
Stentgraftver- schluss/ Prothesenver- schluss	1/185 (0,5%)	1/115 (0,9%)	0/70 (0%)	1,000

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	79/106 (74,5 %)	11/51 (21,6%)	***<0,001
Hämatom	11/106 (10,4%)	4/51 (7,8%)	0,105
Wundheilungs- störung	1/106 (0,9 %)	3/51 (5,9%)	0,101
Darmischämie	3/106 (2,8%)	1/51 (2%)	1,000
Niereninfarkt	5/106 (4,7%)	0/51 (0%)	0,175
Kurzzeitige Dialyse für max. 2 Wochen	3/106 (2,8%)	1/51 (2%)	1,000
Interventions-/ OP-bedürftige Nachblutung	1/106 (0,9 %)	2/51 (3,9%)	0,247
Thromb- embolischer Extremitätenver- schluss	7/106 (6,6%)	0/51(0%)	0,097
Stentgraftver- schluss/ Prothesenver- schluss	1/106 (0,9%)	0/51 (0%)	1,000

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	8/9 (88,9%)	13/19 (68,4%)	0,371
Wundheilungs- störung	1/9 (11,1%)	3/19 (15,8%)	1,000
Darmischämie	0/9 (0%)	10/19 (52,6%)	*0,010
Niereninfarkt	1/9 (11,1%)	0/19 (0%)	0,321
Kurzzeitige Dialyse für max. 2 Wochen	1/9 (11,1%)	2/19 (10,5%)	1,000

Thrombembolischer Extremitätenverschluss	0/9 (0%)	1/19 (5,3%)	1,000
--	----------	-------------	-------

B - Inzidenz von Reinterventionen/Reoperationen - Primärhospitalisation

Gemeinsame Reinterventionen/Reoperationen

In den großen Gruppen

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Allgemeine Inzidenz	58/185 (31,4%)	39/115 (33,9%)	19/70 (27,1%)	0,336
Hämatomausräumung	5/185 (2,7%)	4/115 (3,5%)	1/70 (1,4%)	0,651
Vakuumpumpenanlage (VAC)	5/185 (2,7%)	1/115 (0,9%)	4/70 (5,7%)	0,069
Wunddébridement	4/185 (2,2%)	1/115 (0,9%)	3/70 (4,3%)	0,153
Darmresektion	14/185 (7,6%)	3/115 (2,6%)	11/70 (15,7%)	**0,003
Re-Eingriff bei Nachblutung	3/185 (1,6%)	1/115 (0,9%)	2/70 (2,9%)	0,558

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	31/106 (29,2%)	7/51 (13,7%)	*0,033
Hämatomausräumung	4/106 (3,8%)	1/51 (2%)	1,000
Vakuumpumpenanlage (VAC)	1/106 (0,9 %)	2/51 (3,9%)	0,247
Wunddébridement	1/106 (0,9%)	3/51 (5,9%)	0,101
Darmresektion	3/106 (2,8%)	1/51 (2%)	1,000
Re-Eingriff bei Nachblutung	1/106 (0,9 %)	2/51 (3,9%)	0,247

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	8/9 (88,9%)	12/19 (63,2%)	0,214
Vakuumpumpenanlage (VAC)	0/9 (0%)	2/19 (10,5%)	1,000
Darmresektion	0/9 (0%)	10/19 (52,6%)	*0,010

C - Komplikationsinzidenz und Komplikationsspektrum nach der Entlassung***Gemeinsame prozedurassoziierte Komplikationen*****In den großen Gruppen**

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Allgemeine Inzidenz	30/185 (16,2%)	22/115 (19,1%)	8/70 (11,4%)	0,218
Darmischämie	3/185 (1,6%)	3/115 (2,6%)	0/70 (0%)	0,291
Niereninfarkt	1/185 (0,5%)	1/115 (0,9%)	0/70 (0%)	1,000
Terminale Niereninsuffizienz mit Dialyse	1/185 (0,5%)	1/115 (0,9%)	0/70 (0%)	1,000
Gedeckte sekundäre Ruptur	2/185 (1,1%)	2/115 (1,7%)	0/70 (0%)	0,527
Freie sekundäre Ruptur	2/185 (1,1%)	2/115 (1,7%)	0/70 (0%)	0,527
Aortoenterische Fistel	1/185 (0,5%)	1/115 (0,9%)	0/70 (0%)	1,000
Stentgraft-/Protheseninfektion	2/185 (1,1%)	2/115 (1,7%)	0/70 (0%)	0,527
(Drohender) Stentgraft-/Prothesenverschluss	3/185 (1,6%)	3/115 (2,6%)	0/70 (0%)	0,291

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	20/106 (18,9 %)	8/51 (15,6%)	0,824
Darmischämie	3/106 (2,8%)	0/51 (0%)	0,551
Niereninfarkt	1/106 (0,9%)	0/51 (0%)	1,000
Terminale Niereninsuffizienz mit Dialyse	1/106 (0,9%)	0/51 (0%)	1,000
Gedeckte sekundäre Ruptur	2/106 (1,9%)	0/51 (0%)	1,000
Freie sekundäre Ruptur	2/106 (1,9%)	0/51 (0%)	1,000
Stentgraft-/Protheseninfektion	2/106 (1,9%)	0/51 (0%)	1,000
(Drohender) Stentgraft-/Prothesenverschluss	3/106 (2,8%)	0/51 (0%)	0,551

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	2/9 (22,2%)	0/19 (0%)	0,095
Aortoenterische Fistel	1/9 (11,1%)	0/19 (0%)	0,321

Der andere Patient der EVAR-Gruppe litt an einem Endoleak (siehe Abschnitt „Weitere wichtige Parameter zur EVAR-Gruppe – Prozedurassoziierte Komplikationen nach der Entlassung“).

D - Inzidenz von Reinterventionen/Reoperationen mit Sekundärhospitalisation***Gemeinsame Reinterventionen/Reoperationen*****In den großen Gruppen**

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Allgemeine Inzidenz	26/185 (14,1%)	19/115 (16,5%)	7/70 (10%)	0,216
Laparotomie bei Darmischämie	3/185 (1,6%)	3/115 (2,6%)	0/70 (0%)	0,291
Axillofemorale Bypass bei Stentgraftinfektion	1/185 (0,5%)	1/115 (0,9%)	0/70 (0%)	1,000
Re-Eingriff bei (drohendem) Stentgraftverschluss/ Prothesenverschluss	3/185 (1,6%)	3/115 (2,6%)	0/70 (0%)	0,291

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	18/106 (17,0%)	7/51 (13,7%)	0,602
Laparotomie bei Darmischämie	3/106 (2,8 %)	0/51 (0%)	0,551
Axillofemorale Bypass bei Stentgraftinfektion	1/106 (0,9 %)	0/51 (0%)	1,000
Re-Eingriff bei (drohendem) Stentgraftverschluss/ Prothesenverschluss	3/106 (2,8 %)	0/51 (0%)	0,551

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Allgemeine Inzidenz	1/9 (11,1%) (Stentgraftentfernung mit chirurgischem Aortenersatz s.u.)	0/19 (0%)	0,321

Keine gemeinsamen Eingriffe zum Vergleich. Der EVAR-Patient mit rupturiertem Aneurysma erhielt eine Stentgraftentfernung mit einem chirurgischem Aortenersatz (siehe Abschnitt „Weitere wichtige Parameter zur EVAR-Gruppe – Reinterventionen mit Sekundärhospitalisation“).

7. Mortalitätsbezogene Daten**In den großen Gruppen**

	Alle Patienten (n=185)	EVAR-Patienten (n=115)	OP-Patienten (n=70)	p-Wert (EVAR vs. OP)
Mortalitätsrate während der Primärhospitalisation	18/185 (9,7%)	4/115 (3,5%)	14/70 (20%)	**0,001
Postoperative/-interventionelle Tage (x)	Median 11 [0;51] Mittelwert 13 ±12,1	Median 22 [4;51] Mittelwert 23 ±20,1	Median 8 [0;25] Mittelwert 10 ±7,7	0,233

In den nicht-rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=106)	OP-Patienten (n=51)	p-Wert
Mortalitätsrate während der Primärhospitalisation	2/106 (1,9%)	4/51 (7,8%)	0,088
Postoperative/-interventionelle Tage (x)	Median 13 [4;21] Mittelwert 13 ±12,0	Median 17 [13;25] Mittelwert 18 ±5,1	0,231

In den rupturierten Gruppen

	EVAR-Patienten (n=9)	OP-Patienten (n=19)	p-Wert
Mortalitätsrate während der Primärhospitalisation	2/9 (22,2%)	10/19 (52,6%)	0,133

Postoperative/ -interventionelle Tage (x)	Median 33 [15;51]	Median 8 [0;18]	0,145
	Mittelwert 33 ±25,5	Mittelwert 7 ±6,4	

(x) Zeitspanne zwischen Operationstag/Interventionstag und Todestag

8. Weitere wichtige Parameter zur EVAR-Gruppe

A - Prozedurale Zusatzdaten der endovaskulären Gruppe

	EVAR gesamt (n=115)	EVAR rupturiert (n=9)	EVAR nicht-rupturiert (n=106)
Stentgraft-Firma	Lombard: 43/115 (37,5%) Medtronic: 30/115 (26,1%) Ovation: 17/115 (14,8%) Cook medical: 7/115 (6,1%) Jotec: 7/115 (6,1%) Gormedical: 6/115 (5,2%) Endologix: 4/115 (3,5%) Terumo: 1/115 (0,9%)	Lombard: 4/9 (44,4%) Medtronic: 1/9 (11,1%) Ovation: 4/9 (44,4%) Cook medical: 0/9 (0%) Jotec: 0/9 (0%) Gormedical: 0/9 (0%) Endologix: 0/9 (0%) Terumo: 0/9 (0%)	Lombard: 39/106 (36,8%) Medtronic: 29/106 (27,4%) Ovation: 13/106 (12,3%) Cook medical: 7/106 (6,6%) Jotec: 7/106 (6,6%) Gormedical: 6/106 (5,7%) Endologix: 4/106 (3,8%) Terumo: 1/106 (0,9%)
Stentgraft-Art	Biiliakal- Standard: 81/115 (70,4%) Chimney: 13/115 (11,3%) Biiliakal mit Sei- tenastprothese: 9/115 (7,8%) Gefenstert: 8/115 (7,0%) Gebrancht: 2/115 (1,7%)	Biiliakal- Standard: 5/9 (55,6%) Chimney: 3/9 (3,3%) Biiliakal mit Sei- tenastprothese: 0/9 (0%) Gefenstert: 0/9 (0%) Gebrancht: 0/9 (0%)	Biiliakal- Standard: 76/106 (1,6%) Chimney: 10/106 (9,4%) Biiliakal mit Sei- tenastprothese: 9/106 (8,5%) Gefenstert: 8/106 (7,5%) Gebrancht: 2/106 (1,9%)

	Rohr: 2/115 (1,7%)	Rohr: 1/9 (1,1%)	Rohr: 1/106 (0,9%)
--	-----------------------	---------------------	-----------------------

B - Komplikationsinzidenz und Komplikationsspektrum - Primärhospitalisation

	EVAR gesamt (n=115)	EVAR rupturiert (n=9)	EVAR nicht – rupturiert (n=106)	p-Wert (rup. vs. nicht-ruptu- riert)
Allgemeine Inzidenz	87/115 (75,7%)	8/9 (88,9%)	79/106 (74,5%)	0,335
Hämatom	11/115 (9,6%)	0/9 (0%)	11/106 (10,4%)	0,597
Wundheilungsstö- rung	2/115 (1,7%)	1/9 (11,1%)	1/106 (0,9%)	0,151
Darmischämie	3/115 (2,6%)	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Niereninfarkt	6/115 (5,2%)	1/9 (11,1%)	5/106 (4,7%)	0,394
Kurzzeitige Dialyse für max. 2 Wochen	4/115 (3,5%)	1/9 (11,1%)	3/106 (2,8%)	0,281
Interventionsbe- dürftige Nachblutung	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Thrombemboli- scher Extremitäten- verschluss	7/115 (6,1%)	0/9 (0%)	7/106 (6,6%)	1,000
Stentgraftver- schluss	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Gefäßdissektion	11/115 (11,6%)	3/9 (33,3%)	8/106 (7,5%)	*0,040
Aneurysma spurium	16/115 (13,9%)	2/9 (22,2%)	14/106 (13,2%)	0,610
Stentgraftdisloka- tion	3/115 (2,6%)	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Endoleak (Patien- ten)	68/115 (59,1%)	8/9 (88,9%)	60/106 (56,8%)	0,800
Endoleak (Absolute Anzahl)	79	11	68	-
Typ 1	20/79 (25,3%)	5/11 (45,5%)	15/68 (22,1%)	0,134
Typ 2 Lumbalarterie	32/79 (40,5%)	4/11 (36,5%)	28/68 (41,2%)	1,000
Typ 2 A. mesenterica superior	0/79 (0%)	0/11 (0%)	0/68 (0%)	-
Typ 2 A. mesenterica inferior	21/79 (26,5%)	1/11 (9,1%)	20/68 (29,4%)	0,271
Typ 2 Ohne Herkunfts- angabe	3/79 (3,8%)	0/11 (0%)	3/68 (4,4%)	1,000
Typ 3	2/79 (2,5%)	1/11 (9,1%)	1/68 (1,5%)	0,261
Typ 4	1/79 (1,3%)	0/11 (0%)	1/68 (1,5%)	1,000

Lymphozele/ Lymphfistel in der Leiste	2/115 (1,7%)	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000

C - Inzidenz von Reinterventionen - Primärhospitalisation

	EVAR gesamt (n=115)	EVAR rupturiert (n=9)	EVAR nicht – rupturiert (n=106)	p-Wert (rup. vs. nicht- rupturiert)
Allgemeine Inzidenz	39/115 (33,9%)	8/9 (88,9%)	31/106 (29,2%)	*0,033
Hämatom- ausräumung	4/115 (3,5%)	0/9 (0%)	4/106 (3,8%)	1,000
Vakuumpumpenan- lage (VAC)	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Wunddébridement	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Darmresektion	3/115 (2,6%)	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Re-Eingriff bei Nachblutung	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Thrombendarte- riektomie bei thrombembolischer Komplikation	7/115 (6,1%)	0/9 (0%)	7/106 (6,6%)	1,000
Stententfernung mit chirurgischem Aor- tenersatz bei Stentgraftver- schluss	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Versorgung einer Gefäßdissektion	10/115 (8,7%)	3/9 (33,3%)	7/106 (6,6%)	*0,031
Versorgung eines Aneurysma spuriums	13/115 (11,3%)	1/9 (11,1%)	12/106 (11,3%)	1,000
Versorgung einer Stentgraftdisloka- tion	2/115 (1,7%)	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000
Reintervention ei- nes Endoleak (Pati- enten)	10/115 (8,7%)	3/9 (33,3%)	7/106 (6,6%)	*0,031
Reintervention ei- nes Endoleak (Ab- solute Anzahl)	10	3	7	-
Typ 1	4/10 (40%)	2/3 (66,7%)	2/7 (28,6%)	0,500
Typ 2 Lumbalarterie	4/10 (40%)	1/3 (33,3%)	3/7 (42,9%)	1,000
Typ 2 A. mesenterica inferior	2/10 (20%)	0/3 (0%)	2/7 (28,6%)	1,000
Stentgraft- verlängerung	1/115 (0,9%)	1/9 (11,1%)	0/106 (0%)	0,078

D - Komplikationsinzidenz und Komplikationsspektrum nach der Entlassung

	EVAR gesamt (n=115)	EVAR rupturiert (n=9)	EVAR nicht – rupturiert (n=106)	p-Wert (rup. vs. nicht-ruptu- riert)
Allgemeine Inzidenz	22/115 (19,1%)	2/9 (22,2%)	20/106 (18,9%)	0,806
Darmischämie	3/115 (2,6%)	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Niereninfarkt	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Terminale Nierenin- suffizienz mit Dia- lyse	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Thrombemboli- scher Extremitäten- verschluss	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Gedeckte sekun- däre Ruptur	2/115 (1,7%)	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000
Freie sekundäre Ruptur	2/115 (1,7%)	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000
Aortoenterische Fistel	1/115 (0,9%)	1/9 (11,1%)	0/106 (0%)	0,078
Stentgraftinfektion	2/115 (1,7%)	0/9 (0%)	2/106 (1,9%)	1,000
Drohender Stent- graftverschluss	3/115 (2,6%)	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Gefäßdissektion	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Aneurysma spurium	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Stentgraftdisloka- tion	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Endoleak (Patienten)	8/115 (7,0%)	1/9 (11,1%)	7/106 (6,6%)	0,490
Endoleak (Absolute Anzahl)	8	1	7	-
Typ 1	2/8 (25%)	0/1 (0%)	2/7 (28,6%)	1,000
Typ 2 Lumbalarterie	3/8 (37,5%)	0/1 (0%)	3/7 (42,9%)	1,000
Typ 2 A. mesenterica superior	0/8 (0%)	0/1 (0%)	0/7 (0%)	-
Typ 2 A. mesenterica inferior	2/8 (25%)	0/1 (0%)	2/7 (28,6%)	1,000
Typ 2 Ohne Herkunfts- angabe	1/8 (12,5%)	1/1 (100%)	0/7 (0%)	0,125
Typ 3	0/8 (0%)	0/9 (0%)	0/7 (0%)	-
Typ 4	0/8 (0%)	0/9 (0%)	0/7 (0%)	-

Lymphozele/ Lymphfistel in der Leiste	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
--	--------------	----------	--------------	-------

E - Inzidenz von Reinterventionen mit Sekundärhospitalisation

	EVAR gesamt (n=115)	EVAR rupturiert (n=9)	EVAR nicht – rupturiert (n=106)	p-Wert (rup. vs. nicht-ruptu- riert)
Allgemeine Inzidenz	19/115 (16,5%)	1/9 (11,1%)	18/106 (17%)	1,000
Laparotomie bei Darmischämie	3/115 (2,6%)	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Thrombarteriektomie bei thrombembolischen Extremitäten- verschluss	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Stentgraftentfernung mit chirurgischem Aortenersatz bei: <ul style="list-style-type: none"> - Aortoenterischer Fistel - Gedeckter sekundärer Ruptur - Freier sekundärer Ruptur - Stentgraftdislokation (durch gedeckte Ruptur) 	4/115 (3,5%)	1/9 (11,1%)	3/106 (2,8%)	0,281
Stentgraftentfernung mit axillofemoralem Bypass bei infektionsbedingter Ruptur	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Reintervention bei drohendem Stentgraftverschluss	3/115 (2,6%)	0/9 (0%)	3/106 (2,8%)	1,000
Versorgung einer Gefäßdissektion	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000
Versorgung eines Aneurysma spuriums	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000

Reintervention eines Endoleak (Patienten)	7/115 (6,1%)	0/9 (0%)	7/106 (6,6%)	1,000
Reintervention eines Endoleak (Absolute Anzahl)	7	0	7	-
Typ 1	2/7 (28,6%)	0/0 (0%)	2/7 (28,6%)	-
Typ 2 Lumbalarterie	3/7 (42,9%)	0/0 (0%)	3/7 (42,9%)	-
Typ 2 A. mesenterica inferior	2/7 (28,6%)	0/0 (0%)	2/7 (28,6%)	-
Stentgraftverlängerung	1/115 (0,9%)	0/9 (0%)	1/106 (0,9%)	1,000

9. Weitere wichtige Parameter der operativen Gruppe

A - Prozedurale Zusatzdaten der operativen Gruppe

	OP gesamt (n=70)	OP rupturiert (n=19)	OP nicht-rupturiert (n=51)
Prothesen-Art	Billiakal: 36/70 (51,4%) Rohr: 20/70 (28,6%) Bifemoral: 14/70 (20%)	Billiakal: 6/19 (31,6%) Rohr: 9/19 (47,4%) Bifemoral: 4/19 (21,1%)	Billiakal: 30/51 (58,8%) Rohr: 11/51 (21,6%) Bifemoral: 10/51 (19,6%)

B - Komplikationsinzidenz und Komplikationsspektrum - Primärhospitalisation

	OP gesamt (n=70)	OP rupturiert (n=19)	OP nicht – rupturiert (n=51)	p-Wert (rup. vs. nicht-rupturiert)
Allgemeine Inzidenz	24/70 (34,3%)	13/19 (68,4%)	11/51 (21,6%)	***<0,001
Hämatom	4/70 (5,7%)	0/19 (0%)	4/51 (7,8%)	0,568
Wundheilungsstörung	6/70 (8,6%)	3/19 (15,8%)	3/51 (5,9%)	0,334
Darmischämie	11/70 (15,7%)	10/19 (52,6%)	1/51 (2%)	***<0,001
Kurzzeitige Dialyse für max. 2 Wochen	3/70 (4,3%)	2/19 (10,5%)	1/51 (2%)	0,177
OP- bedürftige Nachblutung	2/70 (2,9%)	0/19 (0%)	2/51 (3,9%)	1,000
Thrombembolischer Gefäßverschluss	1/70 (1,4%)	1/19 (5,3%)	0/51 (0%)	0,271
Platzbauch	1/70 (1,4%)	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000

Abdominelles Kompartmentsyndrom	6/70 (8,6%)	4/19 (21,1%)	2/51 (3,9%)	*0,042
--	-------------	--------------	-------------	--------

C - Inzidenz an Reoperationen - Primärhospitalisation

	OP gesamt (n=70)	OP rupturiert (n=19)	OP nicht – rupturiert (n=51)	p-Wert (rup. vs. nicht-rupturiert)
Allgemeine Inzidenz	19/70 (27,1%)	12/19 (65,2%)	7/51 (13,7%)	***<0,001
Hämatomausräumung	1/70 (1,4%)	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000
Vakuumpumpenanlage (VAC)	4/70 (5,7%)	2/19 (10,5%)	2/51 (3,9%)	0,296
Wunddébridement	3/70 (4,3%)	0/19 (0%)	3/51 (5,9%)	0,557
Darmresektion	11/70 (15,7%)	10/19 (52,6%)	1/51 (2%)	***<0,001
Reoperation bei Nachblutung	2/70 (2,9%)	0/19 (0%)	2/51 (3,9%)	1,000
Bypass-OP bei thrombembolischem Extremitätenverschluss	1/70 (1,4%)	1/19 (5,3%)	0/51 (0%)	0,271
Reoperation bei Platzbauch	1/70 (1,4%)	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000
Laparotomie bei abdominellem Kompartmentsyndrom	5/70 (7,1%)	3/19 (15,8%)	2/51 (3,9%)	0,119

D - Komplikationsinzidenz und Komplikationsspektrum nach der Entlassung

	OP gesamt (n=70)	OP rupturiert (n=19)	OP nicht – rupturiert (n=51)	p-Wert (rup. vs. nicht-rupturiert)
Allgemeine Inzidenz	8/70 (11,4%)	0/19 (0%)	8/51 (15,6%)	0,097
Verwachsungsbauch	1/70 (1,4%)	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000
Narbenhernie	6/70 (8,6%)	0/19 (0%)	6/51 (11,8%)	0,180
Anastomosenerneurysma	1/70 (1,4%)	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000

E - Inzidenz an Reoperationen mit Sekundärhospitalisation

	OP gesamt (n=70)	OP rupturiert (n=19)	OP nicht – rupturiert (n=51)	p-Wert (rup. vs. nicht- rupturiert)
Allgemeine Inzidenz	7/70 (10%)	0/19 (0%)	7/51 (13,7%)	0,177
Adhäsiolyse	1/70 (1,4%)	0/19 (0%)	1/51 (2%)	1,000
Hernienversor- gung	6/70 (8,6%)	0/19 (0%)	6/51 (11,8%)	0,180

