

Aus dem  
St. Joseph Krankenhaus Berlin – Tempelhof  
Medizinische Klinik II, Nephrologie  
in Zusammenarbeit mit  
der Medizinischen Universitätsklinik und Poliklinik Tübingen  
Abteilung Innere Medizin IV  
(Schwerpunkt: Diabetologie, Endokrinologie und Nephrologie)

**Prognose und Therapie von Typ-3-Stenosen des Shuntes bei  
Dialysepatienten**

**Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen**

**vorgelegt von**

**Kranz, Ines**

**2024**

Dekan: Professor Dr. B. Pichler

1. Berichterstatter: Professorin Dr. C. Erley  
2. Berichterstatter: Professorin Dr. M. Guthoff

Tag der Disputation: 09.10.2024

# Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>I</b>
<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>IV</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>V</b>
<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>VI</b>
<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Dialyseshunt</i> .....	1
1.1.1 AV-Fisteln, auch Cimino-Brescia-Shunt, Cimino-Brescia-Fistel .....	1
1.1.2 Prothesenshunt .....	3
1.2 <i>Komplikationen</i> .....	3
1.2.1 Genauere Betrachtung der Shuntstenose .....	3
1.3 <i>Therapie von Shuntstenosen</i> .....	5
1.4 <i>Fragestellung</i> .....	5
1.5 <i>Patientenkollektiv</i> .....	6
<b>2 Material und Methoden .....</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Studiendesign</i> .....	7
2.2 <i>Ethikstatement</i> .....	7
2.3 <i>Einschlusskriterien</i> .....	7
2.4 <i>Shuntangiographien</i> .....	8
2.4.1 Vorbereitung .....	8
2.4.2 Durchführung.....	9
2.5 <i>Material</i> .....	10
2.5.1 Balloorkatheter .....	10
2.5.2 Stentimplantationen .....	11
2.5.3 Medikamente.....	11
2.6 <i>Statistische Methoden</i> .....	11
2.6.1 Ermittlung von Zeiträumen.....	12
2.6.2 Rundungsregeln .....	13
2.7 <i>Definitionen</i> .....	13
2.7.1 Erfolg der Intervention.....	13
2.7.2 Offenheitsrate.....	13
2.8 <i>Endpunkt</i> .....	13

2.9	<i>Komorbiditäten</i> .....	14
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>15</b>
3.1	<i>Patientenkollektiv</i> .....	15
3.1.1	Darstellung der Verteilung von Alter und Geschlecht.....	15
3.1.2	Typisierung der Shunts .....	16
3.2	<i>Übersicht der Offenheitsrate Typ I</i> .....	17
3.2.1	Zusammenfassung der Offenheitsrate Typ I ohne Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose	17
3.2.2	Zusammenfassung der Offenheitsrate Typ I mit Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose	18
3.3	<i>detaillierte Betrachtung der Offenheitsrate Typ I bei der Typ-3-Stenose</i> .....	19
3.4	<i>Übersicht der Offenheitsrate Typ II (Rezidiv-Stenose)</i> .....	22
3.4.1	Zusammenfassung der Offenheitsrate Typ II ohne Intervention vor erneuter Typ-3-Stenose	22
3.4.2	Zusammenfassung der Offenheitsrate Typ II mit Intervention vor erneuter Typ-3-Stenose	23
3.5	<i>detaillierte Betrachtung der Offenheitsrate Typ II bei erneuter Typ-3-Stenose</i> .....	23
3.5.1	Intervention zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose.....	26
3.5.2	Kleineres Patientenkollektiv bei der Offenheitsrate Typ II .....	27
3.6	<i>Therapie einer Shuntstenose</i> .....	28
3.7	<i>Nebenerkrankungen und Medikamente</i> .....	29
3.7.1	Medikamente.....	31
<b>4</b>	<b>Diskussion</b> .....	<b>33</b>
4.1	<i>Allgemeines</i> .....	33
4.2	<i>Entstehung von Shuntstenosen</i> .....	34
4.3	<i>Diagnose einer Shuntstenose</i> .....	34
4.4	<i>Therapie von Shuntstenosen</i> .....	35
4.5	<i>Verschiedene Offenheitsraten</i> .....	37
4.5.1	Typ I.....	37
4.5.2	Typ II .....	40
4.6	<i>Subtypen der Prothesenshunts</i> .....	42
4.7	<i>Prognostische Faktoren</i> .....	43

<b>5 Zusammenfassung</b> .....	<b>45</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>47</b>
<b>Erklärung zum Eigenanteil</b> .....	<b>49</b>
<b>Danksagung</b> .....	<b>50</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Skizze einer arteriovenösen Anastomose am Unterarm.....	2
Abbildung 2: Gründe für den Ausschluss aus dem Patientenkollektiv .....	15
Abbildung 3: Diagramm zur Verteilung der Shuntarten mit Betrachtung der Geschlechtsverteilung.....	16
Abbildung 4: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ I mit Intervention bei nativer AV-Fistel und AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat .....	19
Abbildung 5: Darstellung der Interventionshäufigkeit vor Auftreten der ersten Typ-3-Stenose.....	27
Abbildung 6: Verteilung der Patienten ohne weitere Stenosen, unterteilt in Zehnjahresschritten.....	28
Abbildung 7: Darstellung der Therapieoptionen bei Auftreten einer Typ-3-Stenose ....	29
Abbildung 8: Darstellung der Geschlechtsverteilung bei dem Auftreten eines Diabetes mellitus Typ II in der Nebendiagnose .....	30
Abbildung 9: Darstellung der Geschlechtsverteilung bei dem Auftreten einer Herzinsuffizienz in der Nebendiagnose.....	30
Abbildung 10: Verteilung gemeinsames Auftreten der Nebenerkrankungen Diabetes mellitus Typ II und Herzinsuffizienz und Einzelvorkommen, geschlechtsbezogen .....	31
Abbildung 11: Prozentuale Angabe der Patienten mit ASS 100 Einnahme.....	31

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Überblick Altersverteilung gesamt und geschlechtsbezogen.....	16
Tabelle 2: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ I ohne Intervention vor erster Typ-3-Stenose bei verschiedenen Shunttypen.....	17
Tabelle 3: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ I mit Intervention bei verschiedenen Shunttypen .....	18
Tabelle 4: Patientenanzahl und durchschnittliche Zeit (in Jahren) zwischen Shuntanlage und erster Typ-3-Stenose (Offenheitsrate Typ I) ohne Intervention vor erster Shuntstenose .....	20
Tabelle 5: Patientenanzahl und durchschnittliche Zeit (in Jahren) zwischen Shuntanlage und erster Typ-3-Stenose (Offenheitsrate Typ I) mit Intervention vor erster Shuntstenose .....	21
Tabelle 6: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ II ohne Intervention zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose bei verschiedenen Shunttypen.....	22
Tabelle 7: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ II mit Intervention zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose bei verschiedenen Shunttypen.....	23
Tabelle 8: Zeit (in Jahren) pro Patientenanzahl zwischen erster Typ-3-Stenose und erneuter Typ-3-Stenose (Offenheitsrate Typ II) ohne Intervention zwischen den Shuntstenosen.....	24
Tabelle 9: durchschnittliche Offenheitsrate Typ II in Betrachtung der Geschlechtsverteilung bei Patienten ohne eine Intervention zwischen den Typ-3-Stenosen .....	25
Tabelle 10: Zeit (in Jahren) pro Patientenanzahl zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose (Offenheitsrate Typ II) mit einer Intervention zwischen den Shuntstenosen ...	25
Tabelle 11: durchschnittliche Offenheitsrate Typ II in Betrachtung der Geschlechtsverteilung bei Patienten mit einer Intervention zwischen den Typ-3-Stenosen .....	26
Tabelle 12: Gruppierung der Patienten, die keine erneute Typ-3-Stenose aufwiesen und aus der Betrachtung für die durchschnittliche Offenheitsrate Typ II fielen .....	28
Tabelle 13: Überblick zum Auftreten einer der beiden betrachteten Nebenerkrankungen (in absoluten Zahlen) während des Beobachtungszeitraumes .....	30

**Abkürzungsverzeichnis**

HD	Hämodialyse
A.	Arteria
AV	arteriovenös
AVF	arteriovenöse Fistel
DSA	digitale Subtraktionsangiographie
FKDS	farbkodierte Dopplersonographie
HIT	Heparin induzierte Thrombozytopenie
I.E.	internationale Einheit
NOAK	neue orale Antikoagulanzen
PSV	prästenotische systolische Spitzengeschwindigkeit
PTA	perkutane transluminale Angioplastie
PTFE	Polytetrafluorethylen
V.	Vena



## 1 Einleitung

In Deutschland steigt die Zahl der dialysepflichtigen Patienten seit Jahren an. Dies ist in dem demographischen Wandel sowie in dem medizinischen Fortschritt in weiteren internistischen Fachdisziplinen, wie der Kardiologie und Diabetologie, begründet (Erley and Kleophas, 2021). Vorherrschend unter den möglichen Verfahren der Nierenersatztherapie bei terminal niereninsuffizienten Patienten ist die Hämodialyse (HD) (Meyer and Shahverdyan, 2021). Diese Subklasse macht beim Nierenersatzverfahren den größten Anteil aus (94,25%) (Hollenbeck et al., 2014). Patienten, die diese Form der Nierenersatztherapie erhalten, brauchen einen Dialysezugang- meist sogenannte „Dialyseshunt“.

### 1.1 Dialyseshunts

Der Dialyseshunt ist eine chirurgisch angelegte Kurzschlussverbindung (Shunt) zwischen einer Arterie und einer Vene bei Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz. Vor der Shunt-Erstanlage sollte berücksichtigt werden, dass ein ausreichendes Flussvolumen ohne Auftreten einer Steel-bedingten Ischämie oder eine Entwicklung von Herzinsuffizienzzeichen erzeugt wird. Es sollte ein ausreichend langes Segment zur Punktion angestrebt werden. Operationstechnisch und in Hinblick auf eine problemlose Punktion ist die Shuntanlage am Handgelenk oder in der Ellenbeuge zu platzieren (Hollenbeck et al., 2009).

#### 1.1.1 AV-Fisteln, auch Cimino-Brescia-Shunt, Cimino-Brescia-Fistel

Die häufigste Indikation zur Shuntanlage ergibt sich aus der Notwendigkeit des Beginns einer Hämodialyse bei terminaler Niereninsuffizienz. Hierbei ist die Anlage eines arteriovenösen Gefäßzuganges als erste Wahl anzusehen. Nachteil des arteriovenösen Shunts ist eine nötige Reifungszeit von sechs bis acht Wochen vor Erstnutzung. Aufgrund häufiger Korrekturoperationen nach Shunterstanlage, ist eine rechtzeitige Planung wichtig. Darüber hinaus ist ab drohender Dialysepflichtigkeit die Nutzung der zur Auswahl stehenden Venen durch Blutentnahmen oder Infusionen möglichst zu vermeiden. Vor Shunterstanlage ist eine ausführliche körperliche Untersuchung sowie Anamnese erforderlich. Bei den apparativen Diagnostiken hat insbesondere die

Duplexsonographie einen besonderen Stellenwert. Um eine möglichst hohe Erfolgsquote des dialysefähigen Shunts zu erreichen, sollte die Arterie mindestens 1,6mm im Durchmesser groß sein. Der Venendurchmesser sollte, je nach Lokalisation, einen solchen von mindestens 2-3mm haben. Ein weiteres Ziel der Planung ist die möglichst distale Anlage eines arteriovenösen Shunts. Bei der Anlage einer nativen AV-Fistel entsteht eine Verbindung durch chirurgische Naht als Seit-zu-End-Anastomose zwischen Vene und Arterie. Diese Naht erfolgt unter fortlaufender Nahttechnik. Um eine Mobilisierung so gering wie möglich zu machen und somit eine potentielle Stenose hervorzurufen wird darauf geachtet, dass Arterie und Vene so eng wie möglich zusammen liegen (Ghadban et al., 2016).

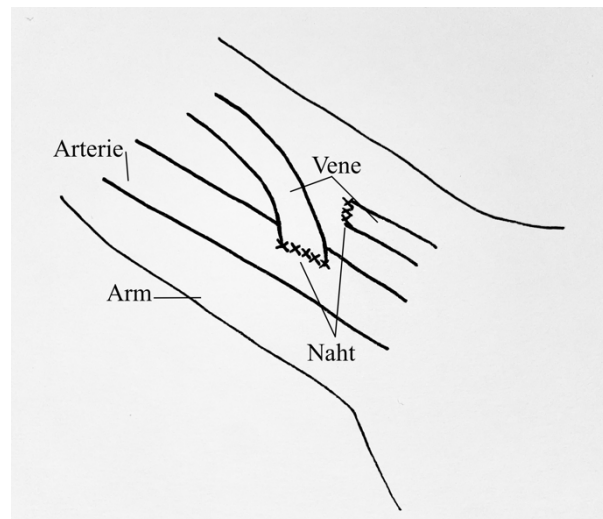


Abbildung 1: Skizze einer arteriovenösen Anastomose am Unterarm

Die Cimino-Fistel, auch Cimino-Brescia-Fistel genannt, ist eine arteriovenöse Shuntverbindung zwischen der Arteria radialis und Vena cephalica. Hierbei befindet sich die Anastomose am distalen Unterarm. Sofern die Anlage einer distalen Cimino-Fistel unmöglich ist, ist ein Zusammenführen beider Gefäße auch weiter proximal möglich. Zu beachten ist jedoch, dass bei cubitalen oder weiter proximalen Fisteln die Gefahr einer Hypoperfusion distal des Shunts entsteht. Hierdurch ist die Ausbildung einer hämodynamisch relevanten Handischämie mit weiteren Komplikationen möglich (Ghadban et al., 2016). Als eine Gracz-Fistel wird ein arteriovenöser Shunt distal der Ellenbeuge bezeichnet. Dieser wird durch Verbindung der Vena perforans mit der Arteria radialis angelegt. Durch die Vena perforans wird eine Verbindung zwischen

superfizialem und tiefem Venensystem geschaffen. Somit ist eine Einspeisung des Blutes sowohl in die Vena cephalica also auch die Vena basilica möglich (Hoffmann, 2022).

### 1.1.2 Prothesenshunt

Beim Prothesenshunt wird ein arteriovenöser Shunt unter Einsatz eines nachgeahmten Blutgefäßes aus synthetischer Substanz angelegt. Hierbei besteht die Möglichkeit eines gradlinigen Interponats („straight graft“) zwischen der Arteria brachialis und der Vena cephalica, der Vena axillaris oder der Vena jugularis. Die Gefäßprothese ähnelt einem Kunststoffrohr mit geringem Volumen. Sie ist zusammengesetzt aus Polytetrafluorethylen (PTFE/ Gore-Tex). Gründe für die Prothesenshunanlage können ebenso unzureichende venöse oder arterielle Gefäßverhältnisse, wie auch eine unzureichende Entwicklung der Vene nach Shunt-OP, sein. Auch hier muss das Vorhandensein eines suffizienten Blutflusses der Arterie sowie einer geeigneten Vene vorab geprüft werden. Als Unterform des Prothesenshunts sind die schleifenförmigen AV-Protheseninterponate, kurz Loop, zu nennen. Sie werden ebenfalls bei einer ungünstigen Gefäßlage oder bei fehlender Perspektive auf Reifung eines funktionsfähigen Shuntgefäßes nach einer AV- Fistelanlage genutzt (Gerd Breuch, 2017).

## 1.2 Komplikationen

Nach Anlage eines Dialyseshunts können verschiedene Komplikationen auftreten. Da die Morbidität und Lebensqualität des Niereninsuffizienten von einer guten Funktion des Dialyseshunts abhängen, müssen Shuntprobleme frühzeitig erkannt und richtig interpretiert werden (Massmann et al., 2023).

Häufige Komplikationen sind Thrombosen, Infektionen oder Stenosen des Shunts. Dabei stellen thrombotische Verschlüsse und eine zunehmende Verengung des Lumens die häufigste Ursache für die Abnahme einer Shuntfunktion dar (Kuhlmann, 2015).

### 1.2.1 Genauere Betrachtung der Shuntstenose

Neben der Genese, Entstehung und dem Erkennen einer Shuntstenose muss ebenfalls die Lokalisation der Stenose beachtet werden. In 55-75 % der Fälle liegt diese bei radiocephalen AV-Fisteln anastomosennah und nur 25 % finden sich im venösen Abstrom. Bei brachiocephalen, brachiobasilicalen und anderen Fisteln in der Ellenbeuge

finden sich Stenosen meist (55 %) an der Einmündung der Vena cephalica in die Vena axillaris bzw. der Vena basilica in die Vena brachialis (Hollenbeck et al., 2009). Hieraus folgt eine Differenzierung von Shuntstenosen. Dabei kann betrachtet werden, ob es sich um eine Shuntstenose einer AV-Fistel oder eines Prothesenshunts handelt. Des Weiteren ist von V. Mickley 2004 eine Klassifizierung von AV-Fistel-Shuntstenosen veröffentlicht worden, die sich vor allem an einer praktischen Einteilung orientiert. V. Mickley unterscheidet in vier Typen venöser Stenosen je nach anatomischer Lokalisation (Kellersmann and Kickuth, 2014). Als Typ-1-Stenose wird die anastomosennahe Shuntstenose bezeichnet. Diese entsteht am häufigsten durch eine Intimahypertrophie, häufig verursacht durch chirurgische Intervention. Ebenfalls liegt die Genese regelmäßig in der chirurgischen Verletzung sowie in Scherkräften des Blutflusses (Kellersmann and Kickuth, 2014, Metzler, 2019). Stenosen, die in der Punktionsstrecke der AV-Fistelvene lokalisiert sind, werden als Typ-2-Stenosen bezeichnet. Ihre Genese liegt häufig am Anfang der AV-Fistelreifung in Bereichen vorangegangener schwieriger Punktionen oder sie entwickeln sich durch Fehl- und/ oder häufigem Gebrauch des Shunts (Kellersmann and Kickuth, 2014). Am Übergang von der oberflächlich liegenden AV-Fistelvene zum tiefen Venensystem findet man Shuntstenosen des dritten Typs, auch bekannt als Junktionsstenosen. Sie werden häufig bei AV-Fisteln am Oberarm, den sogenannten Brachiocephalen-Fisteln, detektiert. Auffällig ist, dass die Typ-3-Stenose weniger häufig mit Diabetes mellitus in der Nebendiagnose assoziiert ist (Kellersmann and Kickuth, 2014). Ein hoher Anteil an Typ-3-Stenosen ist wahrscheinlich auf hohe Flussraten beim AV-Fisteltyp und die Eigenschaften des Blutflusses einer Junktion sowie auf die anatomische Lage mit hoher Beweglichkeit im Bewegungsabschnitt zurückzuführen (Kellersmann and Kickuth, 2014). Bei nativen AV-Fisteln wird eine Typ-3-Stenose auch als Einmündungsstenose bezeichnet. Als zentrale Stenose wird die Typ-4-Stenose benannt. Sie ist die dritthäufigste Ursache einer Stenose. Es bietet sich an, in diesem Zusammenhang ebenfalls die von der Arterie des Shunts ausgehende Stenose ebenfalls zu typisieren. Diese wird als Typ-0-Stenose bezeichnet (Metzler, 2019). Eine ähnliche Typisierung existiert für Prothesenshunts. Ein Großteil der Prothesenshuntstenosen findet sich in der venösen Anastomose. Ihre Genese liegt meist in einer neointimalen Hyperplasie (Kellersmann and Mickley, 2010). Bei den Prothesenshuntstenosen wird in drei Typen differenziert. Die Typ-I-Stenose ist eine Stenose an der arteriellen

Anastomose. Die Typ-II-Stenose befindet sich im Punktionssegment. Dies kann durch ein Pseudoaneurysma oder eine Prothesensklerose bedingt sein. Bei Hypotonie oder Exsikkose kann ebenfalls das Bild einer Typ-II-Stenose auftreten. Die Typ-III-Stenose ist eine Anschlussvenenstenose. Sie ist eine Stenose an der protheto-venösen-Anastomose.

### 1.3 Therapie von Shuntstenosen

Hämodynamisch relevante Shuntstenosen müssen interveniert werden. Hierbei kann mittels Katheterintervention oder gegebenenfalls Operation vorgegangen werden. Die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) ist in der Regel die erste Option zur Auflösung vaskulärer Stenosen. Diese Technik kann in sowohl arteriellen als auch venösen Shuntstenosen und somit Läsionen vom Typ 0 bis 4 angewandt werden. Dabei wird eine Erfolgsrate bei Eingriffen am perfundierten Shunt von 95 bis 98 % angegeben (Wittenberg, 2019). Die Balloondilatation induziert eine lokale Gefäßwandüberdehnung durch Aufdehnung der Muskelfibrillen, wodurch die Gefäßwand unwiderruflich lädiert wird. Als Resultat wird so eine permanente lokale Ektasie der Gefäßwand erzielt. Im Zuge der körpereigenen Wiederherstellungsprozesse der Gefäßwandverletzung kommt es nun entweder zur persistierenden Gefäßerweiterung oder zu einer überschießenden Intimabildung mit einhergehender Rezidivstenose. Die Gefahr eines Rezidivs der Stenose ist nach durchgeführter PTA in den ersten sechs bis 12 Monaten am höchsten. Dies liegt an den zu dieser Zeit entscheidenden Reparationsvorgängen (Kauffmann et al., 2006). Weiter spielt die Morphologie der Gefäßwand an der Stenose eine entscheidende Rolle für die Erfolgsaussichten einer Balloonangioplastie. Kommt es zu keinem anhaltenden Ergebnis der Balloonangioplastie verwendet man Stents als Endoprothesen. Hier benutzt man Metallprothesen, die das Gefäßlumen dilatiert halten. Diese können mithilfe eines Balloonkatheters eingesetzt werden („balloonexpandierende“ Stents) oder sie falten sich eigenständig im Gefäß aus („selbstexpandierende“ Stents) (Kauffmann et al., 2001).

### 1.4 Fragestellung

In der folgenden Arbeit wird der Verlauf von Typ-3-Stenosen näher betrachtet. Es handelt sich um eine retrospektive Auswertung der angiographisch nachgewiesenen Typ-3-Stenosen bei den dialysepflichtigen Patienten des Shuntzentrums des St. Joseph Krankenhaus Berlin-Tempelhof. Die Daten wurden im Rahmen einer internen

Qualitätskontrolle erhoben. Bei der Recherche zeigte sich, dass sich sowohl Schaefer et al. als auch Geis (Geis, 2012) mit dem Thema der Shuntstenosen auseinandergesetzt haben. Dabei haben sich Schaefer et al. mit einem nicht selektiven Probandenanteil mit der Offenheitsrate nach interventioneller Shunttherapie beschäftigt (Schaefer et al., 2006). Geis hat die Frage bearbeitet, ob sich für die postinterventionelle Offenheitsrate förderliche Faktoren aufzeigen lassen.

Ob sich ein signifikanter Unterschied in der Ausbildung von Typ-3-Stenosen zwischen einem nativen Shunt und einem Gefäßprothesenshunt ergibt, ist die Fragestellung dieser Promotion. Weiter ging es um die Erfassung möglicher Risikofaktoren. Dabei wurden neben relevanten demographischen Daten (Alter, Geschlecht) weitere Faktoren in die Arbeit mit einbezogen. Zum einen die Dialysedauer über dem betrachteten Shunt bis zum erstmaligen Auftreten einer Komplikation. Und zum anderen wurden Nebenerkrankungen, wie Diabetes mellitus und eine vor Dialyse bestehende Herzinsuffizienz betrachtet. Die Daten wurden dahingehend untersucht, ob sich ein signifikanter Unterschied in der Offenheitsrate nach Erstintervention zwischen nativen AV-Fisteln und Prothesenshunts zeigte. Darüber hinaus wurde die Offenheitsrate nach PTA einer Typ-3-Stenose einer AV-Fistel mit einem Prothesenshunt verglichen.

### 1.5 Patientenkollektiv

Es wurden Patientendaten aus dem St. Joseph Krankenhaus Berlin-Tempelhof im Zeitraum von 2009-2018 retrospektiv erfasst und aufgearbeitet.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Studiendesign

Insgesamt wurden retrospektiv die Angiographien von 367 Patienten im Zeitraum von 2009 bis 2018 aufgearbeitet und die Patienten dabei in eine Gruppe mit nativen AV-Fisteln und in eine Gruppe mit Prothesenshunts unterteilt. Diese Verläufe und insbesondere die Offenheitsrate der Shunts wurden gegenübergestellt und näher betrachtet.

### 2.2 Ethikstatement

Der Arbeitsausschuss II der Ethik- Kommission der Ärztekammer Berlin hat am 12.02.2020 ein positives Ethikvotum ausgesprochen (Registrierungsnummer Eth-11/19). Dabei wurden die Richtlinien nach der Deklaration von Helsinki des Weltärztebundes niedergelegter ethischer Grundsätze für die medizinische Forschung am Menschen sowie die Empfehlungen der ICH-Guideline for Good Clinical Practice eingehalten.

### 2.3 Einschlusskriterien

Bei der Arbeit handelt es sich um eine systematische Aufarbeitung der seit Jahren aufgrund der Qualitätsrichtlinien erfassten Interventionen und Untersuchungen der Nephrologen, Chirurgen und Radiologen des St. Joseph Krankenhauses Berlin-Tempelhof. Das betrachtete Kollektiv setzt sich aus Patienten und Patientinnen (im Folgenden: Patienten) zusammen, bei denen im St. Joseph Krankenhaus Berlin-Tempelhof in der Abteilung für Radiologie („Ihre Radiologen.de“) eine radiologische Shuntangiographie an einer arteriovenösen Fistel oder einem Prothesenshunt durchgeführt wurde. Der Beobachtungszeitraum für den Verlauf der Shunts erstreckt sich vom 01.01.2009 bis 31.12.2018. Mithilfe des PACS (PC-System der Radiologie) wurden alle Patientinnen und Patienten identifiziert, bei denen im Betrachtungszeitraum eine Intervention der Shuntstenose vorgenommen wurde. Es erfolgte zunächst der Aufbau einer Datenbank mit dem Programm Excelsheets von Microsoft. Insgesamt wurden 367 Patienten herausgefiltert, anonymisiert und in die Studie eingeschlossen. Anschließend fanden eine Gruppierung nach Altersgruppen in Zehn-Jahres-Schritten (20-29 Jahre, 30-39 Jahre, 40-49 Jahre, 50-59 Jahre, 60-69 Jahre, 70-79 Jahre, 80-89 Jahre und 90-99

Jahre), sowie eine Gruppierung nach Geschlecht statt. Weiter wurden die Patienten mit erstmaliger Intervention seit Shuntanlage von denen getrennt, die bereits vor der ersten Typ-3-Stenose eine shuntchirurgische oder radiologische Intervention bekommen hatten. Sodann wurden den Patienten unter Nutzung der krankenhausinternen Patientenakten durch das Krankenhausinformationssystem (KIS) iMedOne die Komorbiditäten Diabetes mellitus Typ II und Herzinsuffizienz zugeordnet, sowie eine vorhandene Antikoagulation mit dem Thrombozytenaggregationshemmer ASS 100. Diese wurden als prognostische Faktoren untersucht.

Folgende Punkte mussten die Patienten erfüllen, um in die statistische Auswertung eingeschlossen zu werden:

- Die radiologische Intervention der Typ-3-Stenose am Shunt erfolgte im betrachteten Zeitraum.
- Der Patient war in diesem Zeitraum dialysepflichtig und war mindestens ein Mal in stationärer Behandlung im St. Joseph Krankenhaus Berlin-Tempelhof.
- Der Monat und das Jahr der Shuntanlage waren bekannt.
- Der Patient hatte im Krankenhausinformationssystem (KIS) iMedOne eine digitale Patientenakte.

## 2.4 Shuntangiographien

### 2.4.1 Vorbereitung

Eine Intervention an einer Shuntstenose wurde durchgeführt, wenn der einweisende Arzt an der Dialyse, am häufigsten aufgrund einer Flussveränderung, einer verlängerten Abdruckzeit oder Veränderung der Dialyseeffektivität den Verdacht einer Shuntstenose stellte. Dann kam es zur Überweisung zu den Radiologen oder zunächst zu den Shuntchirurgen des St. Joseph Krankenhauses Berlin-Tempelhof. Unter Umständen wurde eine shuntchirurgische Überprüfung des Shunts mittels Dopplersonographie vorgenommen. Bei Verdacht auf eine relevante hämodynamisch bzw. funktional einschränkende Stenose wurde der Patient an die Radiologen des Krankenhauses weitergeleitet. Diese Indikation traf zu, wenn eine Stenose sonographisch mehr als 40-50 % des Shuntdurchmessers ausmachte. (Radeleff, 2021).



#### 2.4.2 Durchführung

Nach Feststellung einer rechtfertigenden Indikation zur Shuntangiographie wurde der Patient vor der Intervention über die Maßnahmen und mögliche Komplikationen durch die Radiologen aufgeklärt. Dann erfolgte die Vorbereitung des Patienten für die Untersuchung. Hierfür wurde der Patient auf eine Patientenliege platziert und der betroffene Arm mit Abstand zum Körperstamm gelagert. Es folgte eine Desinfektion des betroffenen Hautareals und Abdeckung mit einem sterilen Lochtuch. Darüber hinaus erfolgte eine Abtrennung zum Körperstamm durch eine weitere Abdeckfolie, um den sterilen Bereich zusätzlich zu sichern (Radeleff, 2021).

Zunächst erfolgte die Punktion des Shunts durch eine Venenverweilkanüle unter sterilen Kautelen. Die Radiologen begannen mit einer retrograden oder antegraden Punktion der Shuntarterie oder -vene. Es wurde eine Angiographienadel gewählt, die in ihrer Größe in der Regel zwischen 18G und 22G beträgt. Im Anschluss wurde die Shuntsituation orientierend dargestellt. Nach Inspektion der Situation und Shuntstenose wurde entschieden, ob die Stenose eine hämodynamische Relevanz aufwies. Kriterien für eine hämodynamische Relevanz waren hierbei eine duplexsonographisch verminderte Flussrate sowie die klinische Einschätzung der Shuntchirurgen. Wenn dies der Fall war, wurde entschieden wie weiter vorzugehen war.

In der Seldingertechnik wurde über einen hydrophil beschichteten Führungsdraht eine vier- bis neun-F-Schleuse eingebracht. Die Führungsdrähte dienen dem Sondieren von Stenosen sowie zum Einführen der verschiedenen Arten von Kathetern. Über die Schleuse konnte nun die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) mit einem entsprechenden Balloonkatheter durchgeführt werden. Im Anschluss folgte eine Kontrolldarstellung mittels einer Röntgenkontrastmittelgabe und die Entfernung der Zugänge. Abschließend wurde die Punktionsstelle komprimiert und ein (Druck-) Verband angelegt.

Am häufigsten wurde die PTA als Verfahren der Wahl genutzt. Ein Cutting-Balloon kam zum Einsatz, wenn die Lokalisation der Shuntstenose für eine PTA ungeeignet war (Wittenberg, 2019). Der Zugangsweg bei einer Shuntangiographie gelang entweder durch eine venöse oder eine arterielle Punktion. Entscheidend für den Zugangsweg waren die Lokalisation der Läsion und die Art des Shunts. Lag eine Brescia-Cimino-Fistel vor, erfolgte die Entscheidung für einen venösen Zugang. Vor Punktion wurde der Shuntarm

gestaut. Je nach Venenverhältnis wurde entweder unmittelbar mit einer großlumigen Kanüle punktiert und im Anschluss ein Führungsdraht eingeführt. Bei eher schwach ausgebildeten, schlecht tastbaren Venen wurde zunächst mit der Mikropunktionstechnik begonnen. Je nach anatomischer Lage der Stenose wurde anterograd oder retrograd punktiert. Bei Typ-3-Stenosen, die einer proximalen Stenose entsprechen, wurde eine distale Punktionsstelle in der Shuntvene verwendet. Antegrad arteriell wurde die Arteria brachialis als zweiter Zugangsweg punktiert, wenn eine anastomosennahe venöse Stenose über den herkömmlichen Weg nicht passierbar war. Hier griff man auf eine Mikropunktionstechnik zurück und legte eine 4-F-Schleuse ein (Radeleff, 2021).

## 2.5 Material

Für die Shuntangiographie wurde zunächst ein arterieller Zugang mittels Arteriofix-Kanüle gelegt. Anschließend erfolgte eine Darstellung der Gefäße durch Kontrastmittelgabe über diesen Zugang. Nach sicherer Darstellung folgten dann die eigentliche Durchführung der Shuntintervention mit dem Ziel des Behebens der Shuntstenose.

### 2.5.1 Balloonkatheter

Bevor der Balloonkatheter zum Einsatz kam, wurde versucht, die Stenose mittels eines Führungsdrahtes zu überwinden. Nach Einlegen der Schleuse konnte der entsprechend gewählte Balloon an die Engstelle geführt werden. Im Anschluss wurden der Ballonkatheter über die Schleuse und den Führungsdraht vorgeschoben, der Balloon mittels eines Röntgenkontrastmittels bis zur Stenose vorgebracht und der Balloon unter Druckkontrolle aufgeblasen. Um Stenosen suffizient zu dilatieren, empfiehlt es sich eine Balloondilatation zu verwenden. Hierbei ist vorrangig der 5-F-Flachprofilkatheter einzusetzen. Dieser ist zusammen mit hydrophilen 0,035“-Führungsdrähten geeignet, um auch in Kurven oder der Arterie eingesetzt zu werden (Radeleff, 2021). Hochdruckballoons, wie Wanda-Balloons oder Mustang- Balloons, werden bei schwer dilatierbaren Stenosen verwendet. In seltenen Fällen wurde ein Cutting- Balloon verwendet. Auf einem Cutting-Balloon sind vier kleine Atherotome fixiert. Diese können sich, ohne eine vollständige Perforation der Gefäßwand zu bewirken, in mehrere Zellschichten der Wand einschneiden. Weiter werden Balloons, die Medikamente

freisetzen („drug eluting balloons“) vor allem bei Rezidivstenosen verwendet (Wittenberg, 2019). Die in dieser Arbeit verwendeten Materialien für die Shuntangiographien sind Schleusen der Firma „Cordis“ der Größe F7-5 und für 4F-Schleusen der Firma „Biotronik“ sowie Dilatations-Katheter der Firma „Boston Scientific“ verwendet. Nach Beenden der Untersuchung wurde der Zugang mehrere Minuten manuell abgedrückt, bevor ein Druckverband angelegt wurde.

### 2.5.2 Stentimplantationen

Das Einsetzen von Stents zum Beheben einer Stenose fand beim betrachteten Patientenkollektiv in deutlich geringerer Häufigkeit statt. Es wurden insgesamt nur zehnmal Stents verwendet. Allgemein wird die Stentimplantation bei wiederholter erfolgloser Balloondilatation oder bei wiederkehrenden Rezidivstenosen durchgeführt.

### 2.5.3 Medikamente

In der Durchführung von Shuntangiographien gaben die Radiologen regelhaft kein Heparin in höherer Dosierung. In der Regel wurde die Spülflüssigkeit niedrigdosiert mit Heparin versetzt. Eine intrainterventionelle Gabe von Heparin wurde nur in Ausnahmefällen bei zu erwartendem deutlich erhöhtem Thromboserisiko (z.B. bei komplexer Intervention, Langstreckenstenosen oder einer entsprechenden Patientenanamnese) gewählt. Bei Unverträglichkeit gegenüber Heparin (z.B. bei einer bekannten HIT) entfiel die Heparingabe ersatzlos.

Es wurde nach Ausschluss einer Hyperthyreose und bei bekannter Kontrastmittelallergie nach Prämedikation mit Prednisolon und Dimetindenmaleat, Iopamidol als iodhaltiges Röntgenkontrastmittel verwendet, um den Shunt bei der Kontrolldarstellung nach der erfolgten Intervention zu überprüfen.

## 2.6 Statistische Methoden

In dieser Arbeit wurden Daten ermittelt, in verschiedene Gruppen unterteilt und diese im Anschluss mit einer deskriptiven Statistik ausgewertet. Als Programm wurde Excel, das als Tabellenkalkulationsprogramm dient und die Sammlung anonymisierter Daten der Jahre 2009-2018 ermöglicht, verwendet. Mithilfe dieses Programms wurde aus diesen Daten eine deskriptive Statistik erstellt. So konnte für die relevanten Komorbiditäten

(Diabetes mellitus, Herzinsuffizienz) sowie die Prognose durch Interventionen an den Dialyseshunt und die primären und sekundären Offenheitsraten eine Darstellung zu Häufigkeiten, Mittelwerten und Medianen erarbeitet werden. Der Zeitraum zwischen Shunteranlage und erster Typ-3-Stenose wurde in Diagrammen und Tabellen dargestellt. Hierbei wurde ein Vergleich zwischen AV-Fisteln und Prothesenshunts erstellt. Dabei erfolgte eine nochmalige Unterteilung der Patienten. Es gab die Gruppe der Patienten, bei denen zwischen Shunteranlage und erster Typ-3-Stenose eine andere Intervention (chirurgisch/ radiologisch) erfolgte. Und es gab die Gruppe, in der als erste Komplikation eine Typ-3-Stenose auftrat. Weiter wurde der Zeitraum zwischen erster und zweiter Typ-3-Stenose in Diagrammen dargestellt. Auch hier wurden die Patienten in zwei Gruppen unterteilt: In eine Gruppe, bei denen zwischenzeitlich mindestens eine Intervention stattgefunden hatte, und in eine Gruppe ohne zwischenzeitliche Intervention. Darüber hinaus wurden die Patienten mittels Microsoft Excel in Altersgruppen unterteilt und der Verlauf ermittelt. Der betrachtete Zeitraum ermöglichte eine ausreichend große Anzahl an Patientendaten, damit mit diesen eine statistische Auswertung durchgeführt werden konnte.

#### 2.6.1 Ermittlung von Zeiträumen

Die Einteilung der Altersgruppen erfolgte in Zehn-Jahres-Schritten. Zur Ermittlung des Alters wurde das aktuelle Alter zum Zeitpunkt der ersten Typ-3-Stenose festgelegt. In der Ermittlung des Zeitraums zwischen Shuntanlage und erster Typ-3-Stenose wurde der Monat und das Jahr der Shuntstenose von dem Monat und Jahr der Shuntanlage subtrahiert. Hierfür wurde die Zeitangabe in Jahren gewählt. Im Verlauf erfolgte bei einigen Berechnungen und Betrachtungen zum besseren Überblick eine Umrechnung in Jahre. Ebenso wurde der Zeitraum zwischen erster Typ-3-Stenose und folgender errechnet. Bei 15 Patienten lag der Zeitraum zwischen Shuntanlage und erster Stenose über sieben Jahren. Dabei war der längste zeitliche Abstand einmalig 20,6 Jahre, gefolgt von zwei Patienten mit 11,5 und 10,8 Jahren. Der Rest der 15 Patienten befand sich in einem zeitlichen Abstand zwischen 9,6 Jahren und 7,2 Jahren. Es erfolgte kein Ausschluss dieser Patienten.

### 2.6.2 Rundungsregeln

- Beim Auftreten von Dezimalzahlen im Zuge von Mittelwertbestimmungen wurde die Angabe auf die erste Nachkomma-Stelle aufgerundet, und zwar ab dem Zahlenwert „fünf“.
- Zur besseren Veranschaulichung wurden Dezimalzahlen bei Monatsangaben im Anschluss auf- oder abgerundet. Eine Aufrundung fand ab dem Zahlenwert „fünf“ statt.
- Prozentangaben wurden stets auf rationale Zahlen auf- bzw. abgerundet. Ab einer „fünf“ in der ersten Nachkommastelle wurde aufgerundet.

## 2.7 Definitionen

### 2.7.1 Erfolg der Intervention

Eine erfolgreiche Intervention lag vor, wenn nach der Kontrolldarstellung ein adäquater Shuntfluss herrschte und keine hämodynamisch relevante Reststenose erkennbar war. Ein weiterer Erfolg wurde anhand der Klinik durch die betreuenden Nephrologen und Shuntchirurgen definiert. Hierfür musste mindestens eine Dialyse über den Shunt durchgeführt worden sein, bevor es zu einer erneuten Intervention gekommen ist.

### 2.7.2 Offenheitsrate

Es wurde zwischen einer Offenheitsrate von Typ I und Typ II unterschieden. Die Offenheitsrate Typ I wurde als die Zeit definiert, die zwischen der Anlage des Shunts und dem ersten Auftreten einer Typ-3-Stenose lag. Die Offenheitsrate Typ II umfasste den Zeitraum zwischen der ersten Typ-3-Stenose bis zum Auftreten einer erneuten Typ-3-Stenose. Hierbei konnte es sowohl vor dem ersten Auftreten einer Typ-3-Stenose als auch im Zwischenzeitraum zu einer interventionsbedürftigen Komplikation kommen. Dies konnte eine chirurgische oder eine radiologische Intervention oder sogar die Shuntaufgabe bedeuten. Letztere wurde als Endpunkt definiert.

## 2.8 Endpunkt

Folgende Szenarien konnten den Endpunkt darstellen:

1. Shuntaufgabe: Der Shunt wurde nicht weiter benutzt und die Dialyse über diesen Shunt nicht fortgeführt. Stattdessen gab es eine Neuanlage eines Shunts oder die Anlage eines Dialysekatheters.
2. Das Versterben des Patienten.
3. End of Follow-up: Der Beobachtungszeitraum endete am 31.12.2018. Bei Patienten, die zu diesem Zeitpunkt weiter über den Shunt dialysiert wurden und bei denen kein anderer Endpunkt zutrifft, ist der 31.12.2018 der Endpunkt gewesen.
4. Loss of Follow-up: Bei wenigen Patienten konnte die Shunthistorie nicht abschließend verfolgt werden, da keine erneute Vorstellung im Krankenhaus erfolgte. Der Endpunkt wurde in diesem Fall als das Datum des letzten nachvollziehbaren Krankenhausaufenthaltes gewählt.

## 2.9 Komorbiditäten

Durch Mitnutzung der detaillierten Patientenakten des St. Joseph Krankenhauses Berlin-Tempelhof wurden den Patienten die Komorbiditäten Diabetes mellitus und Herzinsuffizienz zugeordnet. Diese wurden als prognostische Faktoren untersucht. Weiter wurde die Medikamenteneinnahme vom Thrombozytenaggregationshemmer ASS 100 betrachtet. Als Zeitpunkt dieses Datensatzes wurde die erste Typ-3-Stenose im betrachteten Zeitraum gewählt.

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Patientenkollektiv

Anhand der Daten der Radiologen wurden zunächst 525 Patienten mit einer Typ-3-Stenose während des betrachteten Zeitraums detektiert. Aufgrund der Kriterien erfolgte eine Reduktion der Patienten auf insgesamt 367. Die Gründe für das Wegfallen aus der zu betrachtenden Patientenanzahl waren:

- ein unbekanntes Shuntalter (128 Patienten)
- fehlende Daten in der krankenhausinternen Patientenakte iMedOne (14 Patienten)
- unzureichende Dokumentation durch Radiologen/ Internisten (16)

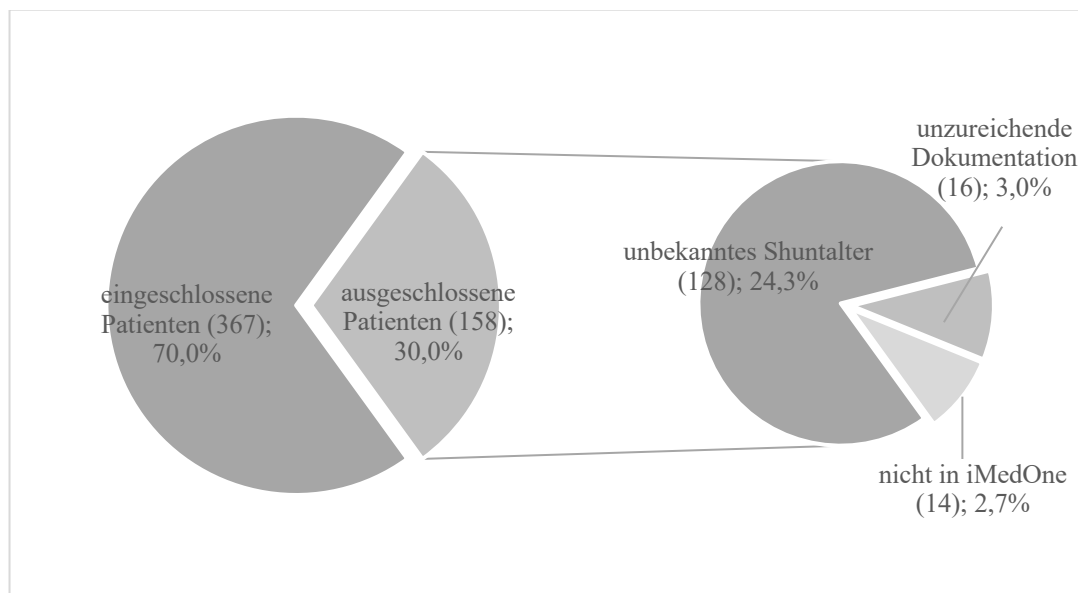


Abbildung 2: Gründe für den Ausschluss aus dem Patientenkollektiv

##### 3.1.1 Darstellung der Verteilung von Alter und Geschlecht

Nach der Festlegung der Einschlusskriterien wurden die 367 Patienten in Altersgruppen eingeteilt, die in Zehnjahresschritten ab 20 Jahren aufwärts gegliedert wurden. Im Anschluss wurden die Gruppen noch nach Geschlecht unterteilt. Eine ausführliche Auflistung der Gruppierung wurde in der Tabelle 1 dargestellt.

Jahresgruppen	gesamt	weiblich	männlich
20-29 Jahre	6	3	3
30-39 Jahre	14	7	7
40-49 Jahre	29	15	14
50-59 Jahre	56	25	31
60-69 Jahre	70	28	42
70-79 Jahre	127	69	58
80-89 Jahre	60	38	22
90-99 Jahre	5	2	3
<b>Summe</b>	<b>367</b>	<b>187</b>	<b>180</b>

Tabelle 1: Überblick Altersverteilung gesamt und geschlechtsbezogen

Die Altersverteilung der Studie zeigte ein fast ausgeglichenes Verhältnis von weiblichen (187) zu männlichen (180) Patienten. Im Folgenden wurde, wenn es allgemein um Patienten ging, zur besseren Lesbarkeit, die männliche Form verwendet. Es wurde ein Verteilungspeak in der Altersgruppe der 70-79-jährigen deutlich. Dies betraf sowohl die weibliche als auch die männliche Gruppe. Im Durchschnitt waren die Frauen 67,9 Jahre alt und die Männer 65,4 Jahre.

### 3.1.2 Typisierung der Shunts

Im folgenden Diagramm in Abbildung 3 wurde die Verteilung der Shuntarten unter Berücksichtigung des Geschlechts dargestellt.

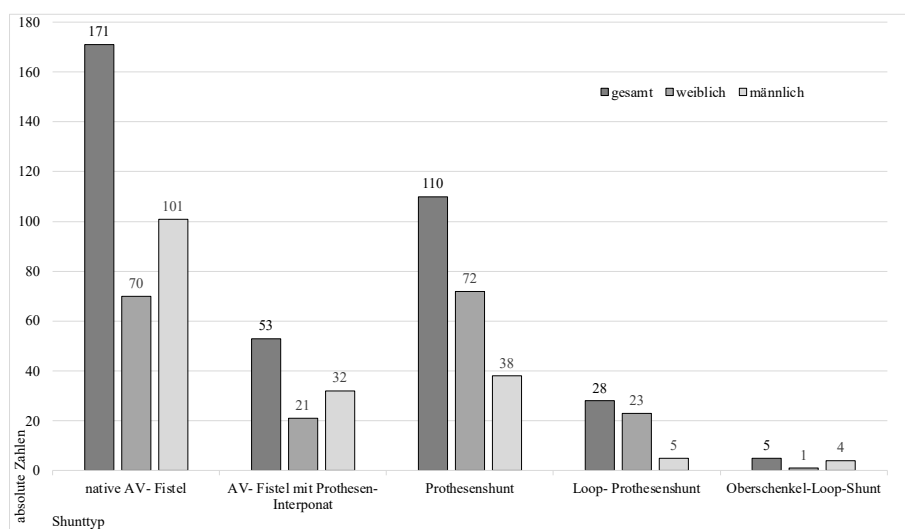


Abbildung 3: Diagramm zur Verteilung der Shuntarten mit Betrachtung der Geschlechtsverteilung



Das Diagramm zeigte eine Mehrheit bei den nativen AV-Fisteln. Am geringsten waren die Oberschenkel-Loops mit nur fünf Shunts vertreten. Native AV-Fisteln ohne Prothesen-Interponat (171) waren zu rund 47 % vor Prothesenshunts (110) mit rund 30 Prozent die häufigste Shuntart in der betrachteten Menge. Bei Patientinnen wurden Prothesenshunts (72) in 39 % der insgesamt 187 Fälle und native AV-Shunts (70) in rund 37 % der Fälle angelegt. Hier herrschte ein ausgeglicheneres Verhältnis als bei den Patienten. Diese wiesen zu 56 % der insgesamt 180 Fälle einen nativen AV-Shunt (101) und in nur 21 % einen Prothesenshunt (38) als Dialysezugang auf.

### 3.2 Übersicht der Offenheitsrate Typ I

Zunächst sollte ein Überblick über die primäre Offenheitsrate Typ I zwischen Shuntanlage und erstem Auftreten einer Typ-3-Stenose im betrachteten Zeitraum je Shuntart dargestellt werden. Hierbei wurde in eine Gruppe ohne Intervention vor erstem Auftreten einer Typ-3-Stenose und in eine Gruppe mit Intervention unterschieden.

#### 3.2.1 Zusammenfassung der Offenheitsrate Typ I ohne Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose

Es wurden 159 Patienten ohne eine Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose im betrachteten Zeitraum detektiert. Hierbei wiesen 73 Patienten einen Prothesenshunt und 86 Patienten einen nativen Shunt auf (Tabelle 2).

<b>Shunttyp</b>	<b>Patientenanzahl</b>	<b>Zeit</b>
AVF nativ	86	2,0 Jahre
PTFE-Straight-Shunt	55	1,0 Jahre
Loop-Prothese	14	1,1 Jahre
Oberschenkel-Loop	4	1,3 Jahre
<i>Prothese gesamt</i>	73	<i>1,0 Jahre</i>

Tabelle 2: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ I ohne Intervention vor erster Typ-3-Stenose bei verschiedenen Shunttypen

Die Auswertung zeigte, dass bei Patienten mit einer nativen AV-Fistel eine Typ-3-Stenose durchschnittlich nach rund doppelt so langer Zeit wie bei Prothesenshunts auftrat.

So vergingen im Durchschnitt zwei Jahre bei AV-Fisteln. Bei Prothesenshunts lag die durchschnittliche Zeit im betrachteten Zeitraum bei einem Jahr.

### 3.2.2 Zusammenfassung der Offenheitsrate Typ I mit Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose

In der Tabelle 3 wurde die allgemeine durchschnittliche Offenheitsrate Typ I mit vorangegangener Intervention betrachtet. Es fielen insgesamt 208 Patienten in diese Gruppe. Eine Intervention wurde hier definiert als vorheriger chirurgischer oder radiologischer Eingriff. Gründe hierfür konnten eine Thrombose, eine anders typisierte Shuntstenose, eine Aneurysmorrhaphie oder insuffiziente Shuntreifung und eine hiermit verbundene Revisionsoperation sein.

<b>Shunttyp</b>	<b>Patientenanzahl</b>	<b>Zeit</b>
AV-Fistel nativ	85	3,5 Jahre
AV-Fistel mit Prothesen-Interponat	53	3,3 Jahre
Straight-PTFE-Shunt	55	2,2 Jahre
Prothesen-Loop	14	2,8 Jahre
Oberschenkel-Loop	1	1,6 Jahre

Tabelle 3: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ I mit Intervention bei verschiedenen Shunttypen

In der Tabelle 3 wurde deutlich, dass die durchschnittliche Zeit bis zum ersten Auftreten einer Typ-3-Stenose bei nativen AV-Fisteln im Durchschnitt 3,5 Jahre betrug bei 85 betrachteten Patienten. Die durchschnittliche Zeit bei den 55 betrachteten Straight-PTFE-Shunts lag bei 2,2 Jahren.

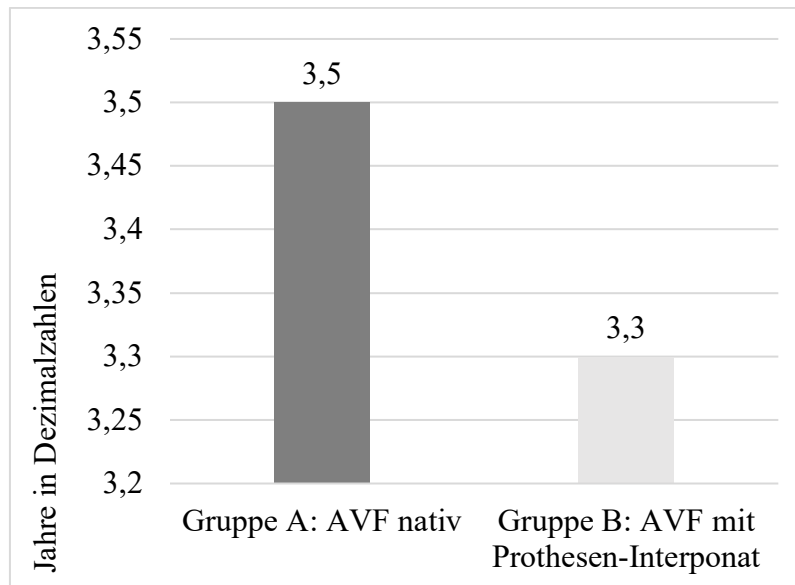


Abbildung 4: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ I mit Intervention bei nativer AV-Fistel und AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat

Bei einer weiteren Betrachtung der Daten wurden die AV-Fisteln nochmal in zwei Gruppen unterteilt (Abbildung 4). In der Gruppe A wurden die AV-Fisteln ohne vorher erfolgtes Einsetzen eines Prothesen-Interponats im Zuge einer Intervention vor erstem Auftreten einer Typ-3-Stenose zusammengefasst. In der Gruppe B wurden Patienten mit einer AV-Fistel mit eingebrachtem Prothesen-Interponat betrachtet. Es zeigte sich eine durchschnittliche Offenheitsrate von drei Jahren und sechs Monaten (3,5 Jahre) bei der Gruppe A. Bei der Gruppe B ergab sich die durchschnittliche Offenheitsrate von drei Jahren und vier Monaten (3,3 Jahre). Es ließ sich festhalten, dass die längste mediane Offenheitsrate bei nativen AV-Fisteln ohne Prothesen-Interponat bei den Patienten mit Intervention vor Erstauftreten einer Typ-3-Stenose im betrachteten Zeitraum bestand.

### 3.3 detaillierte Betrachtung der Offenheitsrate Typ I bei der Typ-3-Stenose

Die hier aufgeführten Tabellen zeigten eine detaillierte Auflistung der primären Offenheitsrate (Typ I) zwischen Shuntanlage und erstem Auftreten einer Typ-3-Stenose im betrachteten Zeitraum je Shuntart.

Zunächst wurde die durchschnittliche Offenheitsrate vor der ersten Typ-3-Stenose ohne vorherige Intervention dargestellt (Tabelle 4). Dieser Gruppe wurden insgesamt 159 Patienten zugeordnet. Dabei entfiel der Bereich der AV-Fistel mit Prothesen-Interponat. Die Gruppe der nativen AV-Fisteln bildete mit 86 Patienten gegenüber den

zusammengefassten Prothesenshunts die Mehrheit. Den Prothesenshunts gehörten 73 Patienten an, wobei der Großteil auf die Straight-PTFE-Shunts fiel. Dieser machte mit 75 % (55) gut drei Viertel der Prothesenshunts aus. Die Geschlechtsverteilung lag dabei in der Mehrheit bei den Patientinnen (37). Oberschenkel-Loops (4) wurden am seltensten gelegt.

<b>Shunttyp</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patientenanzahl</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patientinnen</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patienten</b>
AVF nativ	2,0 / 86	1,9 / 33	2,1 / 53
Straight-PTFE-Shunt	1,0 / 55	1,1 / 37	0,8 / 18
Prothesen-Loop	1,1 / 14	0,9 / 12	2,1 / 2
Oberschenkel-Loop	1,3 / 4	1,2 / 1	2,1 / 3
<i>Prothesen gesamt</i>	<i>1,0 / 73</i>	<i>1,1 / 50</i>	<i>1,0 / 23</i>

Tabelle 4: Patientenanzahl und durchschnittliche Zeit (in Jahren) zwischen Shuntanlage und erster Typ-3-Stenose (Offenheitsrate Typ I) ohne Intervention vor erster Shuntstenose

Bei der errechneten durchschnittlichen Offenheitsrate Typ I ohne Intervention wiesen die drei Shunttypen native AV-Fisteln (86), Straight-PTFE-Shunts (55) und Prothesen-Loops (14) die längste Offenheit auf (Tabelle 4). Nun wurde die durchschnittliche Offenheitsrate der nativen AV-Fisteln genderbezogen berechnet: bei den Patientinnen (33 Fälle) gab es eine etwas kürzere Offenheitsrate (1,9 Jahre) gegenüber den Patienten (53), bei denen im Durchschnitt 2,1 Jahre bis zur ersten Typ-3-Stenose vergingen. Die Straight-PTFE-Shunts wurden in der Gruppe ohne Intervention vor erster Typ-3-Stenose am zweithäufigsten angelegt. Die durchschnittliche Offenheitsrate lag hier bei den Frauen (37) mit 1,1 Jahren etwas länger als bei den Männern (18) mit 0,8 Jahren. Die Prothesen-Loops zeigten in ihrer durchschnittlichen Offenheitsrate wiederum eine längere Zeitspanne bei den Patienten (2,1 Jahre). Bei den Männern gab es eine geringere Anzahl (2) an Prothesen-Loops als bei den Frauen (12).

Der Gruppe „Offenheitsrate Typ I mit Intervention vor erster Typ-3-Stenose“ wurden 208 Patienten zugeordnet (Tabelle 5).

<b>Shunttyp</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patientenanzahl</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patientinnen</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patienten</b>
AVF nativ	3,5 / 85	3,5 / 37	3,5 / 48
AVF mit Prothesen- Interponat	3,3 / 53	4,1 / 21	2,8 / 32
<i>AVF gesamt</i>	<i>3,4 / 138</i>	<i>3,7 / 58</i>	<i>3,2 / 80</i>
Straight-PTFE-Shunt	2,2 / 55	2,5 / 35	1,6 / 20
Prothesen-Loop	2,8 / 14	3,3 / 11	1,1 / 3
Oberschenkel-Loop	1,6 / 1		1,6 / 1
<i>Prothesen gesamt</i>	<i>2,3 / 70</i>	<i>2,7 / 46</i>	<i>2,5 / 15</i>

Tabelle 5: Patientenanzahl und durchschnittliche Zeit (in Jahren) zwischen Shuntanlage und erster Typ-3-Stenose (Offenheitsrate Typ I) mit Intervention vor erster Shuntstenose

Von insgesamt 208 Patienten dieser Gruppe hatten 138 eine AV-Fistel und 70 Patienten einen Prothesenshunt als Dialysezugang (Tabelle 5). Damit hatten in dieser Gruppe knapp doppelt so viele Patienten einen nativen Shunt. In der Unterteilung der nativen AV-Fisteln zu AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat hatten 85 Patienten einen rein nativen Shunt. Dies entsprach 62 % der betrachteten 138 Fälle. Die Geschlechtsverteilung bei den AV-Fisteln zeigte eine Mehrheit bei den Männern: 58 % (80) der 138 AV-Fisteln waren bei den Patienten verbaut. Die kleinere Gruppe der Shunttypen stellten die Prothesenshunts dar. Von den 70 Prothesenshunts machten die Straight-PTFE-Shunts mit 55 Fällen die größte Menge aus. Die Geschlechtsverteilung der Prothesenshunts zeigte eine Mehrheit bei den Patientinnen. Hier waren 66 % (46) der insgesamt 70 gelegten Prothesenshunts bei Patientinnen angelegt worden. Ein Oberschenkel-Loop wurde in dieser Gruppe nur einmal gelegt.

Es ließ sich die durchschnittliche Offenheitsrate der drei in der Patientensumme am häufigsten gelegten Shunttypen mit Fokus auf die Geschlechtsverteilung betrachten (Tabelle 5). Dabei zeigte sich eine ähnliche Zeitspanne (3,5 Jahre) bei den 37 weiblichen und 48 männlichen Patienten mit nativer AV-Fistel. Bei den AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat war die durchschnittliche Offenheitsrate bei den Patientinnen (21) mit 4,1 Jahren länger als bei den Patienten (32) mit 2,8 Jahren. Bei den Straight-PTFE-Prothesen-

Shunts war die Offenheitsrate Typ I mit Intervention bei den Patientinnen (35) mit 2,5 Jahren knapp ein Jahr länger als bei den männlichen Patienten (20) mit 1,6 Jahren.

### 3.4 Übersicht der Offenheitsrate Typ II (Rezidiv-Stenose)

Als weiterer Aspekt wurde die durchschnittlich vergangene Zeit der ersten im beobachteten Zeitraum erfassten Typ-3-Stenose und einer erneuten Typ-3-Stenose betrachtet. Dies kann kurz als Rezidiv-Stenose-Typ-III zusammengefasst werden. Erneut wurde die Offenheitsrate Typ II in Tabellen dargestellt. Insgesamt konnten die Daten von 216 Patienten der 367 Patienten in diese Betrachtung eingeschlossen werden. Dabei war die Patientengruppe ohne Intervention zwischen den Stenosen mit 61 % (131) der betrachteten Gruppe (216 Patienten) deutlich größer.

#### 3.4.1 Zusammenfassung der Offenheitsrate Typ II ohne Intervention vor erneuter Typ-3-Stenose

Die Tabelle 6 gab die durchschnittliche Dauer bis zur erneuten Typ-3-Stenose ohne Intervention wieder. Die durchschnittliche Zeit lag unter der der Offenheitsrate Typ I.

Shunttyp	Zeit	Patientenanzahl
AVF nativ	0,8 Jahre	54
AVF mit Prothesen-Interponat	0,8 Jahre	21
<i>AVF gesamt</i>	<i>0,8 Jahre</i>	75
PTFE-Straight-Shunt	0,7 Jahre	45
Loop-Prothese	0,8 Jahre	7
Oberschenkel-Loop	1,1 Jahre	4
<i>Prothese gesamt</i>	<i>0,8 Jahre</i>	56

Tabelle 6: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ II ohne Intervention zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose bei verschiedenen Shunttypen

Bei der Gruppe ohne Intervention wiesen die gesamt betrachteten AV-Fisteln eine mediane Offenheit von runde zehn Monaten (0,8 Jahre) zu rund neun Monaten (0,8 Jahre) bei den gesamten Prothesenshunts auf. Man konnte eine ähnliche Dauer der nativen AV-Fisteln (0,8 Jahre) und PTFE-Straight-Shunts (0,7 Jahre) erkennen.

### 3.4.2 Zusammenfassung der Offenheitsrate Typ II mit Intervention vor erneuter Typ-3-Stenose

Die Tabelle 7 zeigte die durchschnittliche Dauer bis zur erneuten Typ-3-Stenose mit Intervention zwischen den Typ-3-Stenosen.

<b>Shunttyp</b>	<b>Zeit</b>	<b>Patientenanzahl</b>
AVF nativ	1,1 Jahre	26
AVF mit Prothesen-Interponat	1,9 Jahre	22
<i>AVF gesamt</i>	<i>1,5 Jahre</i>	<i>48</i>
PTFE-Straight-Shunt	1,1 Jahre	28
Loop-Prothese	1,3 Jahre	9
Oberschenkel-Loop	/	/
<i>Prothese gesamt</i>	<i>1,1 Jahre</i>	<i>37</i>

Tabelle 7: durchschnittliche Zeit der Offenheitsrate Typ II mit Intervention zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose bei verschiedenen Shunttypen

In der Gruppe, in der eine Intervention zwischen erster und folgender Typ-3-Stenose erfolgte, war die durchschnittliche Offenheitsrate länger als bei der Gruppe ohne Intervention. Es zeigte sich im Durchschnitt eine Offenheit von einem Jahr und sechs Monaten (1,5 Jahre) bei der Gruppe der AV-Fisteln in der Gesamtbetrachtung. Die durchschnittliche Offenheit der Prothesen gesamt betrachtet wies ein Jahr und zwei Monate auf (1,1 Jahre). Es zeigte sich, dass die Offenheitsrate Typ II bei der Gesamtbetrachtung der AV-Shunts etwas länger (1,5 Jahre) als bei den zusammengefassten Prothesenshunts (1,1 Jahre) lag. Die Offenheitsrate von nativen AV-Fisteln (26) zu AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat (22) zeigte eine zeitliche Differenz von etwas weniger als einem Jahr (1,1 Jahre zu 1,9 Jahre).

### 3.5 detaillierte Betrachtung der Offenheitsrate Typ II bei erneuter Typ-3-Stenose

Nochmals wurde die Zeitangabe in Jahren angegeben, sowie eine Gruppierung nach Geschlecht vorgenommen.

In der folgenden Tabelle 8 fanden sich die Patienten, bei denen zwischen der ersten und zweiten Typ-3-Stenose keine weiteren Interventionen notwendig waren.

<b>Shunttyp</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patientenanzahl</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patientinnen</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patienten</b>
AVF nativ	0,8 / 54	1,1 / 26	0,6 / 28
AVF mit Prothesen- Interponat	0,8 / 21	0,9 / 8	0,7 / 13
<i>AVF gesamt</i>	<i>0,8 / 75</i>	<i>1,0 / 34</i>	<i>0,6 / 41</i>
Straight-PTFE-Shunt	0,7 / 45	0,7 / 29	0,8 / 16
Prothesen-Loop	0,8 / 7	0,9 / 6	0,3 / 1
Oberschenkel-Loop	1,1 / 4	0,9 / 1	1,2 / 3
<i>Prothesen gesamt</i>	<i>0,8 / 56</i>	<i>0,8 / 36</i>	<i>0,8 / 20</i>

Tabelle 8: Zeit (in Jahren) pro Patientenanzahl zwischen erster Typ-3-Stenose und erneuter Typ-3-Stenose (Offenheitsrate Typ II) ohne Intervention zwischen den Shuntstenosen

Die Tabelle 8 zeigte, dass insgesamt 75 Patienten eine AV-Fistel und 56 Patienten einen Prothesenshunt haben. Die AV-Fisteln zeigten eine deutliche Mehrheit der nativen AV-Fisteln (54). AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat wurden nur 21-mal gezählt. Die Gruppe der nativen AV-Fisteln wies ein ausgeglichenes Geschlechterverhältnis auf. Es wurden 26 Patientinnen und 28 Patienten betrachtet. Bei den AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat lag die Verteilung zugunsten einer Mehrheit der Patienten (13) gegenüber den Patientinnen (8). Betrachtete man jeden Shunttyp einzeln, so traten am zweithäufigsten Straight-PTFE-Shunts auf. Es zeigte sich eine Mehrheit von 29 Patientinnen gegenüber 16 Patienten. Prothesen-Loops (7) und Oberschenkel-Loops (4) wurden beide nur in sehr geringer Zahl gezählt.

Die Tabelle 9 gab die errechnete durchschnittliche Offenheitsrate Typ II ohne Intervention zwischen Typ-3-Stenose und Rezidiv-Stenose-Typ-III wieder. Es wurden die drei in der Patientensumme am häufigsten gelegten Shunttypen analysiert. Dabei handelte es sich in dieser Gruppe um die nativen AV-Fisteln, Straight-PTFE-Shunts und AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat.



<b>Shunttyp</b>	<b>Weiblich/ Zeit</b>	<b>Männlich/ Zeit</b>
AVF nativ	1,1 Jahre	0,6 Jahre
Straight-PTFE-Shunt	0,7 Jahre	0,8 Jahre
AVF mit Prothesen-Interponat	0,9 Jahre	0,7 Jahre

Tabelle 9: durchschnittliche Offenheitsrate Typ II in Betrachtung der Geschlechtsverteilung bei Patienten ohne eine Intervention zwischen den Typ-3-Stenosen

Es zeigte sich, dass native AV-Fisteln eine durchschnittliche Offenheitsrate bei Patientinnen (26) von 1,1 Jahren und bei Männern (28) von 0,6 Jahren aufwiesen. Damit war die durchschnittliche Zeit bei Frauen fast doppelt so lange. Die Straight-PTFE-Shunts wiesen eine ähnliche Offenheitsrate Typ II bei Frauen (0,7 Jahre) und Männern (0,8 Jahre) auf. Hier lag die Patientenanzahl der Frauen bei 29 und bei den Männern bei 16. Bei den AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat wurden die Offenheitsraten von acht Patientinnen und 13 Patienten betrachtet. Hier zeigte sich, dass bei den Patientinnen im Durchschnitt 0,9 Jahre und bei Patienten 0,7 Jahre vergingen.

In Tabelle 10 wurden die Patienten mit erfolgter Intervention zwischen erster und folgender Typ-3-Stenose aufgeführt.

<b>Shunttyp</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patientenanzahl</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patientinnen</b>	<b>durchschnittliche Zeit und Patienten</b>
AVF nativ	1,1 / 26	1,0 / 13	1,2 / 13
AVF mit Prothesen-Interponat	1,9 / 22	1,7 / 8	2,1 / 14
<i>AVF gesamt</i>	<i>1,5 / 48</i>	<i>1,3 / 21</i>	<i>1,7 / 27</i>
Straight-PTFE-Shunt	1,1 / 28	1,0 / 19	1,2 / 9
Prothesen-Loop	1,3 / 9	1,2 / 5	1,4 / 4
Oberschenkel-Loop	/	/	/
<i>Prothesen gesamt</i>	<i>1,1 / 37</i>	<i>1,1 / 24</i>	<i>1,3 / 13</i>

Tabelle 10: Zeit (in Jahren) pro Patientenanzahl zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose (Offenheitsrate Typ II) mit einer Intervention zwischen den Shuntstenosen

Es zeigte sich, dass die Mehrheit (48 von 85) der betrachteten Gruppe eine AV-Fistel aufwies. Dabei bildeten die nativen AV-Fisteln eine geringe Mehrheit (26) gegenüber den AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat (22). Die Geschlechtsverteilung bei den nativen AV-Fisteln zeigte sich ausgeglichen (jeweils 13). Bei den AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat zeigte sich ein größerer Unterschied. Hier lag die Anzahl der Patientinnen bei acht gegenüber 14 Patienten. Bei den Prothesenshunts bildeten die Straight-PTFE-Shunts die Mehrheit (28). Hier lag eine Mehrheit bei den Patientinnen (19) zu den Patienten (9). In dieser Gruppe kam kein Oberschenkel-Loop in Betracht.

In eine Analyse der drei in der Patientensumme am häufigsten gelegten Shunttypen wurden die Straight-PTFE-Shunts, native AV-Fisteln und AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat einbezogen (Tabelle 11).

<b>Shunttyp</b>	<b>Weiblich/ Zeit</b>	<b>Männlich/ Zeit</b>
Straight-PTFE-Shunt	1,0 Jahre	1,2 Jahre
AVF nativ	1,0 Jahre	1,2 Jahre
AVF mit Stent	1,7 Jahre	2,1 Jahre

Tabelle 11: durchschnittliche Offenheitsrate Typ II in Betrachtung der Geschlechtsverteilung bei Patienten mit einer Intervention zwischen den Typ-3-Stenosen

Die Straight-PTFE-Shunts wiesen eine ähnliche Offenheitsrate Typ II bei Frauen (1,0 Jahre) und Männern (1,2 Jahre) auf. Hier lag die Patientenzahl der Frauen bei 19 und bei den Männern bei 9. Die zu betrachtende Patientenzahl der nativen AV-Fisteln war bei den Patientinnen und Patienten gleich groß (13). Die durchschnittliche Offenheitsrate der nativen AV-Fisteln betrug bei den Patientinnen bei 1,0 Jahren und bei den Patienten bei 1,2 Jahren. Bei den AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat wurden die durchschnittlichen Offenheitsraten von acht Patientinnen und 14 Patienten berechnet. Hier zeigte sich eine längere Offenheitsrate bei der männlichen Gruppe mit 2,1 Jahren gegenüber 1,7 Jahren bei der weiblichen Gruppe.

### 3.5.1 Intervention zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose

Es traten bei insgesamt 216 Patienten erneut eine Typ-3-Stenose auf. In 85 dieser Fälle war zuvor eine andere radiologische oder chirurgische Intervention erforderlich. Dies entsprach einem Anteil von 39 % der 216 betrachteten Fälle. Die allgemeine

Geschlechtsverteilung zeigte bei den Frauen mit AV-Fisteln 21 beschriebene Fälle zu 27 Fällen bei den Männern (Abbildung 5). Die Prothesenshunts wiesen ein Verhältnis von 24 Fällen bei den Patientinnen zu 13 Fällen bei den Männern auf. Es wurde eine Unterteilung der Patienten in eine Gruppe mit Prothesenshunt und eine mit AV-Fisteln durchgeführt. Hier wurde mit insgesamt 48 Fällen eine Mehrheit an Interventionen von AV-Fisteln deutlich. Bei den Prothesenshunts war in 37 Fällen, also gut zehn Fällen weniger, eine Intervention zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose erforderlich.

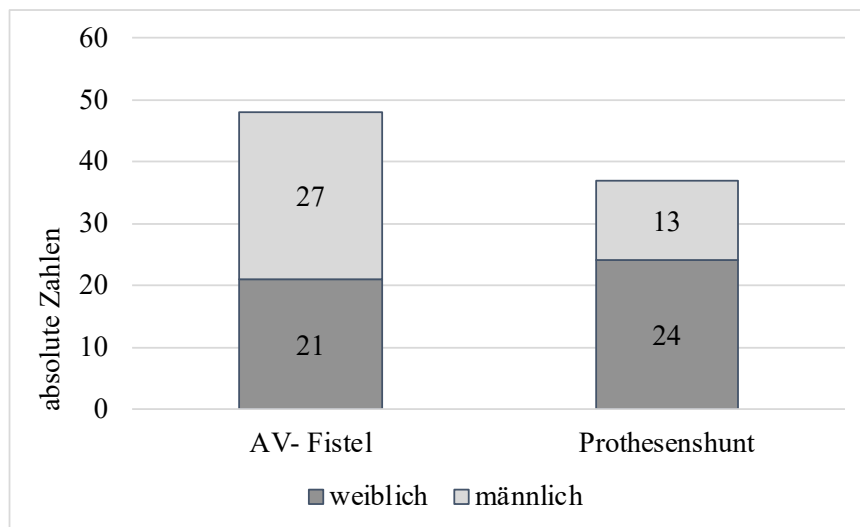


Abbildung 5: Darstellung der Interventionshäufigkeit vor Auftreten der ersten Typ-3-Stenose

### 3.5.2 Kleineres Patientenkollektiv bei der Offenheitsrate Typ II

Bei der durchschnittlichen Offenheitsrate Typ II war die zu betrachtende Patientenzahl kleiner als in der Gruppe der durchschnittlichen Offenheitsrate Typ I. Dies war auf die 151 Patienten des Kollektivs zurückzuführen, bei denen keine weitere Typ-3-Stenose im betrachteten Zeitraum auftrat. In Abbildung 6 wurde deutlich, dass die meisten Patienten, die im betrachteten Zeitraum keine weitere Typ-3-Stenose mehr aufwiesen, in der Gruppe der 70-79 jährigen lag. Dies war die Altersgruppe mit der höchsten Anzahl betrachteter Patienten (Tabelle 1).

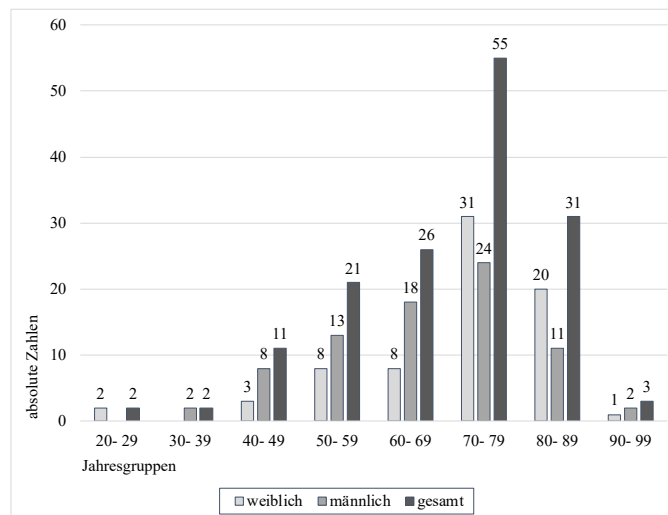


Abbildung 6: Verteilung der Patienten ohne weitere Stenosen, unterteilt in Zehnjahresschritten

Der Verlauf, wenn keine weitere Stenose auftrat, war unterschiedlich. Es wurde hierbei in vier Untergruppen kategorisiert (Tabelle 12). Die erste umfasste die Patienten, die eine weitere Intervention im betrachteten Zeitraum, aber keine erneute Typ-3-Stenose, hatten. Die zweite beschrieb die Patienten, die keine weitere Shuntintervention während des betrachteten Zeitraums aufwiesen. In der dritten Gruppe wurden die Patienten zusammengefasst, die nach erster Typ-3-Stenose eine Shuntneuanlage im Verlauf erhielten. Die letzte Gruppe bildete sich aus verstorbenen Patienten. Aufgrund der insgesamt 151 Patienten, die keine weitere Typ-3-Stenose aufwiesen, wurde mit einem Patientenkollektiv von 216 Patienten die Offenheitsrate Typ II betrachtet.

Gruppe	männlich	weiblich	gesamt
1 weitere, andere Intervention	30	33	63
2 keine Intervention	39	30	69
3 Shuntneuanlage	7	7	14
4 verstorben	2	3	5
Gesamt	78	73	151

Tabelle 12: Gruppierung der Patienten, die keine erneute Typ-3-Stenose aufwiesen und aus der Betrachtung für die durchschnittliche Offenheitsrate Typ II fielen

### 3.6 Therapie einer Shuntstenose

Eine Shuntstenose sollte bei hämodynamischer Relevanz meist durch radiologische therapeutische Intervention behoben werden. Die Arbeit fasste die wesentlichen

Interventionsmöglichkeiten zusammen und führte sie tabellarisch auf. Dabei wurden bei der Intervention bei den Balloons unterschiedliche Katheter verwendet. Am häufigsten wurden der Mustang- und der Wanda-Balloon verwendet. Diese wurden unter erhöhtem Druck genutzt, so dass diese in der Kategorie „Hochdruckballoon“ eingegliedert wurden. Im Folgenden wurden die verschiedenen Therapieoptionen und ihre Häufigkeiten dargestellt. Eine PTA mit Normaldruck-Balloon wurde nach der ersten Stenose deutlich häufiger (197) verwendet als Hochdruckballoons (151, siehe Abbildung 7). Bei der zweiten Intervention aufgrund einer Typ-3-Stenose lag der Normaldruckballoon nur knapp vor denen mit Hochdruck (111 zu 100). Stents zur Behebung einer Typ-3-Stenose wurden durch die Radiologen nur in seltenen Fällen genutzt (7- bzw. 3-mal).

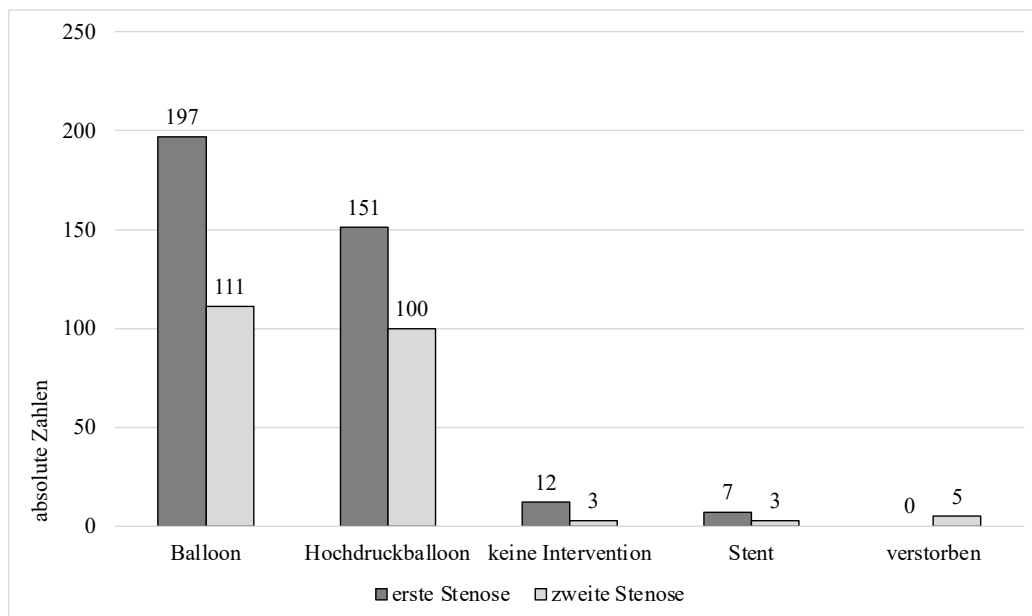


Abbildung 7: Darstellung der Therapieoptionen bei Auftreten einer Typ-3-Stenose

### 3.7 Nebenerkrankungen und Medikamente

In der Datenerhebung wurden ausgehend von den insgesamt 367 Patientinnen und Patienten die Nebenerkrankungen Diabetes mellitus Typ II und Herzinsuffizienz betrachtet. Hierbei wurde als Zeitpunkt des Vorliegens einer dieser beiden Nebenerkrankungen die erste beschriebene Typ-3-Stenose festgelegt. Es zeigte sich, dass 40 % (148 Patienten) einen Diabetes mellitus Typ II aufwiesen, 17 % (61 Patienten) hatten eine Herzinsuffizienz.

Erkrankung	ja	nein
Diabetes mellitus Typ 2	148	219
Herzinsuffizienz	61	306

Tabelle 13: Überblick zum Auftreten einer der beiden betrachteten Nebenerkrankungen (in absoluten Zahlen) während des Beobachtungszeitraumes

Die Nebendiagnosen wurden nun geschlechtsspezifisch aufgeschlüsselt (Abbildung 8 und 9).

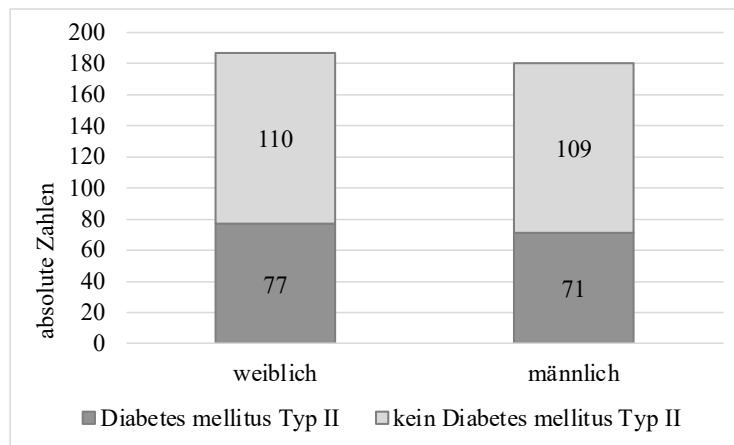


Abbildung 8: Darstellung der Geschlechtsverteilung bei dem Auftreten eines Diabetes mellitus Typ II in der Nebendiagnose

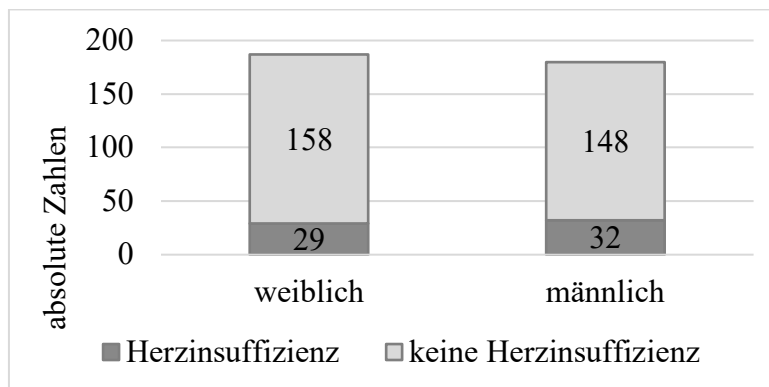


Abbildung 9: Darstellung der Geschlechtsverteilung bei dem Auftreten einer Herzinsuffizienz in der Nebendiagnose

Der prozentuale Anteil der Patienten, die einen Diabetes mellitus Typ II aufwiesen betrug bei den Patientinnen 41 % (77) und bei den Patienten 39 % (71) aller in die Studie einbezogener Patienten bzw. Patientinnen.

Patienten mit einer Herzinsuffizienz waren mit 18 % (32) und Patientinnen mit 16 % (29) in der Studie vertreten. Der Anteil der Patienten, die beide Nebenerkrankungen aufwiesen betrug bei den Patientinnen 8 % (15) und bei den Patienten 9 % (16, Abbildung 10) der Gesamtpatientenzahl.

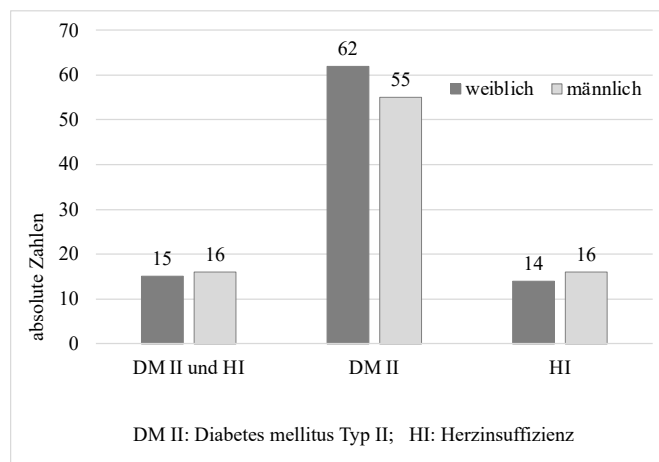


Abbildung 10: Verteilung gemeinsames Auftreten der Nebenerkrankungen Diabetes mellitus Typ II und Herzinsuffizienz und Einzelvorkommen, geschlechtsbezogen

### 3.7.1 Medikamente

In der Studie wurde abschließend das gesamte Patientenkollektiv auf die Dauereinnahme von ASS 100 zum Zeitpunkt der ersten Typ-3-Stenose betrachtet.

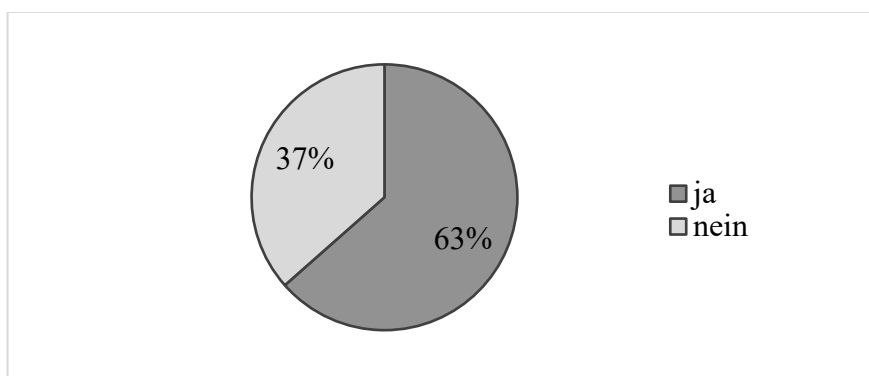


Abbildung 11: Prozentuale Angabe der Patienten mit ASS 100 Einnahme

Es zeigte sich im Allgemeinen, dass 64 % aller Patienten (233) ASS 100 einnahmen. Im Vergleich der Geschlechter wurde deutlich, dass beide Geschlechter ein ähnliches Verhältnis der ASS-Einnahme aufwiesen. 116 Patientinnen, was einem Anteil von 62 %

aller Patientinnen entsprach und 117 Patienten, also einem Anteil von 65 % aller Patienten, nahmen ASS 100 zum Zeitpunkt der ersten Typ-3-Stenose ein.



## 4 Diskussion

### 4.1 Allgemeines

In der vorliegenden Dissertationsarbeit wurde bei Patienten mit chronischer Hämodialyse-Behandlung die sogenannte Offenheitsrate von Typ-3-Stenosen (bei AV-Fisteln auch bekannt als Einmündungsstenosen sowie bei Prothesenshunts als Stenose der Protheto-venösen-Anastomose) untersucht.

Dabei wurde in verschiedene Typen der Offenheitsrate unterschieden: Typ I und Typ II. Die Offenheitsrate Typ I umfasste die Zeit zwischen Shunteranlage und Erstauftreten einer Typ-3-Stenose. Typ II wurde als Zeitraum zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose definiert. Typ-3-Stenosen stellten eine der am häufigsten auftretenden Komplikationen bei einem Dialyseshunt dar. Als wesentlicher Aspekt der Betrachtung war der Verlauf zwischen nativen AV-Fisteln und Prothesenshunts.

Die in unserer Studie eingeschlossenen Patienten verteilten sich in einem sehr ausgeglichenen Verhältnis von 187 Patientinnen zu 180 Patienten. Dies war hilfreich für den geschlechtsbezogenen Vergleich. Gleichzeitig war es auffällig, da in der „Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS)“ festgestellt wurde, dass Männer häufiger dialysepflichtig werden als Frauen. Innerhalb der in der „DOPPS“-Studie untersuchten Gruppe (35.964 Patienten) lag der Anteil von Patienten bei 59 % gegenüber 41 % Patientinnen (Hecking et al., 2014). Zu beachten gilt, dass die Studie länderübergreifende Daten erhob, sodass keine differenzierte Aussage zu der Geschlechtsverteilung in Deutschland erfolgte.

In der Altersgruppierung unserer Studie zeigte sich, dass beide Geschlechter in der Gruppe der 70-79- Jährigen am häufigsten vertreten waren. Diese Gruppe machte 35 % der Gesamtanzahl aus. Das Verhältnis von Patientinnen (69) zu Patienten (58) zeigte sich in dieser Altersgruppe relativ ausgeglichen.

In der Betrachtung der allgemeinen Verteilung der Shunttypen wurde deutlich, dass der Großteil der in die Arbeit einbezogenen Patienten eine native AV-Fistel (171) als Dialysezugang hat. Aus einer Untersuchung des United States Renal Data System mit über 115.425 Patienten ging hervor, dass insbesondere auch im älteren Patientenkielel AV-Fisteln eine höhere Überlebensrate aufwiesen als Prothesenshunts. Weiter zeigte die Analyse des United States Renal Data System, dass mit zunehmendem Alter die primäre Offenheitsrate der AV-Fisteln abnehme (Bechtel and Abu-Tair, 2021). Kunststoffshunts

hätten dafür den Vorteil der frühen Funktionstüchtigkeit. Sie werden zum Beispiel genutzt, wenn die meist verwendete Vena cephalica für die direkt angelegte, native AV-Fistel ungeeignet sei (Hollenbeck et al., 2009). Dabei sei der Dialyseshunt den Dialysekathetern deutlich überlegen. Trotz Dialyseeinleitung durch Anlage eines Dialysekatheters erfolge im weiteren Verlauf meist die Fortführung der Behandlung durch einen Dialyseshunt (Meyer and Shahverdyan, 2021).

#### 4.2 Entstehung von Shuntstenosen

Stenosen, die unter Umständen zu Thrombosen oder der endgültigen Aufgabe des Shunts führen können, entspringen oft aus Scherstress des starken Blutflusses. Dieser rufe eine (sub)intimale Hyperplasie hervor (Kuhlmann, 2015). Bislang sei die Pathophysiologie hinter der Entwicklung einer neointimalen Hyperplasie bei AV-Fisteln noch nicht eindeutig identifiziert. Bei über der Hälfte der AV-Fisteln entstünden im Laufe der Jahre des bestehenden Shunts Stenosen, bei denen es zur Ausbildung einer Flusslimitierung kommen könne. Die Shuntstenose mit einem einhergehenden Funktionsverlust der AV-Fistel sei somit die häufigste Ursache für einen zumindest vorübergehend nicht nutzbaren Shunt (Kellersmann and Kickuth, 2014). Dabei sei zu beachten, dass nicht alle Stenosen eine klinische Relevanz aufweisen. Eine Stenose werde als symptomatisch bezeichnet, wenn es zu einer relevanten Komplikation, wie beispielsweise einer Thrombose oder einem relevanten Abfall des Blutflusses, komme. Dabei gebe es Anzeichen, die das Auftreten einer Stenose ankündigen. So solle bei einem gesteigerten Auslaufdruck im venösen Schenkel des Dialysegerätes, einem herabgesetzten Shuntfluss oder einer gesteigerten Rezirkulation während der Dialyse eine mögliche Shuntstenose als Ursache in Erwägung gezogen werden (Kuhlmann, 2015).

#### 4.3 Diagnose einer Shuntstenose

Um eine hämodynamisch relevante Shuntstenose zu erkennen, empfohlen gegenwärtige Richtlinien die Duplexsonographie. Gegenüber der digitalen Subtraktionsangiographie (DSA) weise die Duplexsonographie eine gute Sensitivität mit 91 % und Spezifität mit 97 % beim Detektieren von Stenosen auf. Als sicheres, objektivierbares Merkmal habe sich der Quotient aus intra- zu prästenotischer systolischer Spitzengeschwindigkeit (PSV) herausgebildet. Ab einem Quotienten von größer als zwei könne man von einer

hämodynamisch relevanten Stenose ausgehen. Das entspreche einer Stenose von über 50 % des Gefäßlumens. Eine Therapieindikation bestehe in der Regel erst ab einem PSV-Quotienten größer als vier. Weiter müssten dann Einflussgrößen wie die Verminderung des Blutflussvolumens und der ansteigende pulsatile Strom in der shuntspeisenden Arterie betrachtet werden (Schäberle, 2016).

Eine Therapienotwendigkeit einer Shuntstenose durch alleinige Sonographie mit farbkodierter Dopplersonographie (FKDS) zu beurteilen führe die Gefahr mit sich, eine Intervention zu früh vorzunehmen. Die Beurteilung des Grades der Shuntstenose sei aufgrund der fehlenden Bezugsgröße nicht unproblematisch. Es solle bedacht werden, dass eine Indikationsstellung zur chirurgischen Versorgung einer Stenose bei stabilen Dialyseparametern, intakter Haut und stabilem, vor der Stenose befindenden Aneurysma sehr vorsichtig zu stellen sei. Häufig verliefen Stenosen noch über Monate bis Jahre stabil (Metzler, 2019). Deshalb sei am häufigsten eine Kombination aus klinischem Befund und apparativer Untersuchung mittels FKDS ausschlaggebend bei der Entscheidung für eine Intervention (Metzler, 2019).

#### 4.4 Therapie von Shuntstenosen

In der durch uns erhobenen Daten zur durchgeführten Therapie erkannte man, dass der Großteil der Patienten eine Stenosen-Behandlung durch PTA mit Balloondilatation erhielt. In dem Paper „Interventionen bei Hämodialysehunts“ von H. Lorch, das 2000 in der Zeitschrift „Radiologie“ erschien, wurde über Verfahrensweisen bei Shuntkomplikationen diskutiert. Es wurde angeführt, dass durch eine PTA Shuntstenosen häufig aufgelöst würden und dabei die Anatomie des Shunts beibehalten werde (Lorch, 2000). In der durchgeführten Beobachtung von Lorch ergab sich eine erfolgreiche Behebung einer Shuntstenose in 90 % der Fälle. Es zeige sich ebenfalls, dass eine radiologische oder chirurgische Behandlung gleichermaßen erfolgreich sei. Allerdings sei die chirurgische Intervention als Intervention mit größerem Verlust der Shuntvene beschrieben. Demnach sei eine Empfehlung ausgesprochen, zunächst eine radiologische Intervention anzustreben (Lorch, 2000).

Von den in dieser Arbeit betrachteten 367 Patienten erhielten bei der ersten Typ-3-Stenose 197 eine Therapie mittels Normaldruckballoon und 151 Patienten mit einem Hochdruckballoon. Dies entsprach der Aussage von A. S. Voiculescu und D. M.

Hentschel in dem Paper „Katheterinterventionen und interventionelle Shuntanlagen“, das 2019 in „der Nephrologe“ erschien. Nach dem aktuellen Standard hätten sich demnach Hochdruckballons gegenüber Normaldruckballons durchgesetzt (Voiculescu and Hentschel, 2019). Dies bestätigte der Datensatz dieser Arbeit nicht, jedoch zeigte sich ein fast ausgeglichener Einsatz von Normal- zu Hochdruckballons bei der Behandlung von Typ-3-Stenosen.

Eine weitere Therapieoption sei das Einsetzen von Stents bei einer Shuntstenose. In der Zeitschrift „Der Nephrologe“ beschrieb G. Wittenberg in seinem Paper zu Interventionsmöglichkeiten bei Shuntstenosen, dass bei der Verwendung von Stents zur Behandlung einer Stenose könne es zu Beschränkungen in der Nutzung kommen. Diese seien vor allem auf den Ort der Stenose zurückzuführen. Wenn diese in bewegungsintensiven Bereichen liege, bestehe eine erhöhte Gefahr des Materialbruchs. Ebenfalls sei die Rate der Rezidiven durch Stents nicht zu reduzieren. Weiter trete häufig eine Verlagerung der Stenose auf. Diese bilde sich dann oft im neu entstandenen Übergangsbereich von Vene zum Stentgraft (Wittenberg, 2019). Der Einbau eines Stents sei zum Beispiel indiziert, wenn es unmittelbar nach PTA zu einer erneuten Stenose mit einer über 50%-igen Diameterreduktion komme, beim Auftreten einer Ruption des Gefäßes oder besagter früher Restenose (Voiculescu and Hentschel, 2019). Weiter wurden in der Studie "Editor's Choice e Vascular Access: 2018 Clinical Practice Guidelines of the 5" von Schmidli et al, erschienen im "European Society for Vascular Surgery (ESVS)", aufgrund geringer Offenheitsraten nach PTA nach sechs Monaten Alternativen diskutiert. Hierfür wurde eine randomisiert kontrollierte Studie durchgeführt, in der sich Stentgrafts gegenüber einer PTA überlegen zeigten. Es wurde diskutiert, ob ein Stentgraft bei ungenügender PTA oder frühen Re-Stenose (< 3 Monate) erwogen werden sollte. Dazu wurde eine kleine randomisiert klinische Studie mit 25 Patienten mit rezidivierenden venösen Stenosen untersucht. Die Stenoserate von Patienten mit Stentgraft sei deutlich geringer ebenso wie eine bessere primäre Offenheitsrate. Ebenfalls schnitten die Patienten mit Stentgrafts in der Ein-Jahres-Offenheitsrate besser ab. Es wurde deshalb die Schlussfolgerung gezogen, dass die Nutzung von Stentgrafts bei rezidivierenden Typ-3-Stenosen sowohl die Kurzzeit-Re-Stenoserate als auch die Langzeitoffenheit signifikant verbessere. Aktuell fehlten Langzeitstudien auch hinsichtlich einer möglichen erhöhten Komplikationsrate durch

Verschlüsse in den ipsilateralen Venen des Stunts durch Nutzung eines Stentsgrafts. Deshalb bleibe diese abzuwarten. Eine Verwendung von Stentgrafts sei demnach nur empfohlen, wenn dies von Gefäßspezialisten in Erwägung gezogen werde (Schmidli et al., 2018).

Die hier erarbeiteten Daten zeigten bei 131 betrachteten Patienten ohne zwischenzeitliche Intervention eine Offenheitsrate von zehn Monaten. Somit können die Ergebnisse dieser Arbeit die Entscheidung zu einer Behandlung durch Stentgrafts unterstützen, um Frührezidiv-Stenosen zu verringern.

In der Arbeit wurde eine Therapie durch Einsetzen eines Stents in der Betrachtung der Offenheitsrate Typ I sieben Mal und bei der Offenheitsrate Typ II drei Mal beobachtet. Dies war möglicherweise darauf zurückzuführen, dass bei komplizierter bzw. wiederholter Typ-3-Stenose unter Umständen eine chirurgische Intervention als Therapieoption gewählt wurde. Die chirurgischen Eingriffe wurden in dieser Arbeit nicht weiter analysiert.

Von den in dieser Arbeit betrachteten Fällen wiesen 14 eine Shuntneuanlage nach erster Typ-3-Stenose auf. Bei 63 Patienten wurden weitere Interventionen vorgenommen, die keine Typ-3-Stenose voraussetzten. Hier war eine mögliche chirurgische Intervention aufgrund eines erneuten Shuntproblems mit inbegriffen, aber nicht näher betrachtet.

## 4.5 Verschiedene Offenheitsraten

### 4.5.1 Typ I

In dieser Arbeit erfolgte eine Analyse der erhobenen Daten unter verschiedenen Gesichtspunkten. Die Betrachtung der Offenheitsrate Typ I wurde unterteilt in eine Gruppe ohne eine Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose und in eine Gruppe mit einer vorherigen Intervention.

Die Gruppe der Offenheitsrate Typ I ohne eine vorherige Intervention umfasste 159 Patienten. Dies war damit die kleinere Patientengruppe. Die Betrachtung der Shunttypen ergab eine Mehrheit bei den AV-Fisteln (86). Bei den Prothesenshunts hatte in dieser Gruppe der Großteil der betrachteten Patienten einen Straight-PTFE-Shunt (55). Zu erkennen war, dass Patienten mit der Anlage einer AV-Fistel im Durchschnitt nach zwei Jahren zu einer Shuntintervention aufgrund einer Typ-3-Stenose vorstellig wurden. Patienten mit einem Prothesenshunt wiesen im Durchschnitt nach einem Jahr eine

interventionsbedürftige Typ-3-Stenose auf. Dies entsprach einem Unterschied von rund einem Jahr zwischen AV-Fistel und Prothesenshunt.

Bei einer genderbezogenen Betrachtung zeigte sich, dass Patientinnen verglichen zu den Patienten eine etwas kürzere Offenheitsrate bei den nativen AV-Fisteln (1,9 Jahre zu 2,1 Jahren) und Patienten gegenüber den Patientinnen bei den Prothesenshunts (0,8 Jahre zu 1,0 Jahre) hatten. Auffällig war, dass in beiden Fällen die kleinere Patientengruppe die kürzere Offenheitsrate aufwies. Somit könnte der generell nur geringe zeitliche Unterschied auch durch eine kleine Gruppengröße erklärbar sein könnte. Die allgemeine durchschnittliche Offenheitsrate der AV-Fisteln (2,0 Jahre) war verglichen mit der Gruppe der Patienten mit nativer AV-Fistel mit Intervention vor Typ-3-Stenose (3,5 Jahre) kürzer. Dabei zeigte sich ein Unterschied von gut eineinhalb Jahren. Bei den Prothesenshunts (1,0 Jahre ohne Intervention) war der Unterschied zu Prothesenshunts mit Intervention (2,3 Jahre) mit einer Differenz von 1,3 Jahren ähnlich groß. Dies könnte einen Hinweis darauf geben, dass es einen Zusammenhang zwischen einer anderweitigen Intervention vor einer ersten Typ-3-Stenose und einer längeren durchschnittlichen Offenheitsrate gab. Insbesondere die Gesamtzahl der Prothesenshunts war in beiden Gruppen ähnlich groß und damit vergleichbar. Zur Unterstützung dieser Vermutung sollte die Gruppe der AV-Fisteln jedoch in einem ausgeglicheneren Verhältnis zueinanderstehen. Ein Aspekt bei der Betrachtung der Offenheitsrate war die Verteilung der Patienten mit einem Zeitraum über sieben Jahren zwischen Shuntanlage und erstauftretener Typ-3-Stenose im betrachteten Zeitraum. Hier lag die Verteilung bei neun Patienten mit einer nativen AV-Fistel und zwei Patienten mit einer AV-Fistel mit Prothesen-Interponat mit Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose. Weitere zwei Patienten dieser betrachteten Gruppe hatten eine native AV-Fistel ohne Intervention vor Typ-3-Stenose. Nur zwei Patienten dieser Gruppe waren Patienten mit einem Prothesenshunt und Intervention vor Typ-3-Stenose. Ein Ausschluss dieser Patientengruppe aus der Studie erfolgte aufgrund erfüllter Einschlusskriterien für die Arbeit nicht.

Hollenbeck et al beschrieb in seinem Artikel „Dialysetherapie und Plasmapherese“ im „DGIM Innere Medizin“ (Springer Verlag), dass sich bei der Hämodialyse eine bessere Prognose von nativen AV-Fisteln ohne Kunststoffinterponat gegenüber Dialysezugängen mit Kunststoffinterponat zeige. Dies sei auf eine längere Offenheitsrate sowie weniger

Komplikationen, wie beispielsweise ein reduziertes Infektionsrisiko, zurückzuführen (Hollenbeck et al., 2014). Diese Aussage wurde durch die erhobenen Daten aus der aktuellen Arbeit unterstützt. Weiter wurden im Paper „Gefäßzugang zur Hämodialyse“ („Der Nephrologe“) von Hollenbeck et al die primären Offenheitsraten von AV-Fisteln und Prothesenshunts untersucht. Es zeigte sich, dass sich die primäre Offenheitsrate von AV-Fisteln und Prothesenshunts signifikant unterschieden. Die Offenheitsrate für AV-Fisteln liege nach ein bzw. zwei Jahren bei 90 bzw. 85 % und für Prothesenshunts bei 60 bzw. 40 %. Weiter seien zum Funktionserhalt von AV-Fisteln etwa 0,2 Interventionen je Patient und Jahr erforderlich, verglichen mit 1,0 Interventionen je Patient und Jahr bei Prothesenshunts (Hollenbeck et al., 2009).

In unserer Arbeit wurden ebenfalls die Ergebnisse der Daten zur Offenheitsrate Typ I mit einer Intervention betrachtet. Diese Gruppe war mit 208 eingeschlossenen Patienten die größere Gruppe. Es zeigte sich, dass hier doppelt so viele Patienten eine AV-Fistel (138) statt eines Prothesenshunts (70) hatten. Dies bestätigte die grundlegende Feststellung der Arbeit, dass der Großteil der gesamten Patientenzahl eine native AV-Fistel hatte, ein Ergebnis, das den Erwartungen entsprach. Diese Gruppe zeigte, dass die durchschnittliche Zeit bis zum Auftreten einer Typ-3-Stenose bei Patienten mit nativen Shunts länger war als mit Prothesenshunts. Zusammengefasst lag die durchschnittliche Offenheitsrate in dieser Gruppe bei AV-Fisteln bei drei Jahren und fünf Monaten (3,4 Jahre) und bei Prothesenshunts bei zwei Jahren und vier Monaten (2,3 Jahre). Somit war die durchschnittliche Offenheitsrate der AV-Fisteln ein gutes Jahr länger als die der Prothesenshunts. Somit kann die Anlage einer AV-Fistel aufgrund längerer Offenheitsrate deutlich empfohlen werden. Zu beachten gilt die sehr inhomogen betrachtete Patientenzahl. Es wurden insgesamt 208 Patienten in dieser Gruppe betrachtet. Von diesen wiesen nur 70 Patienten einen Prothesenshunt und 138 Patienten eine AV-Fistel auf. Damit ist die betrachtete Patientenzahl der AV-Fisteln fast doppelt so groß.

Die 138 Patienten mit einer AV-Fistel wurden dann nochmals differenziert betrachtet. Unterschieden wurde in die Gruppe, bei denen vor der ersten Typ-3-Stenose ein Prothesen-Interponat (53) verlegt wurde und die mit einer nativen AV-Fistel (85). Hier fiel auf, dass die nativen AV-Fisteln in geringem Maße eine längere durchschnittliche Offenheitsrate (3,5 Jahre) als die mit Prothesen-Interponat (3,3 Jahre) aufwiesen. Somit

wurde deutlich, dass beim Vergleich der AV-Fistel erneut der Shunttyp ohne Kunststoffinterponat eine durchschnittlich längere Zeit ohne Typ-3-Stenose aufwies. Die Gruppe der nativen AV-Fisteln war dabei in der Patientenzahl die größere. Bei einer genderbezogenen Analyse war zu erkennen, dass die Offenheitsrate bei nativen AV-Fisteln bei beiden ungefähr gleich lang war. Bei den Patientinnen lag sie bei drei Jahren und sechs Monaten und bei den Männern bei drei Jahren und fünf Monaten. Bei den Straight-PTFE-Shunts fand sich ein deutlicherer Unterschied zwischen den Geschlechtern. Hier lag die durchschnittliche Offenheitsrate Typ I mit Intervention bei den Frauen bei zwei Jahren und sechs Monaten und bei den Männern bei einem Jahr und sieben Monaten. Damit fand man einen zeitlichen Unterschied in den Geschlechtern von einem guten Jahr. Dies ist ein interessantes Ergebnis, da es darauf hindeutet, dass bei Männern eingebaute Prothesenshunts ein noch schlechterer Outcome hinsichtlich der Offenheitsrate Typ I einer Typ-3-Stenose aufweisen. Um eine noch aussagekräftigere These zu bilden, sollte die Patientenzahl vergrößert werden. Bei den Straight-PTFE-Shunts wurden 35 Patientinnen- und 20 Patientendaten ausgewertet. Dies entspricht gut einem Viertel (26 %) der 208 Patienten mit Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose. Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in der Gruppe der Patienten mit Intervention vor der ersten Typ-3-Stenose die durchschnittliche Zeitspanne bei Patienten mit einer nativen AV-Fistel am längsten war. Der Einbau eines Prothesen-Interponats in eine AV-Fistel oder das Einsetzen eines Prothesenshunts verkürzte die Offenheitsrate um bis zu einem Jahr. Hieraus lässt sich die allgemeine Empfehlung für die Anlage einer nativen AV-Fistel- insbesondere bei Männern- unterstützend bekräftigen.

#### 4.5.2 Typ II

Als nächster Aspekt wurde die Offenheitsrate Typ II betrachtet. Hier fiel direkt auf, dass insgesamt eine wesentlich kürzere durchschnittliche Offenheitsrate zu erkennen war. Betrachtet wurden in diesem Fall insgesamt 216 Patienten. Somit wurden 59 % der 367 Patienten in die zweite Betrachtung eingeschlossen. Zur Diskussion stand, ob eine größere Patientenzahl einen deutlicheren zeitlichen Unterschied herausfiltert. Hierfür müsste zum Beispiel der zeitliche Beobachtungsraum vergrößert werden, um eine größere Gesamtpatientenzahl zu generieren. Ebenfalls erkannte man, dass in der Beobachtung des Verlaufs zwischen der ersten beschriebenen Typ-3-Stenose und der erneuten Typ-3-



Stenose eine größere Patientenzahl ohne Intervention betrachtet werden konnte. Der Unterschied lag hier bei 131 zu 85 Patienten. Dies unterschied sich zu der Beobachtung des zeitlichen Verlaufs der Offenheitsrate Typ I. Eine mögliche Erklärung konnte der nun enger betrachtete Zeitraum sein. Die durchschnittliche Offenheitsrate Typ II wurde erneut in die Gruppe von Patienten ohne Intervention zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose und die Gruppe mit Intervention unterteilt. Ohne eine Intervention vor einer erneuten Typ-3-Stenose wurden 131 Patienten betrachtet. In der Gesamtbetrachtung der Offenheitsrate Typ II ohne Intervention zwischen den Stenosen wiesen Patienten mit AV-Fistel (75) eine durchschnittliche Zeit von 0,8 Jahren auf. Dieselbe durchschnittliche Zeit wiesen Prothesenshunts auf. Somit ließ sich feststellen, dass die durchschnittliche Zeit zwischen erster und erneuter Typ-3-Stenose bei Patienten ohne eine Intervention zwischen den Stenosen bei AV-Fisteln und Prothesenshunts gleich kurz war. Beide wiesen durchschnittlich nach rund 0,8 Jahren eine erneute Typ-3-Stenose auf. Betrachtete man die Offenheitsrate Typ II ohne zwischenzeitliche Intervention der Patientinnen und Patienten, zeigte sich eine längere Offenheitsrate der nativen AV-Fisteln bei Patientinnen (1,1 Jahre) gegenüber Straight-PTFE-Shunts mit 0,7 Jahren. Die Offenheitsrate Typ II ohne Intervention der männlichen Patienten war bei den Straight-PTFE-Shunts mit 0,8 Jahren unwesentlich länger als bei den nativen AV-Fisteln (0,6 Jahre).

Bei den Straight-PTFE-Shunts mit zwischenzeitlicher Intervention lag die durchschnittliche Offenheitsrate bei einem Jahr bei den Frauen und bei einem Jahr und drei Monaten bei den Männern. Somit lag die Offenheitsrate Typ II der Männer in dieser Betrachtung in einem ähnlichen Zeitraum zur Offenheitsrate Typ I der vergleichbaren Gruppe. Bei den Frauen hingegen war die durchschnittliche Offenheitsrate Typ II deutlich kürzer als in der Vergleichsgruppe von Typ I. Anzumerken war die fast um die Hälfte reduzierte Patientinnen- und Patientenanzahl bei der Offenheitsrate Typ II. Dies schränkte eine definitive Aussage im direkten Vergleich stark ein. Bei den Patienten mit Intervention war die durchschnittliche Offenheitsrate Typ II bei den Straight-PTFE-Shunts gleich zu den nativen AV-Fisteln. Die dabei verglichene Patientengruppe war in ihrer Anzahl ungefähr gleich groß. Die Offenheitsrate Typ II wies mit durchschnittlich 1,0 Jahren eine deutlich kürzere Zeit auf als die vergleichbare Gruppe der Offenheitsrate Typ I. Ein Grund könnte die geringere betrachtete Patientenanzahl sein. In der

Gesamtbetrachtung der AV-Fisteln, also native und solche mit Prothesen-Interponat, war die Offenheitsrate Typ II bei AV-Fisteln mit Intervention zwischen den Stenosen mit 1,5 Jahren etwas länger als die der Prothesenshunts (1,1 Jahre). Damit zeigte sich in der betrachteten Offenheitsrate Typ II eine durchschnittlich längere Zeit bei den AV-Fisteln gegenüber den Prothesenshunts. Zu beachten galt, dass in der Arbeit nur Patienten betrachtet wurden, die mindestens eine Komplikation mit einhergehendem Krankenhausbesuch aufwiesen. Patienten ohne eine Typ-3-Stenose wurden nicht erfasst. Somit wurde mit diesem Datensatz festgestellt, dass bei dem Vorliegen einer Typ-3-Stenose Patienten mit nativer AV-Fistel im Durchschnitt eine längere Offenheitsrate aufwiesen als Patienten mit Prothesenshunts. Ebenfalls ließ sich dies im Vergleich von nativen AV-Fisteln zu AV-Fisteln mit Prothesen-Interponat festhalten. Diese Aussage unterstützt die bisher untersuchten Offenheitsraten bei Typ-3-Stenosen. Aus der Arbeit lässt sich zudem ableiten, dass die Anlage einer nativen AV-Fistel (für eine längere Offenheit bis zum Auftreten einer Typ-3-Stenose) zu empfehlen ist.

In der hier erhobenen Arbeit wurde nicht berücksichtigt wie viele Patienten mit Prothesenshunt und AV-Fistel keine Komplikation in dem betrachteten Zeitraum aufwiesen. Hierfür müssten zum Beispiel die Einschlusskriterien größer gefasst und die laufenden Dialysepatienten im selben Zeitraum betrachtet werden, die ohne Stenose durchgeführt wurden.

#### 4.6 Subtypen der Prothesenshunts

In der hier durchgeführten Studie wurden Oberschenkel-Loops insgesamt nur fünf Mal gelegt. Deshalb war eine Beurteilung der Offenheitsrate für diese Subgruppe der Prothesenshunts in dieser Arbeit nicht aussagekräftig.

Die „National Kidney Foundation Kidney Disease Outcomes Quality Initiative Guidelines“ empfahlen 2006, dass eine Oberschenkel-Prothese nur dann gelegt werden solle, wenn es keine weiteren Möglichkeiten eines Dialysezugangs an den oberen Extremitäten gebe (Carsten, 2011). Die Shuntanlage am Oberschenkel sei immer die letzte Option. Erste Option bliebe der Unterarm der nicht-dominanten Seite mit vorzugsweise einer AV-Fistel. Gebe es nicht die Möglichkeit einer Anlage an beiden Unterarmen, sei auf die Oberarme gewichen. Erst wenn auch hier alle Optionen erschöpft seien, seien die Gefäße der Leiste zu nutzen. Begründet sei dies vor allem in einem

deutlich erhöhten Infektionsrisiko (Hepp et al., 2017). Dies kann eine mögliche Erklärung der sehr gering vertretenen Patientenanzahl mit Oberschenkel-Loops in der hier durchgeführten Datenerhebung sein.

#### 4.7 Prognostische Faktoren

Neben der Offenheitsrate wurden die Daten auch auf prognostische Faktoren wie die Einnahme vom Thrombozytenaggregationshemmer ASS 100 und typische Nebenerkrankungen Diabetes mellitus Typ II und Herzinsuffizienz untersucht. Den Thrombozytenaggregationshemmer ASS 100 nahmen 63 % aller 367 betrachteten Patienten ein. Dabei war das Geschlechtsverhältnis sehr ausgeglichen (116 Patientinnen und 117 Patienten). Diabetes mellitus als Nebenerkrankung wurde bei 148 von 367 Patienten beobachtet. Dies entsprach einem Anteil von 41 %. Der Anteil an Patienten lag bei 39 % der 180 Fälle. Patientinnen wiesen einen Anteil von 41 % der 187 Fälle auf. Es gab also keinen großen Unterschied zwischen den Geschlechtern. Diabetes mellitus wurde zu den häufigsten zu Grunde liegenden Erkrankungen für die Entwicklung einer terminalen Niereninsuffizienz gezählt (Scherbaum and Fischereder, 2016). Dies spiegelt sich in dem hohen Anteil an Diabetes mellitus erkrankten Patienten in dieser Arbeit wider. Zu beachten galt jedoch, dass hier nicht betrachtet wurde, ob die Erkrankung in direktem Zusammenhang mit der Dialysepflichtigkeit stand.

Eine Herzinsuffizienz wurde deutlich seltener beschrieben. Hier wiesen 18 % der Patienten und 16 % der Patientinnen eine Erkrankung auf. Eine mögliche Erklärung für den geringen Anteil herzinsuffizienter Patienten in der Arbeit, könnte der betrachtete Dialyseweg sein. Nach Hollenbeck et al sei die Anlage eines getunnelten Dialyse-Vorhofkatheters bei Patienten mit schwerer Herzinsuffizienz (Ejektionsfraktion unter 25-30 %) indiziert, wenn eine Peritonealdialyse nicht möglich sei (Hollenbeck et al., 2007). Durch die Anlage eines Katheters könne eine weitere kardiale Beanspruchung umgangen werden (Hepp et al., 2017). Gerade bei den AV-Fisteln am proximalen Unterarm sei das Risiko der Ausbildung eines hyperzirkulatorischen Herzversagens bei schwerer Herzinsuffizienz erhöht. Dieses könne durch den besonders hohen Blutfluss, der in diesen Dialysehunts fließt, gefördert werden. Deshalb solle bei bekannter Herzinsuffizienz bei einer Shuntanlage ein geringes Flussvolumen beachtet werden (Hollenbeck et al., 2009). Ein weiterer Punkt, der den geringen Anteil herzinsuffizienter Patienten in dieser Arbeit

erklären könnte, kann der Zeitpunkt der Betrachtung sein. So trat eine Herzinsuffizienz zum Teil erst im Verlauf einer dialysepflichtigen Nierenerkrankung auf. Denn laut Radeleff könne neben der bestehenden Herzinsuffizienz und möglicher Probleme der Wahl des Dialysezugangs eine bestehende AV-Fistel bei hohem Blutfluss eine Herzinsuffizienz auch in ihrer Entstehung fördern (Radeleff, 2021). Zudem könne eine unzureichende Auflistung relevanter Nebenerkrankungen in den vorliegenden Arztbriefen ebenfalls ein möglicher Ansatzpunkt für eine kleiner als erwartete Anzahl herzinsuffizienter Patienten sein. Dass beide Nebenerkrankungen gleichzeitig vorlagen, trat bei Patientinnen in acht Prozent der Fälle (187) und bei Patienten in neun Prozent der Fälle (180) auf. Eine mögliche Erklärung kann auf die eben benannte geringe Anzahl von an Herzinsuffizienz erkrankter Patienten zurückzuführen sein.

## 5 Zusammenfassung

In dieser Dissertationsarbeit wurde der Verlauf von Typ-3-Stenosen im Vergleich von nativen AV-Fisteln und Prothesenshunts betrachtet. Dabei wurde die Offenheitsrate Typ I und II und somit die durchschnittlich vergangene Zeit zwischen dem ersten Auftreten einer Typ-3-Stenose und dem erneuten Auftreten im Sinne einer Typ-3-Rezidiv-Stenose analysiert. Es zeigte sich, dass die Zeit bis zum Erstaufreten einer Typ-3-Stenose bei nativen AV-Fisteln länger war als bei Prothesenshunts.

In der vorliegenden Arbeit konnten wir bei dem untersuchten Patientengut eine Offenheitsrate Typ I bei AV-Fisteln von 2,0 Jahren ohne bzw. von 3,4 Jahren mit vorheriger Intervention und bei Prothesenshunts von 1,0 Jahren ohne bzw. von 2,3 Jahren mit zwischenzeitlicher Intervention nachweisen. Diese Offenheitsrate liegt im Vergleich zu anderen Arbeitsgruppen in einem ähnlichen Zeitraum und Ausmaß. Auffallend war hierbei dass in jeder Betrachtung die AV-Fisteln eine längere Offenheitsrate nachwiesen. Dies konnten andere Autoren in der Form ebenfalls in ihren Daten nachweisen. In unserer retrospektiven Untersuchung ließen sich zusätzlich folgende Auffälligkeiten, die für zukünftige Intervention wichtig sind, nachweisen: Native AV-Fisteln sind auch bezüglich der Offenheitsrate Typ I den Prothesenshunts überlegen. Dies ist in anderen Studien auch belegt (Hollenbeck et al., 2009). Im Gegensatz zu anderen Arbeitsgruppen konnten wir allerdings keine genderspezifischen Unterschiede bei der Offenheitsrate Typ I sowohl im Bereich der AV-Fisteln als auf den Prothesenshunts nachweisen. Die Ursachen hierfür sind spekulativer Natur, allem voran wahrscheinlich auch durch die chirurgische Expertise bedingt. Eine weitere Erklärung für die Diskrepanz innerhalb der Untersuchung ist die Tatsache, dass die Intervention und vor allem der Interventionszeitpunkt nicht streng definiert sind sondern vom Untersucher, Operateur und Einweisenden abhängig ist.

Bezüglich der Offenheitsrate Typ II zeigte sich anhand unserer Untersuchungen, dass auch hier die nativen Fisteln eine, wenn auch im Ausmaß geringere, längere Offenheitsrate zeigen als die Prothesenshunts. Weitere signifikante Unterschiede ließen sich nicht eruieren.

Die Offenheitsrate von Shunts und deren Beeinflussung sind auch Gegenstand anderer Untersuchungen. So ist zum Beispiel der Einsatz von Thrombozytenaggregationshemmern oder sogar Marcumar und NOAKS bei

Vorhofflimmern und Dialysetherapie immer wieder Gegenstand kleinerer Untersuchungen, ohne dass sich bis hier eine klare Intervention Empfehlung hinsichtlich einer bevorzugten Therapie ergab (Reinecke et al., 2023).

Zusammenfassend ließ sich auch in dieser Untersuchung eine Überlegenheit von AV-Fisteln gegenüber Prothesenshunts im Blick auf die Offenheitsrate bei Typ-3-Stenosen nachweisen. Inwiefern die in dem untersuchten Klientel angewandte Balloondilatation gegenüber neueren Verfahren, wie zum Beispiel Implantation von Stentgrafts, den Verlauf oder das Outcome verändern würden bleibt aktuell ungeklärt.

Die Ursache für die häufiger verschlechterte Offenheitsrate sowohl von Typ I als auch Typ II bei Prothesenshunts liegt vermutlich am ehesten in der hohen Intimaproliferationsrate durch die Kunststoffprothese. Dies lässt sich auch durch unsere Daten belegen, bei denen wir im selben Patienten nach Anlage eines Prothesenshunts ebenfalls verkürzte Offenheitsrate gegenüber den vormaligen AV-Fisteln nachweisen konnten.

**Literaturverzeichnis**

- BECHTEL, U. & ABU-TAIR, M. 2021. [Renal replacement procedures in the very old]. *Nephrologe*, 16, 261-268.
- CARSTEN, C. G., 3RD 2011. Lower extremity arteriovenous hemodialysis access: an important adjunct in select patients. *Semin Vasc Surg*, 24, 102-107.
- ERLEY, C. & KLEOPHAS, W. 2021. Dialyse. *Der Nephrologe*, 16, 259-260.
- GEIS, T. 2012. *Radiologische Interventionen an Dialyseshunt- Statistische Auswertung eines 5-Jahres-Zeitraums am Klinikum Kempten-Oberallgäu gGmbH*. medizinische Dissertation, Universität Ulm und Technischen Hochschule Ulm.
- GERD BREUCH, W. S. 2017. *Dialyse für Einsteiger*, Hackerbrücke 6, 80335 München, Elsevier, 207-217.
- GHADBAN, T., WEISSMANN, V., ITTRICH, H., JANNECK, M. & KÖNIG, A. 2016. Shuntchirurgie für die Dialyse. *Allgemein- und Viszeralchirurgie update*, 10, 203-218.
- HECKING, M., BIEBER, B. A., ETHIER, J., KAUTZKY-WILLER, A., SUNDERPLASSMANN, G., SAEMANN, M. D., RAMIREZ, S. P., GILLESPIE, B. W., PISONI, R. L., ROBINSON, B. M. & PORT, F. K. 2014. Sex-specific differences in hemodialysis prevalence and practices and the male-to-female mortality rate: the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). *PLoS Med*, 11, e1001750.
- HEPP, W., KOCH, M., RÖDER, T. & RITZ, E. 2017. *Dialyseshunts : Grundlagen – Chirurgie - Komplikationen*, Springer Berlin, Heidelberg, 103-106.
- HOFFMANN, J. 2022. Shuntchirurgie. *Chirurgie Basisweiterbildung*, 587-596.
- HOLLENBECK, M., GROSS, T. & GIRNDT, M. 2014. Dialysetherapie und Plasmapherese. *SpringerReference Innere Medizin*, 1-13.
- HOLLENBECK, M., KOCH, M., RANFT, J., HENNIGS, S. & WOZNIAK, G. 2007. Shunt, Dialyseeinleitung, Katheter. *Der Nephrologe*, 2, 242-251.
- HOLLENBECK, M., MICKLEY, V., BRUNKWALL, J., DAUM, H., HAAGE, P., RANFT, J., SCHINDLER, R., THON, P. & VORWERK, D. 2009. Gefäßzugang zur Hämodialyse. *Der Nephrologe*, 4, 158-176.
- KAUFFMANN, G. W., MOSER, E. A., SAUER, R. & DAMMANN, F. 2001. *Radiologie. Fragen und Antworten*, München ; Jena, Urban & Fischer, 221-226.
- KELLERSMANN, R. & KICKUTH, R. 2014. Stenosen von arteriovenösen Dialysefisteln. *Gefässchirurgie*, 19, 718-725.
- KELLERSMANN, R. & MICKLEY, V. 2010. Aktuelle Studienlage zur Shuntchirurgie. *Gefässchirurgie*, 15, 579-588.
- KUHLMANN, U. E. A. 2015. *Nephrologie : Pathophysiologie - Klinik - Nierenersatzverfahren*, Stuttgart ; New York, Georg Thieme Verlag, 682-711.
- LORCH, H. 2000. Interventionen bei Hämodialyse-Shunts. *Der Radiologe*, 40, 754-767.
- MASSMANN, A., HAMMER, I., KETTELER, M. & LATUS, J. 2023. [Acute interventions-dialysis shunt recanalization]. *Radiologie (Heidelb)*, 63, 18-23.
- METZLER, E. U. 2019. Stenosen im Dialyseshunt und chirurgische Behandlungsoptionen. *Der Nephrologe*, 14, 342-347.
- MEYER, T. M. & SHAHVERDYAN, R. 2021. Gefäßzugang in der Hämodialyse. *Der Nephrologe*, 16, 269-276.
- RADELEFF, B. 2021. *Angiofibel- interventionelle und angiographische Diagnostik und Therapie*, Heidelberger Platz 3, 14197 Berlin, Springer, 317-325.

- REINECKE, H., ENGELBERTZ, C., BAUERSACHS, R., BREITHARDT, G., ECHTERHOFF, H. H., GERSS, J., HAEUSLER, K. G., HEWING, B., HOYER, J., JUERGENSMEYER, S., KLINGENHEBEN, T., KNAPP, G., CHRISTIAN RUMP, L., SCHMIDT-GUERTLER, H., WANNER, C., KIRCHHOF, P. & GOERLICH, D. 2023. A Randomized Controlled Trial Comparing Apixaban With the Vitamin K Antagonist Phenprocoumon in Patients on Chronic Hemodialysis: The AXADIA-AFNET 8 Study. *Circulation*, 147, 296-309.
- SCHÄBERLE, W. 2016. *Ultraschall in der Gefäßdiagnostik*, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag GmbH, 267-270.
- SCHAEFER, P. J., MÜLLER-HÜLSBECK, S., SCHAEFER, F. K., SOEHNE, J., CHARALAMBOUS, N., HELLER, M. & JAHNKE, T. 2006. Verlängert die radiologisch-interventionelle Therapie die Shuntnutzungsdauer bei hämodialysepflichtigen Patienten? *RöFo*, 178, 1121-1127.
- SCHERBAUM, C. R. & FISCHEREDER, M. 2016. Diabetes und Dialyse. *Der Diabetologe*, 12, 209-220.
- SCHMIDLI, J., WIDMER, M. K., BASILE, C., DE DONATO, G., GALLIENI, M., GIBBONS, C. P., HAAGE, P., HAMILTON, G., HEDIN, U., KAMPER, L., LAZARIDES, M. K., LINDSEY, B., MESTRES, G., PEGORARO, M., ROY, J., SETACCI, C., SHEMESH, D., TORDOIR, J. H. M., VAN LOON, M., ESVS GUIDELINES, C., KOLH, P., DE BORST, G. J., CHAKFE, N., DEBUS, S., HINCHLIFFE, R., KAKKOS, S., KONCAR, I., LINDHOLT, J., NAYLOR, R., VEGA DE CENIGA, M., VERMASSEN, F., VERZINI, F., ESVS GUIDELINES, R., MOHAUPT, M., RICCO, J. B. & ROCA-TEY, R. 2018. Editor's Choice - Vascular Access: 2018 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 55, 757-818.
- VOICULESCU, A. S. & HENTSCHEL, D. M. 2019. Katheterinterventionen und interventionelle Shuntanlagen. *Der Nephrologe*, 14, 348-358.
- WITTENBERG, G. 2019. Interventionsmöglichkeiten bei Shuntstenosen – chirurgisch vs. interventionell: Patch oder PTA. *Der Nephrologe*, 14, 338-341.



### **Erklärung zum Eigenanteil**

Die Arbeit wurde in der Klinik St. Joseph Krankenhaus Berlin-Tempelhof unter Betreuung von Frau Professor Dr. med. Christiane Erley und Prof. Dr. med. Ferruh Artunc durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch / in Zusammenarbeit mit Frau Professor Dr. med. Christiane Erley (Chefärztin der Abteilung für Nephrologie im St. Joseph Krankenhaus Berlin-Tempelhof). Die statistische Auswertung erfolgte eigenständig durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbstständig (nach Anleitung durch Frau Professor Dr. med. Christiane Erley) verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Berlin, den

[Unterschrift]

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich meinen besonderen Dank nachstehenden Personen entgegenbringen, ohne deren Mithilfe die Anfertigung dieser Promotionsschrift niemals zustande gekommen wäre:

Ich möchte mich zuallererst bei meiner Doktormutter Frau Prof. Dr. med. Christiane Erley, Chefärztin der Medizinischen Klinik II des St. Joseph Krankenhauses, für die Betreuung dieser Arbeit, der allzeit freundlichen Hilfe und der vielseitigen Ideengebung bedanken. Die zahlreichen Gespräche auf fachlicher und auch persönlicher Ebene werden mir immer als bereichernder und lehrreicher Austausch in Erinnerung bleiben. Ich habe die Unterhaltungen mit Ihnen stets als Ermutigung und Motivation empfunden, die Arbeit voranzutreiben und zu beenden.

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. Ferruh Artunc für die hilfsbereite und wissenschaftliche Betreuung als Zweitgutachter. Besonderen Dank auch an die gesamte Abteilung für Radiologie, die mir meine Fragen zu radiologischen Interventionen jederzeit freundlich beantworteten und erklärten und somit auch wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Bei meiner Schwester, meinen Eltern und meinem Freund möchte ich mich ganz besonders herzlich für die uneingeschränkte, anhaltende, vielseitige und vor allem auch moralische Unterstützung bedanken.