

AUS DER ABTEILUNG
FÜR GEFÄßCHIRURGIE
PROF. DR. KARIN PFISTER
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Ergebnisse der Dialyseshuntchirurgie an einem nicht-
zertifizierten, universitären Zentrum**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Daniel Lude Qian

2026

AUS DER ABTEILUNG
FÜR GEFÄßCHIRURGIE
PROF. DR. KARIN PFISTER
DER FAKULTÄT FÜR MEDIZIN
DER UNIVERSITÄT REGENSBURG

**Ergebnisse der Dialyseshuntchirurgie an einem nicht-
zertifizierten, universitären Zentrum**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der
Fakultät für Medizin
der Universität Regensburg

vorgelegt von
Daniel Lude Qian

2026

Dekan: Prof. Dr. Dirk Hellwig

1. Berichterstatterin: Prof. Dr. Wilma Schierling
2. Berichterstatter: Prof. Dr. Franz Josef Putz

Tag der mündlichen Prüfung: 15.07.2026

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	6
1.1 Stadien der chronischen Nierenkrankheit.....	6
1.2 Epidemiologie der chronischen Nierenkrankheit	6
1.3 Art der Nierenersatztherapie.....	6
1.4 Epidemiologie der Nierenersatztherapie	7
1.5 Ursache für die Dialysepflichtigkeit.....	7
1.6 Epidemiologie des vaskulären Zugangs	8
1.7 Art und Wahl des vaskulären Zugangs	10
1.8 Shuntmaturation	12
1.9 Primäres Fistelversagen.....	13
1.10 Adäquater Zeitpunkt der Shuntanlage	13
1.11 Bildgebende Verfahren	14
1.12 Komplikationen	15
1.12.1 Shuntstenose	15
1.12.2 Shuntaneurysma.....	16
1.12.3 Shuntverschluss	16
1.12.4 Shuntinfektion	17
1.12.5 Hemodialysis Access-induced Distal Ischemia, Steal-Syndrom	18
1.12.6 Kardiale Beeinträchtigung.....	18
1.12.7 Zentralvenöse Stenose	18
1.13 Versorgungssituation in der Bundesrepublik Deutschland.....	19
1.14 Zertifizierung von interdisziplinären Shuntzentren.....	20
1.15 Zielsetzung der eigenen Arbeit.....	21
2 Material und Methode	22
2.1 Patientenkollektiv	22
2.2 Datenerhebung.....	22
2.3 Deskriptive und statistische Auswertung	23
2.4 Definition der Endpunkte und weiterer Studienpunkte	23

3 Ergebnisse	25
3.1 Deskriptive Darstellung des Gesamtkollektivs	25
3.1.1 Patientenzahl und Art des Shunteingriffes.....	25
3.1.2 Geschlecht und Alter	25
3.1.3 Risikofaktoren und Vormedikation.....	26
3.1.4 Nierentransplantation.....	27
3.1.5 Ursache für die Dialysepflichtigkeit.....	27
3.2 Deskriptive Darstellung der Shunt-Erstanlagen	29
3.2.1 Geschlecht und Alter	29
3.2.2 Risikofaktoren und Vormedikationen	30
3.2.3 Präterminale und terminale Niereninsuffizienz	31
3.2.4 Shuntlokalisation und Shuntmaterial.....	32
3.2.5 Präoperativer Dialysekatheter.....	35
3.2.6 Intraoperative Kontrolle	37
3.2.7 Sonographische Flussmessung	38
3.2.8 Postoperative Acetylsalicylsäure-Einnahme für vier Wochen.....	40
3.2.9 Postoperative Komplikationen innerhalb von sechs Wochen nach Shunt-Erstanlage.....	40
3.2.10 Erste Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen nach Shunt-Erstanlage	42
3.2.11 Fehlende Entwicklung	42
3.2.12 Zeitintervall zwischen Shuntplanung und Shunt-Erstanlage.....	42
3.2.13 Zeitintervall zwischen Shunt-Erstanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit.....	43
3.3 Deskriptive Darstellung der Shuntrevisionen.....	44
3.3.1 Ursache der Revision.....	45
3.3.2 Art des Revisionseingriffes.....	47
3.3.3 Intraoperative Kontrolle in der gefäßchirurgischen Fachabteilung	50
3.3.4 Periprozeduraler Dialysekatheter	52
3.3.5 Postprozedurale Punktabilität	54
3.3.6 Zeitintervall zwischen Revisionsanmeldung und Shuntrevision.....	55
3.3.7 Postprozedurale Komplikationen innerhalb von sechs Wochen nach Shuntrevision	56
3.3.8 Erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen.....	58
3.4 Deskriptive Darstellung der Subgruppe der Shuntverschlüsse	60
3.4.1 Art des Revisionseingriffes.....	60
3.4.2 Intraoperative Kontrolle in der gefäßchirurgischen Fachabteilung	61
3.4.3 Periprozeduraler Dialysekatheter	63
3.4.4 Postprozedurale Punktabilität	65
3.4.5 Zeitintervall bis Revisionsbeginn	66
3.4.6 Erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen und einem Jahr	67
3.5 Vergleich der Shunt-Erstanlagen zwischen Patienten mit präterminaler Niereninsuffizienz und terminaler Niereninsuffizienz	69

3.5.1 Gruppenvergleich	69
3.5.1.1 Basisdemographische Parameter und Risikofaktoren.....	70
3.5.1.2 Shuntmaterial	70
3.5.1.3 Shuntlokalisation der AVF-Anlagen	71
3.5.1.4 Postoperativer Shuntfluss nach vier bis acht Wochen	71
3.5.1.5 Fehlende Entwicklung	72
3.5.1.6 Revisionsursache	72
3.5.1.7 Erste Shuntrevision und erster Shuntverschluss innerhalb von 14 Tagen	73
3.5.2 Offenheit	73
3.6 Vergleich der Shunt-Erstanlagen zwischen Patienten mit Oberarm-AVFs und Unterarm-AVFs.....	76
3.6.1 Gruppenvergleich	76
3.6.1.1 Basisdemographische Parameter und Risikofaktoren.....	76
3.6.1.2 Postoperativer Shuntfluss nach vier bis acht Wochen	77
3.6.1.3 Fehlende Entwicklung	77
3.6.1.4 Revisionsursache	78
3.6.1.5 Erste Shuntrevision und erster Shuntverschluss innerhalb von 14 Tagen	79
3.6.2 Offenheit	79
4 Diskussion	83
5 Zusammenfassung	101
6 Abkürzungsverzeichnis	104
7 Abbildungsverzeichnis	105
8 Tabellenverzeichnis	109
9 Literaturverzeichnis	112
10 Danksagung.....	
11 Eidesstattliche Erklärung	

1 Einleitung

1.1 Stadien der chronischen Nierenkrankheit

Die Stadieneinteilung der chronischen Nierenkrankheit (CKD, engl. chronic kidney disease) erfolgt anhand der glomerulären Filtrationsrate (GFR) in fünf Stadien G1 bis G5 sowie der Albuminurie in drei Stadien A1 bis A3. Durch Kombination der Stadien der GFR und der Albuminurie ist eine präzise Stadieneinteilung der CKD möglich [1,2].

Im klinischen Alltag beschränkt sich die CKD mit klinischer Symptomatik im engeren Sinne auf die GFR-Stadien G3 bis G5 (GFR unter 60 ml/min/1,73 m²) über einen Zeitraum von mindestens drei Monaten. Das Stadium G5 (GFR unter 15 ml/min/1,73 m²) stellt die terminale Niereninsuffizienz (NI) dar, in der ein Nierenersatzverfahren (KRT, engl. kidney replacement therapy) notwendig ist [1,2].

1.2 Epidemiologie der chronischen Nierenkrankheit

Im Jahr 2017 waren weltweit fast 850 Millionen Menschen von einer CKD betroffen, was 11 % der Weltbevölkerung im selben Jahr entsprach [3]. Die Zahl der Neuerkrankten belief sich auf ungefähr 20 Millionen pro Jahr [4]. Gleichzeitig benötigten im Jahr 2017 knapp 3,9 Millionen Menschen weltweit eine KRT aufgrund einer terminalen NI. Verglichen mit den rund 2,6 Millionen Menschen im Jahr 2010 stellte dies einen Anstieg von 50 % innerhalb eines Sieben-Jahres-Zeitraumes dar [3]. Prognosen zufolge wird die CKD bis zum Jahr 2040 weltweit zu den fünf häufigsten Krankheiten zählen, denen die meisten verlorenen Lebensjahre zugerechnet werden [3,5].

1.3 Art der Nierenersatztherapie

Die KRT lässt sich in die drei verschiedenen Verfahren Hämodialyse (HD), Peritonealdialyse (PD) und Nierentransplantation einteilen. Im Rahmen der HD gelangt Blut über einen vaskulären Zugang in ein Hämodialysegerät und die Elimination der harnpflichtigen Substanzen und Flüssigkeit erfolgt primär durch Diffusion über eine semipermeable Dialysemembran [6]. Zur Durchführung einer adäquaten HD wird in der Regel ein Blutfluss von mehr als 500 ml/min durch das Hämodialysegerät erforderlich [7]. Oberflächliche, punktable Venen an der oberen Extremität wie die V. cephalica und die V. basilica erreichen physiologisch nicht diesen hohen Blutfluss. Deswegen wird im Rahmen der Dialyseshuntchirurgie eine arteriovenöse Fistel (AVF, engl. arteriovenous fistula) angelegt, die nach der Shuntmaturation einen höheren Blutfluss aufweist und die HD somit ermöglicht. Alternativ ist eine HD über einen Prothesenshunt (AVG, engl. arteriovenous graft) oder einen

zentralvenösen Dialysekatheter (CVC, engl. centralvenous catheter) möglich. AVF, AVG und CVC stellen die drei vaskulären Zugänge für die HD dar [6–8].

Bei der PD wird ein Katheter intraperitoneal unter die Bauchdecke implantiert und darüber das Dialysat in das Peritoneum eingeleitet. Zur Elimination der harnpflichtigen Substanzen und Flüssigkeit wird das Peritoneum als Dialysemembran genutzt und diese beruht auf den Prinzipien der Osmose und Diffusion. Die Nierentransplantation stellt die dritte Therapieform dar, bei der eine Spenderniere retroperitoneal in die Fossa iliaca transplantiert wird [6].

1.4 Epidemiologie der Nierenersatztherapie

Der European Renal Association Registry Annual Report 2022 fasst epidemiologische Daten zur KRT in Europa zusammen. Diese stammen aus nationalen und regionalen Registern, die insgesamt rund 530 Millionen Einwohner aus 35 europäischen Ländern repräsentieren [9]. Die Bundesrepublik Deutschland (BRD) leitet aufgrund eines fehlenden nationalen Registers hinsichtlich der KRT keine Daten an das European Renal Association Registry weiter [9,10].

Die unadjustierte Prävalenz der KRT betrug im Jahr 2022 1 074 pro Million Einwohner, was rund 570 000 Patienten mit bestehender KRT entsprach. Männliche Patienten machten mit 62 % die Mehrheit der Patienten aus und das mediane sowie mittlere Alter betrugen 63,9 Jahre und 62,0 Jahre. Die Art der KRT setzte sich aus 56 % HD, 5 % PD und 39 % Nierentransplantation zusammen [9].

Die unadjustierte Inzidenz der KRT betrug im Jahr 2022 152 pro Million Einwohner und entsprach rund 80 000 Patienten, die im Jahr 2022 eine KRT neu begannen. Hiervon waren 64 % der Patienten männlich, das mediane Alter und das mittlere Alter betrugen 68,0 Jahre und 64,8 Jahre. Die überwiegende Mehrheit begann die KRT mittels HD (83 %), gefolgt von PD (12 %) und präemptiv erfolgter Nierentransplantation (5 %) [9].

Sowohl die unadjustierte Prävalenz als auch die unadjustierte Inzidenz wies im nationalen Vergleich große Differenzen auf. So war die Prävalenz der KRT in Spanien mehr als dreimal so hoch wie in Polen [9].

1.5 Ursache für die Dialysepflichtigkeit

Die Ursachen für die Dialysepflichtigkeit im Jahr 2022, basierend auf dem European Renal Association Registry Annual Report 2022, werden in Tabelle 1 zusammengefasst [9]. Die Glomerulonephritis/Glomerulosklerose war mit 16 % die häufigste Ursache für die Dialysepflichtigkeit von Patienten mit bestehender KRT, gefolgt von Diabetes mellitus (15 %) und arterieller Hypertonie (11 %). Der direkte Vergleich zwischen Inzidenz und Prävalenz zeigt,

dass prozentual mehr Patienten die KRT aufgrund eines Diabetes mellitus (Inzidenz: 22 % vs. Prävalenz: 15 %) und einer arteriellen Hypertonie (Inzidenz: 14 % vs. Prävalenz: 11 %) begannen. In jeweils 27 % der Fälle war die Ursache für die Dialysepflichtigkeit hinsichtlich Prävalenz und Inzidenz der KRT nicht bekannt. Weitere Ursachen für die Dialysepflichtigkeit machten insgesamt 18 % der prävalenten sowie 17 % der inzidenten Fälle aus, die keiner der sechs vordefinierten Ursachen zugeordnet werden konnten [9].

Tabelle 1 Ursachen für die Dialysepflichtigkeit basierend auf dem European Renal Association Registry Annual Report 2022 [9]

	Prävalenz KRT	Inzidenz KRT
Arterielle Hypertonie	11 %	14 %
Diabetes mellitus	15 %	22 %
Polyzystische Nierenerkrankung	7 %	4 %
Pyelonephritis	5 %	4 %
Glomerulonephritis/ Glomerulosklerose	16 %	10 %
Renale vaskuläre Krankheit	1 %	1 %
Sonstiges	18 %	17 %
Nicht bekannt oder keine Daten vorhanden	27 %	27 %

1.6 Epidemiologie des vaskulären Zugangs

Die prospektive Kohortenstudie „Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study“ (DOPPS) erhebt seit dem Jahr 1996 internationale Daten in verschiedenen Ländern. Die Mehrheit der bisherigen Publikationen basiert auf Daten aus den ersten fünf Phasen DOPPS I–V zwischen 1996 und 2015 [11].

Sowohl die Prävalenz als auch die Inzidenz der drei vaskulären Zugänge (AVF, AVG und CVC) sowie die Lokalisation der AVF variieren je nach Region und Land deutlich. Tabelle 2 gibt eine Übersicht zu den Prävalenzen und Inzidenzen von AVF, AVG und CVC aus DOPPS V (2012–2015) in verschiedenen Ländern [12]. In dieser betrug die Prävalenz von AVF 91 % in Japan, zwischen 59 % und 80 % in den untersuchten europäischen Ländern und 68 % in den Vereinigten Staaten von Amerika (USA). Der CVC-Anteil betrug unter 1 % in Japan, zwischen 15 % und 38 % in den europäischen Ländern und 15 % in den USA. Der AVG-Anteil lag im einstelligen Prozentbereich, mit Ausnahme von den USA, wo dieser mit 18 % deutlich häufiger

zum Einsatz kam. Der AVF-, AVG- und CVC-Anteil betrugen hinsichtlich der Prävalenz in der BRD jeweils 80 %, 6 % und 15 % [12].

Die Inzidenz neu angelegter AVFs betrug 84 % in Japan, zwischen 48 % und 58 % in den europäischen Ländern und 28 % in den USA. Der CVC-Anteil lag bei 11 % in Japan, 42 % bis 50 % in den europäischen Ländern und 67 % in den USA. Der AVG-Anteil ist im einstelligen Prozentbereich annähernd vernachlässigbar. In der BRD betrug die Inzidenz von AVF, AVG und CVC jeweils 56 %, 2 % und 42 % [12].

Tabelle 2 Prävalenzen und Inzidenzen von AVF, AVG und CVC im internationalen Vergleich (DOPPS V, 2012–2015) [12]

		Prävalenz (%)	Inzidenz (%)
AVF	Japan	91 %	84 %
	Europäische Länder	59 %–80 %	48 %–58 %
	USA	68 %	28 %
AVG	Japan	8 %	5 %
	Europäische Länder	≤ 10 %	≤ 10 %
	USA	18 %	5 %
CVC	Japan	< 1 %	11 %
	Europäische Länder	15 %–38 %	42 %–50 %
	USA	15 %	67 %

Im 20-Jahres-Zeitraum von DOPPS I–V (1996–2015) zeigten die Prävalenz und Inzidenz von Oberarm- und Unterarm-AVFs im internationalen Vergleich ebenfalls deutliche Unterschiede auf. In Japan waren hinsichtlich der Prävalenz über 93 % der AVFs (DOPPS I–V) am Unterarm lokalisiert. In Europa und Australien/Neuseeland nahm die Prävalenz der Unterarm-AVFs in diesem Zeitraum von 77 % (DOPPS I) auf 66 % (DOPPS V) ab, während in den USA eine deutliche Abnahme der Unterarm-AVFs von 70 % (DOPPS I) auf 32 % (DOPPS V) zu verzeichnen war. Die Prävalenz der Oberarm-AVFs verlief entsprechend gegenteilig [11].

In DOPPS IV–V (2009–2015) war in Japan hinsichtlich der Inzidenz 89 % der neu angelegten AVFs am Unterarm lokalisiert. Im Vergleich dazu wurden im gleichen Zeitraum in Europa und Australien/Neuseeland (60 %) und insbesondere in den USA (34 %) deutlich weniger Unterarm-AVFs neu angelegt. Die entsprechende Zunahme neu angelegter Oberarm-AVFs spiegelt sich hier in den abnehmenden Inzidenzen der Unterarm-AVFs wider [11].

1.7 Art und Wahl des vaskulären Zugangs

Für die drei vaskulären Zugänge AVF, AVG und CVC sind die Lokalisation, die operativen Techniken, die verwendeten Blutgefäße und Materialien vielfältig [7,8,13]. Im Folgenden stellen die für die eigene Studie relevanten vaskulären Zugänge einen Ausschnitt der möglichen vaskulären Zugänge dar.

Eine AVF ist eine künstlich hergestellte Verbindung zwischen einem arteriellen und einem venösen Gefäß, über die ein Teil des Blutes umgeleitet wird. Ziel ist die Steigerung des Blutflusses und die Maturation der Shuntvene, sodass diese punktiert und eine HD hierüber durchgeführt werden kann. In der Regel wird eine End-zu-Seit-Anastomose zwischen Vene und Arterie geschaffen [7,8,13]. Die dazu verwendete Arterie und Vene sollen jeweils einen präoperativen Gefäßdurchmesser von mindestens 2,0 und 2,5 Millimeter für die AVF-Anlage haben. Für die AVG-Anlage soll der venöse Anteil der Anastomose einen Gefäßdurchmesser von mindestens 3,0 bis 4,0 Millimeter aufweisen [8].

In der klinischen Praxis hat sich die Anlage einer möglichst distalen AVF am nicht dominanten Arm als Lokalisation der ersten Wahl etabliert, um eine möglichst lange Punktionsstrecke zu erhalten. Hierzu zählt die radio-cephale arteriovenöse Fistel (RCAVF) am Unterarm als Verbindung zwischen der A. radialis und der V. cephalica, die als Cimino-Brescia-Shunt bekannt ist. Die HD soll im optimalen Fall hierüber eingeleitet werden [8,14,15].

Sollte die Anlage einer AVF am Unterarm nicht möglich sein, kann die Anlage einer proximaler gelegenen AVF in der Ellenbeuge oder am Oberarm versucht werden. Dazu zählen unter anderem die brachio-cephale arteriovenöse Fistel (BCAVF), die brachio-basiläre arteriovenöse Fistel (BBAVF) und die Gracz-Fistel. Die verwendeten Blutgefäße sind A. brachialis und V. cephalica bei der BCAVF, A. brachialis und V. basilica bei der BBAVF sowie A. brachialis und cubitale V. perforans bei der Gracz-Fistel [7,8,16,17]. Bei der BBAVF ist in der Regel eine sekundäre Vorverlagerung im Rahmen einer zweiten Operation nach sechs bis acht Wochen notwendig, um die Punktionstiefe der V. basilica zu verringern [7,8]. Im weiteren Verlauf der Arbeit werden diese drei AVFs unter dem Begriff Oberarm-AVF subsumiert, während die AVFs am proximalen und distalen Unterarm als Unterarm-AVF bezeichnet werden.

Ist an der oberen Extremität die Anlage einer AVF nicht möglich, kann als nächstes die Anlage eines AVGs an der oberen Extremität erwogen werden. Ein AVG ist definitionsgemäß eine biologische oder synthetische Gefäßprothese, bei der das eine Ende des AVGs mit der Arterie und das andere Ende mit der Vene anastomosiert wird [7,8]. Das verwendete Material ist vielfältig, jedoch kommen im klinischen Alltag synthetische AVGs primär zum Einsatz, weil

sie einerseits kostengünstiger sind und andererseits eine geringere Langzeitdegeneration als biologische AVGs aufweisen [7,8]. AVGs haben im Vergleich zu AVFs eine geringere Offenheitsrate, die auf eine erhöhte Thrombogenität des Prothesenmaterials zurückgeführt werden kann. In der Metaanalyse von Almasri et al. haben AVFs gegenüber AVGs sowohl eine höhere primäre Offenheitsrate (55 % vs. 40 %) als auch eine höhere sekundäre Offenheitsrate (63 % vs. 60 %) nach zwei Jahren [7,18,19]. Zudem ist das Infektionsrisiko von AVGs signifikant höher als das von AVFs und das Prothesenmaterial der AVGs kann durch wiederholte Punktionen beschädigt werden [7,18]. Vorteilhaft ist hingegen die kürzere Maturationszeit, weswegen AVGs in bestimmten Fällen aufgrund der schnelleren Punktierbarkeit vorzuziehen sind [7,8].

Die Shuntanlage an der unteren Extremität stellt in der Regel für Patienten die verbleibende Option dar, wenn die Shuntanlage an der oberen Extremität nicht möglich sein sollte. Das Infektionsrisiko und das Risiko für eine shunt-induzierte, distale Ischämie sind hier erhöht, weswegen Shuntanlagen im Bereich der oberen Extremität bevorzugt werden [8,20].

Der CVC ist der dritte vaskuläre Zugang, der für die HD verwendet werden kann. Dieser wird in die V. jugularis interna, V. subclavia oder V. femoralis angelegt, wobei die rechte V. jugularis interna aufgrund der anatomischen Lagebeziehung zum rechten Vorhof am geeignetsten ist [8]. Ferner können CVCs in getunnelte und nicht getunnelte Varianten unterteilt werden. Nicht getunnelte CVCs wie der Shaldon-Katheter können bis zu zwei Wochen im Rahmen einer akut bestehenden Dialysenotwendigkeit verwendet werden. Dem gegenüberstehend werden getunnelte CVCs wie der Demers-Katheter für über zwei Wochen andauernde HDs verwendet [8,13].

Die Verwendung von CVCs zur HD ist im Vergleich zu AVFs und AVGs mit einer signifikant höheren Mortalität, einer signifikant höheren Katheter-assoziierten Infektionsrate und einem signifikant häufigeren Auftreten kardiovaskulärer Ereignisse assoziiert [8,21–23]. Daher soll der CVC von den drei verfügbaren Optionen in der Regel die letzte Wahl darstellen. Im klinischen Alltag kommen CVCs jedoch regelmäßig zum Einsatz, wenn die HD aufgrund einer akut bestehenden Dialysepflichtigkeit vor Etablierung einer AVF oder eines AVGs notwendig ist. In der BRD wurde in DOPPS V (2012–2015) bei 42 % der Patienten mit neu eingetretener Dialysepflichtigkeit die HD über einen CVC eingeleitet [12]. Die fehlende Notwendigkeit einer gefäßchirurgischen Operation und die sofortige Verwendbarkeit nach CVC-Anlage sind als Gründe für den hohen CVC-Einsatz zu nennen [7]. Nach der initialen Dialyseeinleitung über einen CVC profitieren Patienten von einer anschließenden AVF-Anlage mit einer signifikant

niedrigeren Mortalität im Gegensatz zu Patienten, die weiterhin über den CVC dialysiert werden [24].

Im Jahr 2003 wurden in den USA die „Fistula First Breakthrough Initiative“ und im Verlauf „Fistula First – Catheter Last“ etabliert, um die Prävalenz und Inzidenz von AVFs zu erhöhen und die von CVCs zu reduzieren. Die aktuelle Leitlinie der Kidney Disease Outcomes Quality Initiative (KDOQI) kehrt jedoch von der starren Betrachtungsweise ab und setzt auf eine patientenindividuelle Versorgung. Eine AVF wird darin nicht immer als sinnvoll betrachtet und spezifische Patientengruppen wie hochbetagte oder multimorbide Patienten können nach individueller Abwägung mehr von einem AVG oder CVC profitieren [13,25].

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Wahl des vaskulären Zugangs in der Reihenfolge AVF, AVG und CVC grundsätzlich als valide Vorgehensweise anzusehen ist [7,8].

1.8 Shuntmaturation

Ein Dialyseshunt kann nach der Shuntanlage nicht sofort punktiert werden, sondern durchläuft einen Reifungsprozess im Rahmen der Shuntmaturation. In dieser Zeit kommt es durch die veränderte Hämodynamik im venösen Anteil zu Umbauprozessen in der Gefäßwand und schließlich zur Zunahme von Shuntfluss und Gefäßdurchmesser sowie zu einer Verdickung der Gefäßwand [7]. Zahlreiche Faktoren wirken sich auf den Maturationsprozess aus und die Relevanz und Signifikanz der einzelnen Faktoren sind noch nicht abschließend geklärt [7,26]. Der Maturationsprozess wird durch eine sonographische Untersuchung im Verlauf beurteilt. Der ideale Zeitpunkt dieser Untersuchung ist unscharf definiert und beträgt für AVFs frühestens vier bis sechs Wochen nach Shuntanlage [8]. Ein Shuntfluss unter 500 ml/min und ein Venendurchmesser unter 4,0 Millimeter zwei bis vier Monate nach Shuntanlage sind Zeichen einer unzureichenden Shuntmaturation [27]. Gemäß der 6er-Regel ist eine AVF maturiert, wenn diese nach sechs Wochen einen Shuntfluss von über 600 ml/min aufweist, mehr als 6,0 Millimeter Durchmesser im venösen Anteil hat und weniger als 6,0 Millimeter unterhalb der Hautoberfläche liegt [7,13]. Diese sind jedoch als Richtwerte zu verstehen, welche auf eine erfolgreiche Shuntmaturation hindeuten und für eine Shuntpunktion nicht obligatorisch erreicht werden müssen [7]. Ein funktionstüchtiger Dialyseshunt ist gemäß der Leitlinie der European Society for Vascular Surgery (ESVS) als Dialyseshunt definiert, der es ermöglicht, mindestens sechs HDs in einem Zeitraum von 30 Tagen mit zwei Punktionsnadeln durchzuführen und zudem einen Shuntfluss von über 300 ml/min aufweist [8]. Die vorzeitige Punktion kann mit Komplikationen bis zu einem primären Fistelversagen führen. Die Punktion einer AVF

innerhalb des ersten Monats nach Shuntanlage ist mit einer signifikant niedrigeren primären Offenheitsrate assoziiert [28]. Daher ist die 6er-Regel als Orientierungshilfe zu betrachten, während die individuelle Beurteilung der Shuntmaturation durch das Behandlungsteam von entscheidender Bedeutung ist [8].

1.9 Primäres Fistelversagen

Das primäre Fistelversagen nach Shuntanlage wird in der Literatur nicht einheitlich definiert und der Einsatz von unterschiedlichen Begrifflichkeiten erschwert den direkten Vergleich der Studienergebnisse untereinander. In Studien werden Begriffe wie „primary failure“, „early failure“, „early arteriovenous failure“ oder „late failure“ verwendet, die keine einheitliche Definition haben [13,29,30]. Die ESVS-Leitlinie nennt für AVFs frühe Versagensraten (engl. early failure) zwischen 3 % und 46 % und verdeutlicht die große Heterogenität der einzelnen betrachteten Studien [8].

In einem systematischen Review werden die distale AVF-Lokalisation an der oberen Extremität, ein geringer arterieller und venöser Gefäßdurchmesser, der Diabetes mellitus und das weibliche Geschlecht als signifikante Prädiktoren für ein frühes Fistelversagen (engl. early arteriovenous fistula failure) identifiziert [29]. Eine ältere Metaanalyse aus dem Jahr 2004 kann hingegen das weibliche Geschlecht nicht als signifikanten Prädiktor für ein primäres Versagen (engl. primary failure) identifizieren und verweist auf Faktoren wie den arteriellen und venösen Gefäßdurchmesser [31,32].

1.10 Adäquater Zeitpunkt der Shuntanlage

Die Entscheidung für eine Shuntanlage erfolgt typischerweise interdisziplinär zwischen der nephrologischen und der gefäßchirurgischen Fachabteilung [8,13]. Aufgrund der Shuntmaturation, deren erfolgreicher Abschluss abgewartet werden muss, steht ein neu angelegter Dialyseshunt wie zuvor erläutert nicht unmittelbar zur Verfügung [7]. Ein zu kurzer Maturationszeitraum bis zum Beginn der Dialysepflichtigkeit kann entweder eine vorübergehende Verwendung eines CVCs zur HD oder eine vorzeitige Shuntpunktion nötig machen. Die Nachteile für beide Situationen ergeben sich aus den vorherigen Abschnitten [8,28]. Ein zu langer Zeitraum kann andererseits unnötige Folgeeingriffe in der noch dialysefreien Zeit oder ein Versterben der Patienten vor Eintritt der Dialysepflichtigkeit bedeuten [13].

Die KDOQI-Leitlinie empfiehlt basierend auf den Ergebnissen von Shechter et al. eine Überweisung zur Shuntanlage bei nicht dialysepflichtigen Patienten, wenn die GFR auf unter

15 bis 20 ml/min/1,73 m² abfällt [13,33]. Gleichzeitig soll gemäß der KDOQI-Leitlinie die Progression der CKD bei der Entscheidungsfindung stets individuell mitberücksichtigt werden, sodass bei Abnahmen der GFR von über 10 ml/min/1,73 m² pro Jahr eine frühere Überweisung in Erwägung gezogen wird. Ein Zeitraum von sechs bis neun Monaten zwischen Überweisung zur Shuntanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit wird als vorteilhaft angesehen und ermöglicht Folgeeingriffe im Falle einer nicht erfolgreichen Shuntmaturation [13]. In der ESVS-Leitlinie stellen eine nephrologische sowie gefäßchirurgische Überweisung ab einem GFR von unter 30 ml/min/1,73 m² und ein drei- bis sechsmonatiger Zeitraum zwischen Shuntanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit zwei Klasse-I-Empfehlungen dar [8].

In DOPPS I–III (1996–2007) betrug die mediane Zeit zwischen Überweisung zum Gefäßchirurgen und Shuntanlage in der BRD sechs Tage, wobei drei Tage zwischen Überweisung und Evaluation durch den Chirurgen sowie drei weitere Tage bis zur Shuntanlage vergingen. Im internationalen Vergleich variiert die Dauer zwischen Überweisung und Shuntanlage zwischen fünf Tagen und über einem Monat [34].

1.11 Bildgebende Verfahren

Im Rahmen der Dialyseshuntchirurgie und der Überwachung von Dialyseshunts stellen der Duplexultraschall (DUS) und die digitale Subtraktionsangiographie (DSA) zwei wichtige Bildgebungsmodalitäten dar, die jeweils unterschiedliche Vor- und Nachteile haben [8].

Der DUS ist ein nicht invasives und kostengünstiges Verfahren, womit quantitative Messungen wie Shuntfluss, Gefäßdurchmesser oder Flussprofil durchgeführt werden können. Zudem können Shuntstenosen sowie Shuntverschlüsse zügig identifiziert und deren Ausmaß quantifiziert werden. Ein weiterer Vorteil stellt die Darstellung der anatomischen Lagebeziehungen zwischen Gefäßen und Umgebung dar. Auf der anderen Seite ist insbesondere die Qualität der quantitativen Messungen stark von der untersuchenden Person abhängig. Ein weiterer Nachteil ist, dass proximale Einmündungsstenosen und zentralvenöse Stenosen nicht stets adäquat beurteilt werden können [8].

Demgegenüber steht die DSA als invasives Bildgebungsverfahren, womit der gesamte anatomische Gefäßverlauf dargestellt und beurteilt werden kann. Dies ermöglicht eine gute Darstellung von Shuntstenosen in proximalen Abschnitten wie Einmündungsstenosen und zentralvenöse Stenosen. Ein weiterer Vorteil ist die Diagnostik und Therapie in einer einzigen Sitzung, sodass eine Ballonangioplastie von Shuntstenosen unmittelbar im Anschluss an die Diagnostik erfolgen kann. Ein Nachteil der DSA ist, dass quantitative Messungen von gefäßbezogenen Parametern nicht möglich sind [8].

Zusammenfassend kann der DUS vielfältig eingesetzt werden, wie zum präoperativen Shuntmapping, zur perioperativen Kontrolle und ist das Mittel erster Wahl zur eingehenden Beurteilung von Shunt Dysfunktionen und Shuntverschlüssen. Die DSA kommt primär in der Diagnostik und Therapie von Shuntstenosen und zur perioperativen Kontrolle zum Einsatz, jedoch ist sie bevorzugt unter Interventionsbereitschaft durchzuführen [8].

1.12 Komplikationen

Nach Shuntanlage können unterschiedliche Komplikationen auftreten, die einen Revisionseingriff erforderlich machen. Die Shuntstenose gilt dabei als häufigste Komplikation, jedoch ist die genaue Bestimmung der Prävalenz und Inzidenz schwierig, weil nicht jede Stenose behandlungsbedürftig ist und dementsprechend nicht jede Stenose erfasst wird [13]. Al-Jaishi et al. fassen die Häufigkeiten von Komplikationen in einer Metaanalyse zusammen, in der die Shuntstenose jedoch nicht aufgelistet wird. Am häufigsten treten thrombotische Shuntverschlüsse auf (0,24 pro 1000 Patiententage), gefolgt von Shuntinfektionen (0,11 pro 1000 Patiententage), Steal-Syndromen (0,05 pro 1000 Patiententage), Aneurysmen (0,04 pro 1000 Patiententage) und venösen Hypertensionen (0,03 pro 1000 Patiententage). Hierbei handelt es sich jeweils um Medianwerte der Ereignisraten in den zugrundeliegenden Studien [35].

Die endovaskuläre und die operative Shuntrevision stellen die zwei Hauptsäulen in der Therapie der Komplikationen dar. Endovaskuläre Shuntrevisionen sind alle Shunteingriffe ohne perkutane Hautinzision, zu denen die Ballonangioplastie, das Stenting, die endovaskuläre Thrombektomie und die endovaskuläre Thrombolyse gehören. Operative Shuntrevisionen sind alle Shunteingriffe mit perkutaner Hautinzision. Die offene Thrombektomie, die Anlage von Interponaten, die Patchplastik und die Aneurysmorrhaphie sind beispielhaft zu nennen. Die mediane Rate von endovaskulären Shuntrevisionen aufgrund von Komplikationen beträgt 0,82 pro 1000 Patiententage, während diese von operativen Shuntrevisionen bei 0,19 pro 1000 Patiententage liegt [35].

1.12.1 Shuntstenose

Shuntstenosen können sich grundsätzlich in jedem Gefäßabschnitt manifestieren und werden je nach Lokalisation in Typ-1- bis Typ-4-Stenosen eingeteilt. Die Typ-1-Stenose befindet sich anastomosennah, die Typ-2-Stenose liegt im Verlauf der Punktionsstrecke der Shuntvene und die Typ-3-Stenose manifestiert sich im Bereich der Einmündung des oberflächlichen

Venensystems in das tiefe Venensystem. Typ-4-Stenosen stellen zentralvenöse Stenosen dar [36].

Die Shuntstenose entsteht auf zellulärer Ebene aufgrund einer Neointimahyperplasie als Resultat einer Endothelschädigung bedingten Proliferation von glatten Muskelzellen. Drei Faktoren haben einen begünstigenden Einfluss auf die Entstehung einer Shuntstenose. Diese sind vorausgegangene Ballonangioplastien, rezidivierende Venenpunktionen und eine erhöhte Scherspannung, die durch einen hohen Shuntfluss bedingt ist [37].

Die Therapie der Shuntstenose kann endovaskulär oder operativ erfolgen und hängt von der Lokalisation sowie von der individuellen Ausprägung ab. Nach der ESVS-Leitlinie ist die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) das Mittel erster Wahl bei kurzstreckigen Typ-2-Stenosen unter 2 Zentimetern, Typ-3-Stenosen und bei Stenosen im arteriellen Gefäßanteil. Längerstreckige Typ-2-Stenosen über 2 Zentimeter können endovaskulär oder operativ versorgt werden. Der klinische Nutzen der Stentimplantation ist Gegenstand aktueller Forschung und nicht abschließend geklärt, jedoch kann sie bei Rezidivstenosen zum Einsatz kommen. Typ-1-Stenosen werden in der Regel operativ durch eine Shuntproximalisierung versorgt, wobei eine PTA ebenfalls möglich ist. Rezidivstenosen nach erfolgter PTA sind insbesondere bei Typ-3-Stenosen häufig [8,37].

1.12.2 Shuntaneurysma

Aneurysmen können einerseits durch rezidivierende Shuntpunktionen verursacht werden. Andererseits wird das gleichzeitige Vorliegen von Shuntstenosen und Shuntaneurysmata im klinischen Alltag häufig beobachtet. Dies liegt an einer wechselseitigen Interaktion zwischen Shuntaneurysma und Shuntstenose, bei der sie sich gegenseitig verursachen und begünstigen können [8,38].

Als Therapie kommt die operative Aneurysmorrhaphie mit gegebenenfalls Patchplastik oder PTA einer parallel vorliegenden Stenose zum Einsatz [38].

1.12.3 Shuntverschluss

Der akute Shuntverschluss gilt als eine der häufigsten Komplikationen des Dialyseshunts und tritt bei AVGs häufiger auf als bei AVFs [35,38]. In der Regel liegt ein thrombotischer Verschluss vor und kann in jedem Gefäßanteil vorkommen. Eine hämodynamisch relevante Shuntstenose wird als Hauptursache des Shuntverschlusses angesehen. Eine Atherosklerose, eine Hyperkoagulabilität sowie eine arterielle Hypotonie können ebenfalls einen Shuntverschluss begünstigen und verursachen [37,38].

Die Therapie des Shuntverschlusses beinhaltet die Entfernung des Thrombus und eine Therapie der zugrundeliegenden Ursache. Letztere ist etwa die PTA oder die operative Proximalisierung einer zugrundeliegenden Shuntstenose in Abhängigkeit von der Lokalisation und wurde bereits dargestellt [8,37]. Ohne Ursachenbehebung sind Rezidivverschlüsse häufig [8]. Der Thrombus kann entweder endovaskulär mittels Thrombektomie beziehungsweise Thrombolyse oder mittels operativer Thrombektomie entfernt werden [37,38]. Die Überlegenheit eines der beiden Verfahren ist hinsichtlich des klinischen Ergebnisses nicht abschließend geklärt [8]. Die aktuellen KDOQI- und ESVS-Leitlinien sowie die der European Renal Best Practice (ERBP) geben diesbezüglich keine Präferenz und verweisen auf die individuelle Abwägung des Patientenfalls und die Expertise des Behandlers [8,13,39]. Im Rahmen der Hybrid-Operation können sowohl endovaskuläre als auch operative Verfahren in einer einzigen Operationssitzung zum Einsatz kommen. Eine häufige Kombination ist die Entfernung des Thrombus mittels operativer Thrombektomie und die anschließende endovaskuläre Ballonangioplastie der zugrundeliegenden Stenose [38].

Ein akuter Shuntverschluss soll so zeitnah wie möglich, bevorzugt in einem Zeitraum von unter 48 Stunden nach Diagnosestellung, therapiert werden [37]. Hintergrund ist die Vermeidung beziehungsweise Reduktion von weiteren Endothelschädigungen und Inflammationen in der Shuntvene durch Interaktionen des Thrombus mit der Gefäßwand, was eine spätere Thrombektomie mit zunehmender Verschlussdauer erschwert. Die erste nachfolgende HD soll über den Dialyseshunt angestrebt und die CVC-Anlage weiter vermieden werden [8,37,39].

1.12.4 Shuntinfektion

Der CVC als vaskulärer Zugang für die HD ist am häufigsten von einer Infektion betroffen. Am zweithäufigsten treten Infektionen bei AVGs und am seltensten bei AVFs auf. Der Begriff der klassischen Shuntinfektion fasst hierbei Infektionen von AVF und AVG zusammen [40]. Als begünstigende Faktoren wurden Urämie, Diabetes mellitus, Immunsuppression und rezidivierende Shuntpunktionen identifiziert [40,41].

Die Shuntinfektion einer AVF kann leitliniengemäß konservativ behandelt werden, indem die empirische Antibiotikatherapie nach Erhalt des Antibiotogramms auf eine gezielte Antibiotikatherapie umgestellt wird. Währenddessen besteht die Therapie der Shuntinfektion eines AVGs in der Regel stets aus der konservativen Antibiotikatherapie und der totalen Exzision des gesamten infizierten Prothesenmaterials. Eine subtotale oder partielle Exzision kann in bestimmten Fällen durchgeführt werden, wenn sich die Infektion lokal auf ein Segment beschränkt. Der Anschluss eines neuen AVG an den verbliebenen arteriellen Gefäßstumpf oder

an den verbliebenen Prothesenanteil kann versucht werden, um die betroffene Region als vaskulären Zugang zu erhalten [8,38,40,41].

1.12.5 Hemodialysis Access-induced Distal Ischemia, Steal-Syndrom

Bei einer „Hemodialysis access-induced distal ischemia“ (HAIDI) kommt es durch die partielle Umleitung des Blutflusses über den Dialyseshunt zu einer peripheren Minderperfusion der ipsilateralen, distalen Extremität. Im klinischen Alltag wird die Bezeichnung Steal-Syndrom häufig synonym für HAIDI verwendet, jedoch ist ein Steal-Syndrom stets mit einer Umkehr des Blutflusses verbunden, was für eine periphere Minderperfusion der distalen Extremität nicht obligatorisch vorliegen muss [38].

Die periphere Minderperfusion kann durch einen hohen Shuntfluss ab 1500 bis 2000 ml/min bedingt sein und tritt bei proximalen BCAVs und BBACVs aufgrund eines tendenziell höheren Shuntflusses häufiger auf als bei distalen RCACVs. Atherosklerotische sowie stenotische Veränderungen des arteriellen Gefäßsystems können auch bei einem regelrechten Shuntfluss eine HAIDI verursachen. Als weitere Risikofaktoren für eine HAIDI wurden der Diabetes mellitus, das weibliche Geschlecht, die periphere arterielle Verschlusskrankheit (pAVK) und ein hohes Alter identifiziert [38,41,42]. Die klinische Symptomatik ähnelt der der pAVK und kann von Beschwerdefreiheit über Schmerzen während der HD und Ruheschmerzen bis zu Ulzeration und Nekrose reichen [38].

Leichte Formen der HAIDI können konservativ therapiert werden, jedoch sind bei schweren Formen eine Reduktion des Shuntflusses und eine Steigerung des peripheren Blutflusses unter Berücksichtigung der Ursache Ziel jeder operativen und interventionellen Maßnahme. Das Shuntbanding ist ein operatives Verfahren, bei dem die Shuntvene zur Reduktion des Blutflusses verengt wird [8,38].

1.12.6 Kardiale Beeinträchtigung

Ein dauerhaft hoher Shuntfluss kann langfristig zu einer kardialen Beeinträchtigung bis zu einer kardialen Dekompensation führen. Die ESVS-Leitlinie empfiehlt bei Shuntflüssen über 1500 ml/min regelmäßige Messungen des Shuntflusses und Echokardiographien. Die kausale Therapie beinhaltet die gleichen flussreduzierenden Maßnahmen wie bei der HAIDI [8,38].

1.12.7 Zentralvenöse Stenose

Die zentralvenöse Stenose (Typ-4-Stenose) ist definiert als stenotische Veränderung der zentralvenösen Gefäße V. jugularis interna, V. subclavia, V. brachiocephalica, V. cava superior

und V. cava inferior. Die Prävalenz der zentralvenösen Stenose nach Shuntanlage unterscheidet sich in der Literatur deutlich und es werden Prozentwerte zwischen 4,3 % und 41 % in Bezug auf die jeweilige Studienpopulation angegeben [43].

Die häufigste Ursache der zentralvenösen Stenose ist die Neointimahyperplasie aufgrund einer Endothelschädigung analog einer peripheren Shuntstenose [37,43]. Ein Risikofaktor sind CVC-Anlagen in der Vorgeschichte, wobei das Risiko mit steigender Anzahl und Verweildauer der CVCs zunimmt. Weitere Risikofaktoren sind vorliegende Herzschrittmacherkabel oder ein hoher Shuntfluss. Daher sind die Risikofaktoren der zentralvenösen Stenosen in diesem Kontext in erster Linie iatrogen bedingt. Die zentralvenöse Stenose kann aufgrund einer venösen Hypertension zu einer Armschwellung, gestauten Halsvenen und einer inadäquaten HD führen [43]. Im ungünstigsten Fall muss die ipsilaterale Extremität aufgegeben werden, weil der zentrale Abstrom nicht mehr ausreichend gewährleistet wird [8].

Die PTA ist das Mittel erster Wahl bei der Therapie von symptomatischen zentralvenösen Stenosen, jedoch sind Rezidivstenosen häufig. Bei Rezidivstenosen kann eine Stentimplantation in Erwägung gezogen werden. Die offen-chirurgische Therapie gestaltet sich als kompliziert und spielt im klinischen Alltag keine wesentliche Rolle [8,43].

1.13 Versorgungssituation in der Bundesrepublik Deutschland

Aufgrund der fehlenden systematischen Erfassung der KRT durch ein nationales Register liegen keine einheitlichen und aktuellen Daten zu der Versorgungssituation für die BRD vor [10].

Im Jahr 2017 lebten in der BRD rund 100 000 Menschen mit einer dialysepflichtigen, terminalen NI [44]. Bei schätzungsweise 82,8 Millionen Einwohner im selben Jahr war somit etwa jeder 800. Einwohner dialysepflichtig [45]. In rund 95 % der Fälle kam die HD zum Einsatz, wohingegen der Einsatz der PD im einstelligen Prozentbereich lag. Bis zum Jahr 2040 wird sich die Zahl der Patienten mit terminaler NI in der BRD aufgrund des demographischen Wandels auf mehr als 120 000 erhöhen [44].

In der BRD sind etwa 90 % der Bevölkerung gesetzlich und rund 10 % privat krankenversichert [46]. Die gesetzlichen Krankenversicherungen gaben im Jahr 2017 insgesamt rund 4,73 Milliarden Euro für die Dialyseversorgung in der BRD aus, was etwa 54 000 Euro pro versichertem Dialysepatient entsprach. Von diesen 4,73 Milliarden Euro entfielen Schätzungen zufolge ungefähr 500 Millionen Euro auf die Etablierung und Sicherung des Dialyseshunts [44,47]. Unter Einbeziehung der privat krankenversicherten Patienten lagen die Dialyse-assoziierten Gesamtkosten entsprechend höher. Aufgrund der kontinuierlich steigenden Zahl

der dialysepflichtigen Patienten ist eine weitere Steigerung der dialysebezogenen Gesundheitsausgaben in der Zukunft zu erwarten [44].

Im Jahr 2012 wurden schätzungsweise 52 800 Shunteingriffe in der BRD durchgeführt, davon waren 22 000 Shuntanlagen und 30 800 Shuntrevisionen [48]. Im Jahr 2019 begannen in der BRD etwa 12 500 Patienten eine HD als KRT [7].

1.14 Zertifizierung von interdisziplinären Shuntzentren

Im Jahr 2015 beschlossen die Deutsche Gesellschaft für Angiologie, die Deutsche Gesellschaft für Gefäßchirurgie, die Deutsche Gesellschaft für Nephrologie und die Deutsche Gesellschaft für Radiologie, ein Konzept zu entwickeln, um interdisziplinäre Zentren für Dialysezugänge zu zertifizieren [48,49]. Hintergrund sind die steigende Anzahl an Shunteingriffen in der BRD und die Zunahme eines zunehmend multimorbiden Patientenkollektivs [48]. Diese Zertifizierung soll der Qualitätssicherung und der Umsetzung bestehender Leitlinien dienen, wobei insbesondere die Steigerung der Struktur- und Prozessqualität im Vordergrund steht [47,49]. Die Optimierung der Strukturqualität führte etwa in einer australischen Studie zu signifikanten Reduktionen der stationären Aufenthaltsdauer und der Anzahl durchgeführter Thrombektomien [50].

Die Zertifizierungen werden von der unabhängigen Zertifizierungsstelle ClarCert durchgeführt [51]. Kriterien und Anforderungen für die Zertifizierung zu einem Shuntzentrum müssen durch unabhängige Audits bestätigt werden. Es wird hierbei zwischen regionalen Shuntzentren und Shunt-Referenzzentren unterschieden, für die jeweils unterschiedliche Kriterien zu erfüllen sind. Zum 31.12.2024 waren bundesweit 39 Zentren zertifiziert [49]. Das Universitätsklinikum Regensburg (UKR) als einziger Supramaximalversorger in Ostbayern war zu diesem Zeitpunkt weder als regionales Shuntzentrum noch als Shunt-Referenzzentrum zertifiziert. Dies liegt vorwiegend an der häufig wechselnden, personellen Besetzung von Universitätskliniken im Allgemeinen, wodurch die personellen Anforderungen von mindestens einer der Fachabteilungen Gefäßchirurgie, Nephrologie oder Radiologie des Zentrums nie komplett erfüllt werden konnten.

Im Jahr 2019 wurden am UKR Maßnahmen zur Struktur- und Prozessoptimierung auf Basis der Zertifizierungsanforderungen von ClarCert eingeführt und seitdem anhand von jährlichen Qualitätsberichten fortgehend angepasst. Hierbei sind unter anderem die Etablierung von Shunt-Konferenzen, die Reduktion der Zeit bis zum Revisionseingriff bei Shuntverschlüssen, die Umstellung der intraoperativen Kontrollen und die einheitliche Erfassung aller Shunt-assoziierten Eingriffe in einem internen Shuntregister zu nennen.

Aktuelle wissenschaftliche Studien im Sinne der Qualitätssicherung hinsichtlich Epidemiologie oder klinischen Langzeitergebnissen sind in der BRD nicht vorhanden [47]. Ab dem Jahr 2025 werden alle Shunt- und CVC-Neuanlagen inklusive eines Sechs-Monate-Follow-ups systematisch von durch ClarCert zertifizierten Shuntzentren im Deutschen Shuntregister erfasst. Im ersten Schritt soll eine einheitliche Datensammlung etabliert werden, die den Vergleich von Shuntzentren miteinander ermöglichen soll. Nachfolgend sollen im weiteren Verlauf die Ergebnisqualität analysiert und die erhobenen Daten veröffentlicht werden [47,49].

1.15 Zielsetzung der eigenen Arbeit

Basierend auf dem am UKR etablierten, internen Shuntregister werden in der folgenden Studie alle Shuntanlagen und Shuntrevisionen am Universitätsklinikum Regensburg im Zeitraum zwischen Januar 2019 und Dezember 2024 systematisch erfasst. Ziel ist es, zu untersuchen, ob die ab dem Jahr 2019 implementierten Struktur- und Prozessoptimierungsmaßnahmen mit einer Verbesserung der Versorgungsqualität von Dialyseshuntis im untersuchten Zeitraum assoziiert sind. Es werden keine vergleichenden Betrachtungen mit dem Zeitraum vor dem Jahr 2019 durchgeführt. Zudem erfolgt eine Einordnung der Ergebnisse der Dialyseshuntchirurgie am UKR in die bestehende Literatur und die aktuellen Leitlinien.

2 Material und Methode

2.1 Patientenkollektiv

In dieser retrospektiven Studie wurden alle Patienten eingeschlossen, die im Untersuchungszeitraum zwischen dem 01.01.2019 und dem 31.12.2024 mindestens einen dokumentierten Shunteingriff am UKR erhielten. Als Shunteingriff wurden sowohl Shuntanlagen als auch Shuntrevisionen eines vorbestehenden Dialyseshunt gewertet. Eine Shuntanlage am UKR war keine Voraussetzung für den Einschluss in diese Studie. Bei Patienten mit mehreren Shunteingriffen wurde jeder Shunteingriff einzeln erhoben. Chronisch-intermittierende HDs oder andere Formen der Dialyse am UKR wurden nicht als Shunteingriff gewertet. Ebenso stellten reine CVC-Anlagen und CVC-Explantationen keine Shunteingriffe dar. Es wurden keine Ausschlusskriterien angewendet.

Dies führte zum Einschluss von insgesamt 398 Patienten im Untersuchungszeitraum von 2019 bis 2024. Eine Beratung durch die Ethikkommission bei Universität Regensburg war erfolgt (Zeichen: 24-3994-104) und es bestanden keine berufsethischen oder rechtlichen Bedenken.

2.2 Datenerhebung

Die retrospektive Datenerhebung erfolgte aus den elektronischen Krankenakten des UKRs mittels i.s.h. med. von SAP. Hierfür wurden Arztbriefe, Operations- und Interventionsberichte und Sonographiebefunde gesichtet und das digitale Archiv durchsucht.

Es wurden die basisdemographischen Parameter Alter, Geschlecht und Sterbedatum und die Ursache für die Dialysepflichtigkeit erhoben. Risikofaktoren und Vormedikation zum Zeitpunkt des ersten Shunteingriffes am UKR wurden erfasst. Diese waren arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, Hyperlipidämie, Statinmedikation, Thrombozytenaggregationshemmer (TAH) und orale Antikoagulation (OAK).

Bei Shuntanlagen wurden Operationsdatum, Datum der Operationsplanung, Lokalisation und Material des Dialyseshunts, prä- oder terminale NI zum Zeitpunkt der Shuntanlage, präoperativer Dialysekatheter, Art der intraoperativen Kontrolle, intra- und postoperative sonographische Flussmessungen, fehlende Entwicklung und postoperative Acetylsalicylsäure-Einnahme für vier Wochen erfasst.

Bei Shuntrevisionen wurden Revisionsdatum, Revisionsursache, Eingriffsart, Art der intraoperativen Kontrolle, periprozeduraler Dialysekatheter, postprozedurale Punktabilität, Datum der Revisionsplanung und bei Shuntverschlüssen Stunden bis Beginn des Revisionseingriffes dokumentiert.

Ferner wurden für Shuntanlagen und Shuntrevisionen Komplikationen innerhalb von sechs Wochen nach dem jeweiligen Shunteingriff erfasst. Diese waren Hämatom, Wundheilungsstörung, Shuntinfektion, Shuntverschluss, Steal-Syndrom, Armschwellung, Taubheitsgefühl, kardiale Dekompensation, Lymphozele, Nervenläsion und Tod.

Bei nierentransplantierten Patienten wurde das Datum der ersten und letzten Nierentransplantation erfasst.

2.3 Deskriptive und statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden in einer Microsoft Access Datenbank gesammelt und für nachfolgende Auswertungen via SQL-Abfragen vorbereitet. Zur deskriptiven Darstellung der Ergebnisse wurden Diagramme mit Microsoft Excel erstellt. Aufgrund von Rundungen ergeben die Prozentangaben in der Datenauswertung nicht in allen Fällen in der Summe 100,0 %.

Die statistische Auswertung erfolgte durch die Software JupyterLab Desktop v4.2.5-1. Für den Vergleich von dichotomen Parametern wurde der Fisher-Exakt-Test und von kontinuierlichen Parametern der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test durchgeführt. Die Offenheitsraten wurden mittels Kaplan-Meier-Analyse dargestellt und die Kaplan-Meier-Kurven wurden durch den Log-Rank-Test verglichen. Aufgrund des kleinen Stichprobenumfangs ($N = 398$) wurde auf eine Bonferroni-Korrektur verzichtet. Ein Signifikanzniveau von $p < 0,05$ wurde für alle Tests festgelegt.

2.4 Definition der Endpunkte und weiterer Studienpunkte

Die drei Hauptendpunkte primäre Offenheit, primär-assistierte Offenheit und sekundäre Offenheit werden gemäß der ESVS-Leitlinie wie folgt definiert [8,52]:

Die primäre Offenheit ist definiert als Zeitintervall zwischen Shuntanlage und der ersten Intervention jeglicher Art am Dialyseshunt und spiegelt damit die interventionsfreie Zeit wider.

Die primär-assistierte Offenheit stellt die verschlussfreie Zeit dar und ist definiert als Zeitintervall zwischen Shuntanlage und dem ersten Shuntverschluss inklusive vorausgegangener Maßnahmen zur Aufrechterhaltung der Shuntfunktion. Die sekundäre Offenheit ist definiert als Zeitintervall zwischen Shuntanlage und der endgültigen Shuntaufgabe beziehungsweise dem Versterben des Patienten als zensierendes Ereignis [8,52]. Die Shuntaufgabe in der eigenen Studie ist definiert als finale Shuntaufhebung und Aufgabe des ipsilateralen Armes aufgrund der Unmöglichkeit, durch jegliche Revisionseingriffe die Funktionalität des Dialyseshunts am ipsilateralen Arm aufrechtzuerhalten.

Als fehlende Entwicklung nach Shuntanlage wird in dieser Studie gewertet, wenn es innerhalb von drei Monaten nach Shuntanlage zu einem Shuntverschluss oder zu einer Shuntrevision aufgrund einer unzureichenden Shuntmaturation kommt oder, wenn nach drei Monaten keine HD über den Dialyseshunt möglich ist.

Die Shunt-Erstanlage ist definiert als erste Shuntanlage am ipsilateralen Index-Arm. Alle weiteren Folgeeingriffe am Dialyseshunt auf der ipsilateralen Seite werden als Shuntrevisionen oder Revisionseingriffe bezeichnet. Die sekundäre Neuanlage ist definiert als Shunt-Neuanlage am kontralateralen Arm und die tertiäre Neuanlage als Shunt-Neuanlage an der unteren Extremität nach Aufgabe beider oberen Extremitäten.

3 Ergebnisse

3.1 Deskriptive Darstellung des Gesamtkollektivs

3.1.1 Patientenzahl und Art des Shunteingriffes

Im Untersuchungszeitraum von 2019 bis 2024 wurden bei 398 Patienten insgesamt 826 Shunteingriffe jeglicher Art durchgeführt. Diese setzten sich aus 194 Shunt-Erstanlagen (23,5 %), 30 sekundäre Neuanlagen (3,6 %), 3 tertiäre Neuanlagen (0,4 %) und 599 Shuntrevisionen (72,5 %) zusammen (Abbildung 1, Tabelle 3).

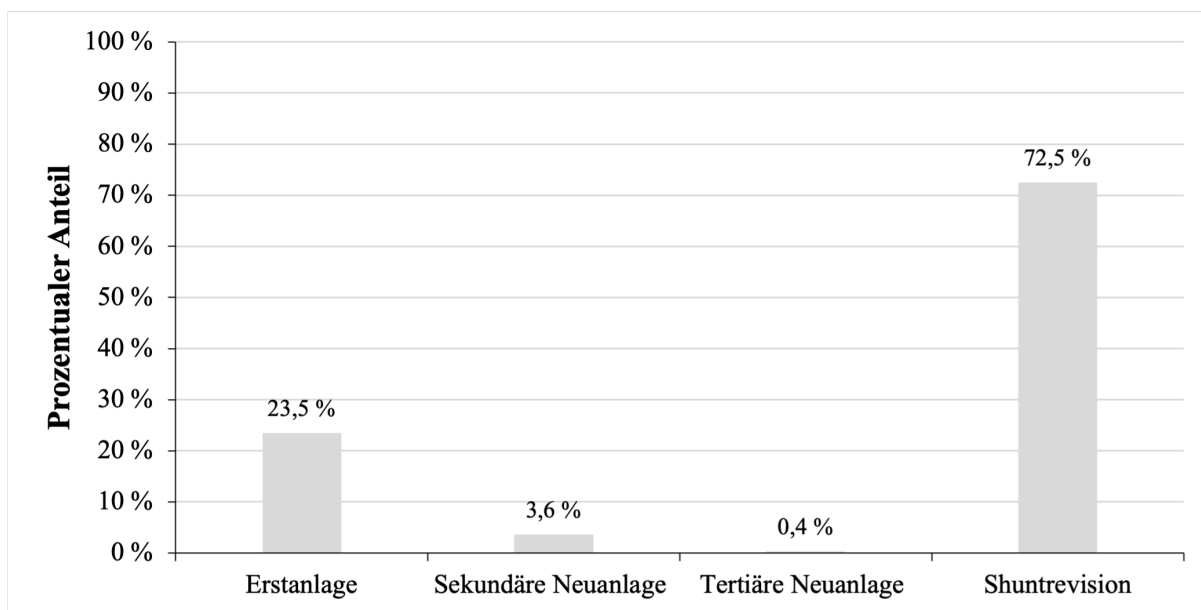


Abbildung 1 Art des Shunteingriffes des Gesamtkollektivs zwischen 2019 und 2024 (n = 826)

Tabelle 3 Übersicht der Arten des Shunteingriffes am UKR (n = 826)

	Anzahl (%)
Erstanlage	194 (23,5 %)
Sekundäre Neuanlage	30 (3,6 %)
Tertiäre Neuanlage	3 (0,4 %)
Shuntrevision	599 (72,5 %)

3.1.2 Geschlecht und Alter

Von den 398 Patienten waren 133 weiblich (33,4 %) und 265 männlich (66,6 %), was einem Geschlechterverhältnis von 1 : 2 entsprach (Abbildung 2).

Zum Zeitpunkt des ersten Shunteingriffes am UKR betrug das mediane Alter 65 Jahre (Interquartilsabstand [IQR] 54–72) und das mittlere Alter 62 Jahre (95 %-Konfidenzintervall

[95 %-KI] 35–81). Der jüngste Patient war zu diesem Zeitpunkt 21 Jahre alt, wohingegen der älteste Patient 88 Jahre alt war.

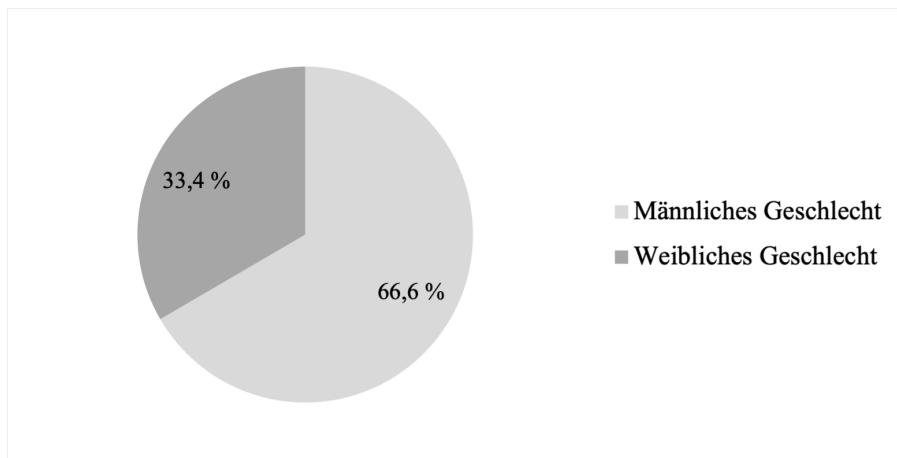


Abbildung 2 Geschlechterverteilung des Gesamtkollektivs zwischen 2019 und 2024 (N = 398)

3.1.3 Risikofaktoren und Vormedikation

Zum Zeitpunkt des ersten Shunteingriffes am UKR hatten 378 von 398 Patienten (95,0 %) eine vorbestehende arterielle Hypertonie. 161 Patienten (40,5 %) waren an einem Diabetes mellitus erkrankt, von denen 17 Patienten einen Typ I und 144 Patienten einen Typ II hatten. Eine Hyperlipidämie wurde bei 229 Patienten (57,5 %) erfasst.

Hinsichtlich der Vormedikationen nahmen 198 von 398 Patienten (49,8 %) ein Statin ein, bei 190 Patienten (47,7 %) bestand ein TAH und bei 65 Patienten (16,3 %) eine OAK in der Vormedikation (Abbildung 3, Tabelle 4). Bei Vorliegen mehrerer Risikofaktoren und Vormedikationen wurden diese einzeln erfasst.

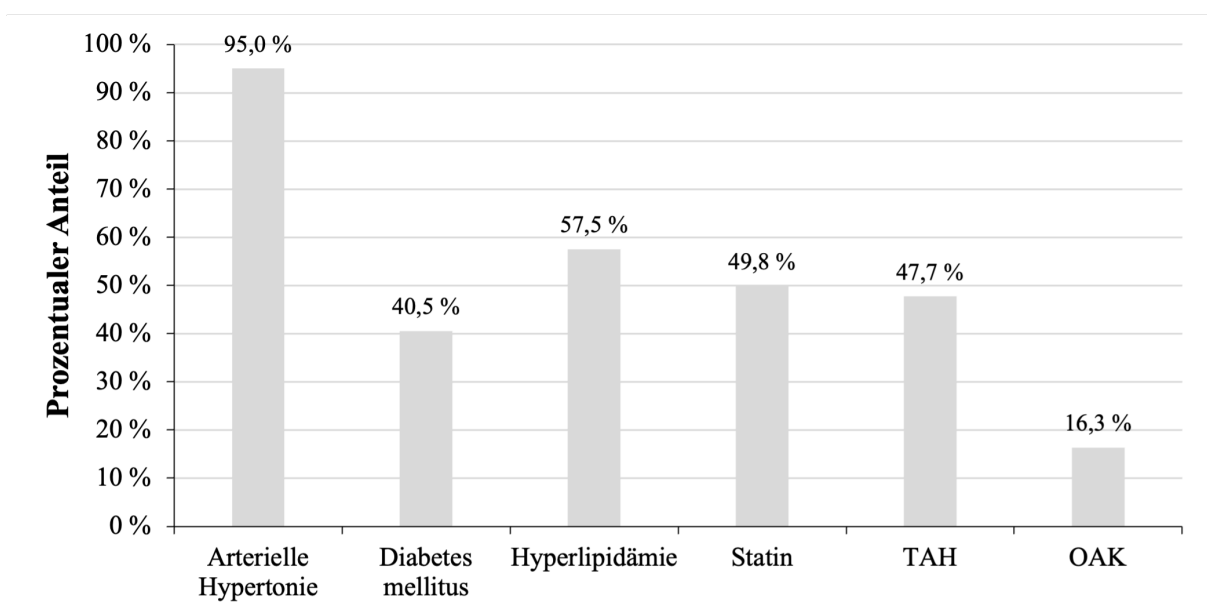


Abbildung 3 Risikofaktoren und Vormedikationen des Gesamtkollektivs zwischen 2019 und 2024 (N = 398)

Tabelle 4 Übersicht der Risikofaktoren und Vormedikationen des Gesamtkollektivs (N = 398)

	Anzahl (%)
Arterielle Hypertonie	378 (95,0 %)
Diabetes mellitus	161 (40,5 %)
- Typ I	17 (4,3 %)
- Typ II	144 (36,2 %)
Hyperlipidämie	229 (57,5 %)
Statin	198 (49,8 %)
TAH	190 (47,7 %)
OAK	65 (16,3 %)

3.1.4 Nierentransplantation

Von den 398 Patienten, die im internen Shuntregister mit einem Shunteingriff am UKR erfasst wurden, waren 101 Patienten (25,3 %) nach den vorliegenden Dokumenten zumindest einmal nierentransplantiert worden. 77 von 101 Patienten (76,2 %) hatten dabei bisher eine Nierentransplantation, während bei den restlichen 24 Patienten (23,8 %) zwei oder mehr Nierentransplantationen durchgeführt worden waren. 37 von 101 Patienten (36,6 %) waren hinsichtlich der Geschlechterverteilung weiblich (Tabelle 5). Das mediane Alter betrug zum Zeitpunkt der ersten Nierentransplantation 47 Jahre (IQR 35–60) und reichte von sechs bis 72 Jahren.

Tabelle 5 Übersicht der Shuntpatienten mit Nierentransplantation des Gesamtkollektivs (n = 101)

	Anzahl (%)
Anzahl nierentransplanterter Patienten	101 (25,3 %)
- davon eine Nierentransplantation	77 (76,2 %)
- davon zwei oder mehr Nierentransplantationen	24 (23,8 %)
Weibliches Geschlecht	37 (36,6 %)

3.1.5 Ursache für die Dialysepflichtigkeit

Die häufigste dokumentierte Ursache für die Dialysepflichtigkeit stellte mit 15,8 % der Diabetes mellitus dar, gefolgt von Glomerulonephritis (14,6 %), hypertensiver Nephropathie (13,6 %), polyzystischer Nierenerkrankung (8,5 %) und hypertensiv-diabetischer Nephropathie (6,0 %). Bei insgesamt 35,4 % der Patienten waren dementsprechend die arterielle Hypertonie oder Diabetes mellitus als Ursache zu identifizieren. Acht weitere Ursachen befanden sich im

unteren einstelligen Prozentbereich. Unter Sonstiges (29,9 %) wurden alle weiteren Ursachen zusammengefasst und Fälle eingeschlossen, bei denen die Ursache entweder nicht eindeutig waren oder diese in den Patientenunterlagen fehlten (Abbildung 4, Tabelle 6).

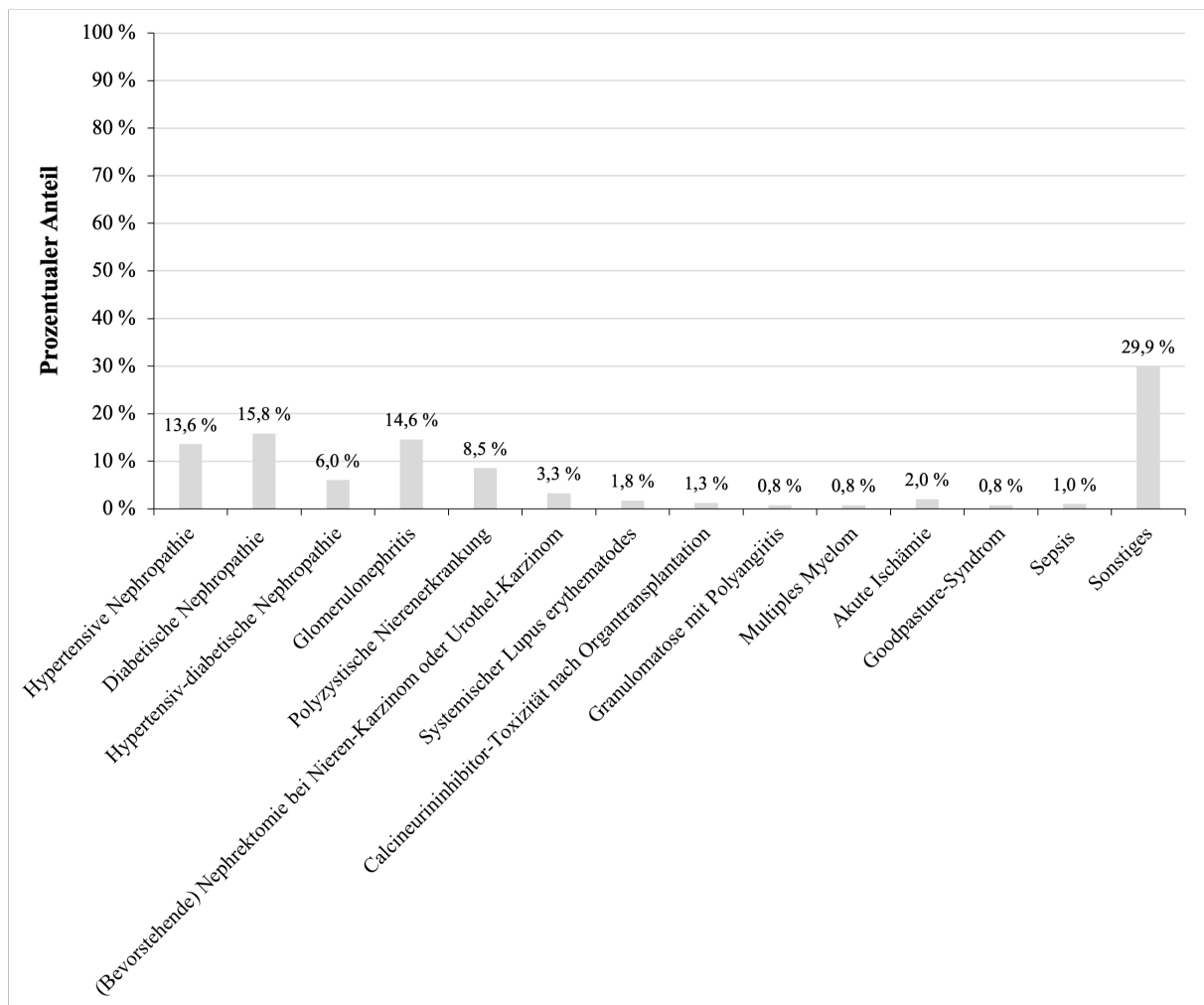


Abbildung 4 Ursache für die Dialysepflichtigkeit des Gesamtkollektivs zwischen 2019 und 2024 (N = 398)

Tabelle 6 Übersicht der Ursachen für die Dialysepflichtigkeit des Gesamtkollektivs (N = 398)

	Anzahl (%)
Hypertensive Nephropathie	54 (13,6 %)
Diabetische Nephropathie	63 (15,8 %)
Hypertensiv-diabetische Nephropathie	24 (6,0 %)
Glomerulonephritis	58 (14,6 %)
Polyzystische Nierenerkrankung	34 (8,5 %)
(Bevorstehende) Nephrektomie bei Nieren-Karzinom oder Urothel-Karzinom	13 (3,3 %)
Systemischer Lupus erythematodes	7 (1,8 %)

	Anzahl (%)
Calcineurininhibitor-Toxizität nach Organtransplantation	5 (1,3 %)
Granulomatose mit Polyangiitis	3 (0,8 %)
Multiples Myelom	3 (0,8 %)
Akute Ischämie	8 (2,0 %)
Goodpasture-Syndrom	3 (0,8 %)
Sepsis	4 (1,0 %)
Sonstiges	119 (29,9 %)

3.2 Deskriptive Darstellung der Shunt-Erstanlagen

Im Untersuchungszeitraum wurde bei insgesamt 194 Patienten eine Shunt-Erstanlage im Rahmen einer gefäßchirurgischen Operation durchgeführt. Bezogen auf dieses Kollektiv wurden im Jahr 2022 die wenigsten und im Jahr 2024 die meisten Shunt-Erstanlagen durchgeführt (Abbildung 5, Tabelle 7).

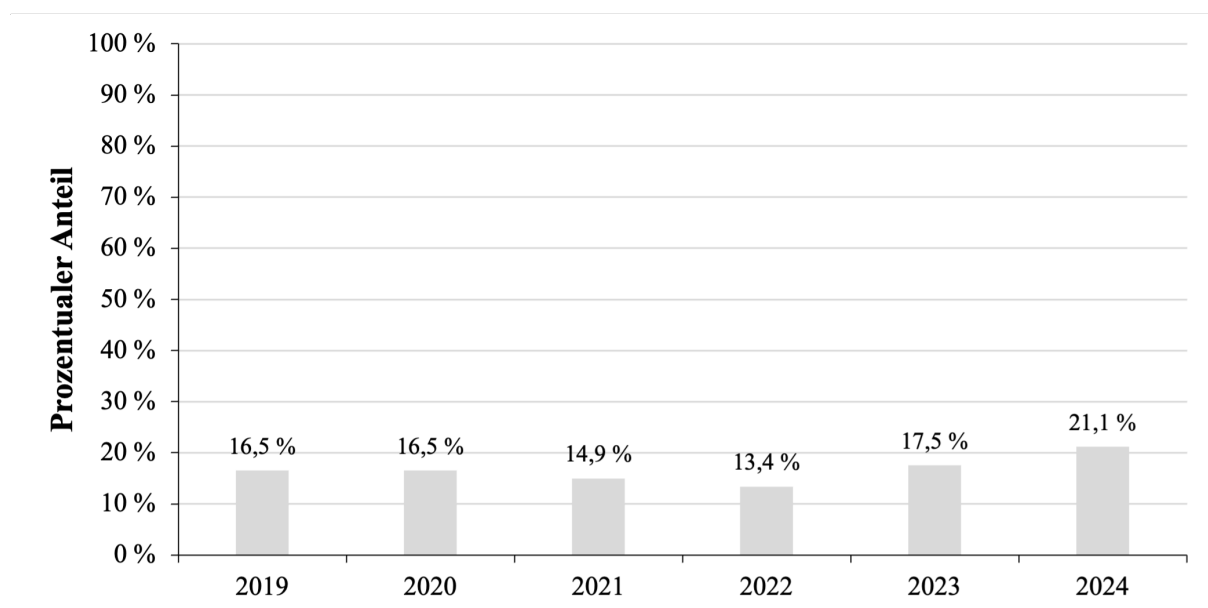


Abbildung 5 Jährliche Verteilung der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 7 Übersicht der Shunt-Erstanlagen am UKR (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Shunt-Erstanlage	32	32	29	26	34	41	194 (100,0 %)

3.2.1 Geschlecht und Alter

Die 194 Shunt-Erstanlagen verteilten sich auf 66 weibliche Patienten (34,0 %) und 128

männliche Patienten (66,0 %). Das Geschlechterverhältnis entsprach damit annähernd 1 : 2 (Abbildung 6).

Das mediane Alter zum Zeitpunkt der Shuntanlage betrug 65 Jahre (IQR 54–73), das mittlere Alter lag bei 62 Jahren (95 %-KI 27–82). Der jüngste Patient erhielt mit 21 Jahren die Shunt-Erstanlage, während der älteste Patient zu diesem Zeitpunkt 86 Jahre alt war.

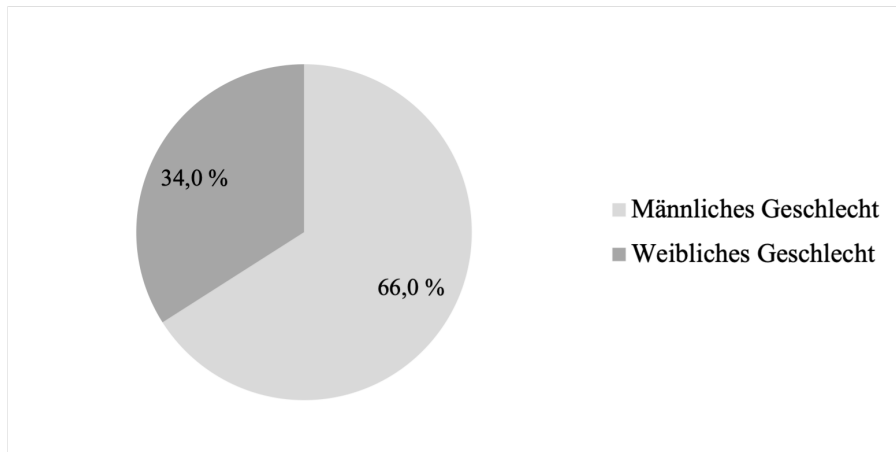


Abbildung 6 Geschlechterverteilung der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

3.2.2 Risikofaktoren und Vormedikationen

Die arterielle Hypertonie war die häufigste der drei erfassten Risikofaktoren zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage und war bei 178 von 194 Patienten (91,6 %) vorbekannt. 82 Patienten (42,3 %) wiesen einen Diabetes mellitus auf, von denen fünf Patienten einen Typ I und 77 Patienten einen Typ II hatten. 105 Patienten (54,1 %) hatten eine Hyperlipidämie in der Vorgeschichte. In der Vormedikation hatten 96 Patienten (49,5 %) ein Statin, 83 Patienten (42,8 %) einen TAH und 35 Patienten (18,0 %) eine OAK (Abbildung 7, Tabelle 8).

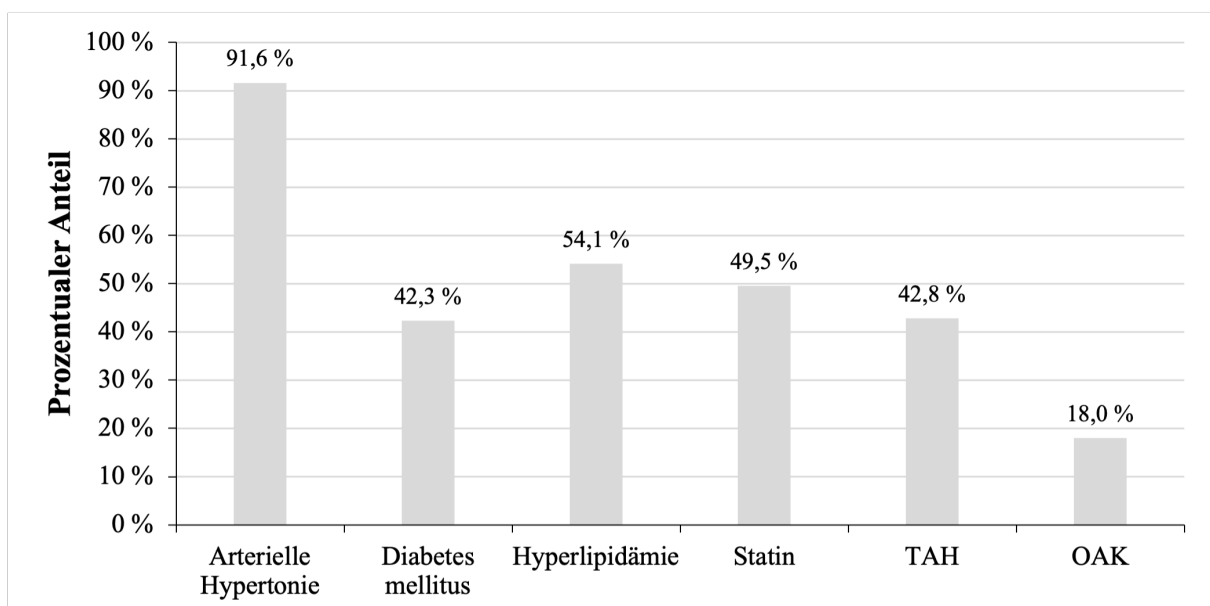


Abbildung 7 Risikofaktoren und Vormedikationen der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 8 Übersicht der Risikofaktoren und Vormedikationen der Shunt-Erstanlagen (n = 194)

	Anzahl (%)
Arterielle Hypertonie	178 (91,6 %)
Diabetes mellitus	82 (42,3 %)
- Typ I	5 (2,6 %)
- Typ II	77 (39,7 %)
Hyperlipidämie	105 (54,1 %)
Statin	96 (49,5 %)
TAH	83 (42,8 %)
OAK	35 (18,0 %)

3.2.3 Präterminale und terminale Niereninsuffizienz

106 Shunt-Erstanlagen (54,6 %) wurden im Stadium der präterminalen NI durchgeführt, in dem noch keine Dialysepflichtigkeit eintrat. Demgegenüber standen 88 Patienten (45,4 %) mit einer terminalen NI, die zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage bereits dialysepflichtig waren (Abbildung 8, Tabelle 9). Im jährlichen Verlauf war insgesamt eine Zunahme des prozentualen Anteils der Patienten mit präterminaler NI zu verzeichnen. Dieser stieg von 44 % im Jahr 2019 auf 63 % im Jahr 2024 an (Abbildung 9, Tabelle 9).

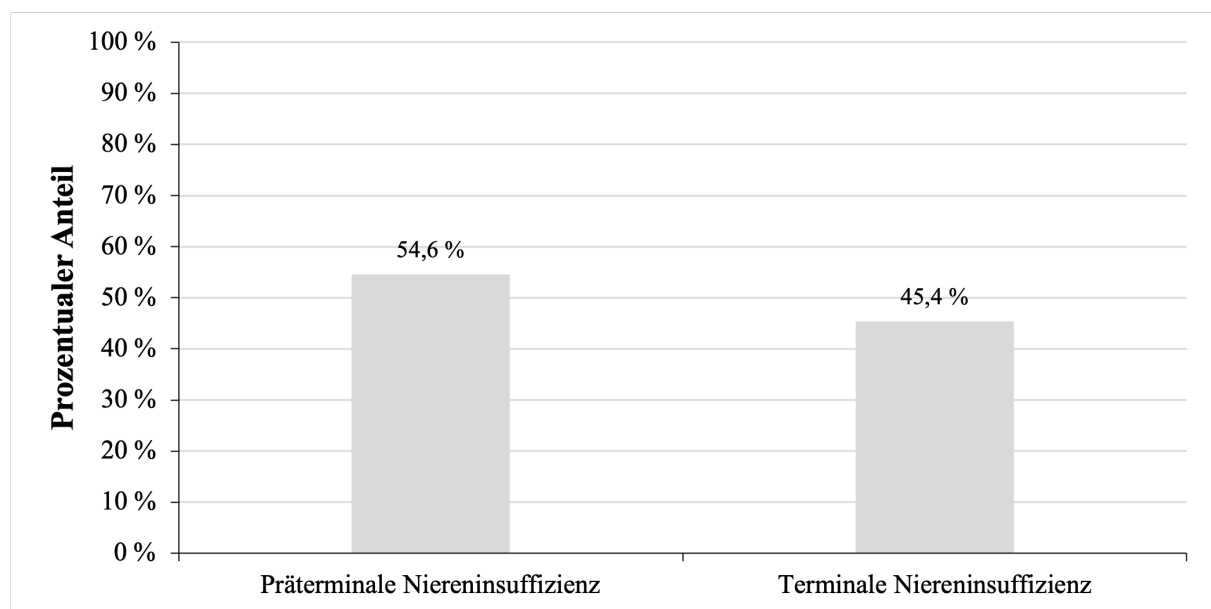


Abbildung 8 Prä- und terminale Niereninsuffizienz zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

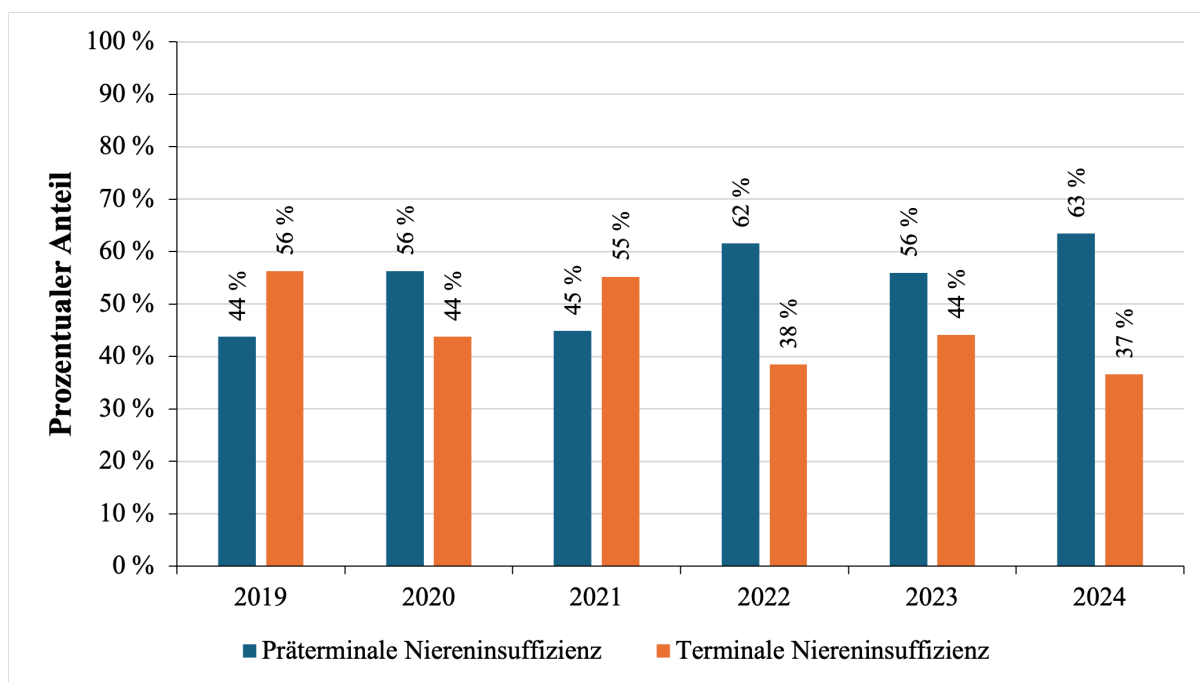


Abbildung 9 Jährliche Verteilung der prä- und terminalen Niereninsuffizienzen zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 9 Übersicht der prä- und terminalen Niereninsuffizienzen zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Präterminale NI	14	18	13	16	19	26	106 (54,6 %)
Terminale NI	18	14	16	10	15	15	88 (45,4 %)

3.2.4 Shuntlokalisation und Shuntmaterial

Die Shunt-Erstanlage erfolgte in 134 Fällen (69,1 %) am linken Arm und in 60 Fällen (30,9 %) am rechten Arm (Abbildung 10, Tabelle 10). Es wurden 184 AVFs (94,8 %) und zehn AVGs (5,2 %) angelegt, wobei alle AVGs aus synthetischem Material bestanden (Abbildung 11, Tabelle 11).

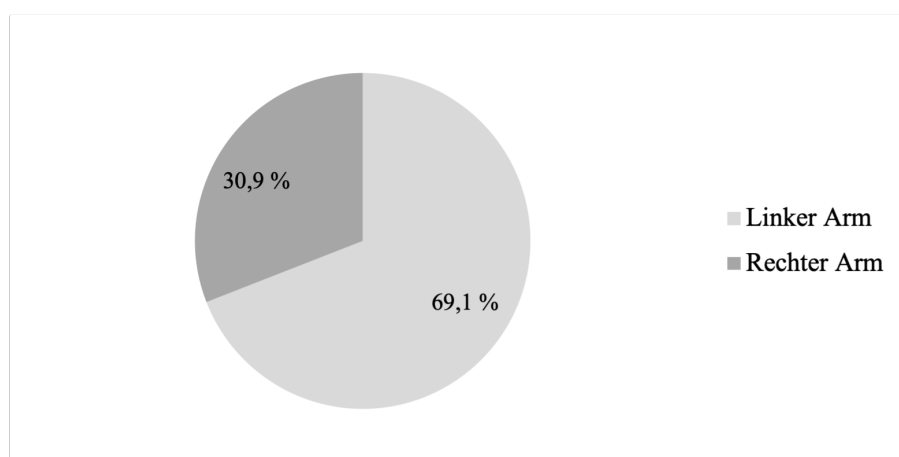


Abbildung 10 Seitenverteilung der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 10 Übersicht der Seitenverteilungen der Shunt-Erstanlagen (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Links	22	21	18	21	24	28	134 (69,1 %)
Rechts	10	11	11	5	10	13	60 (30,9 %)

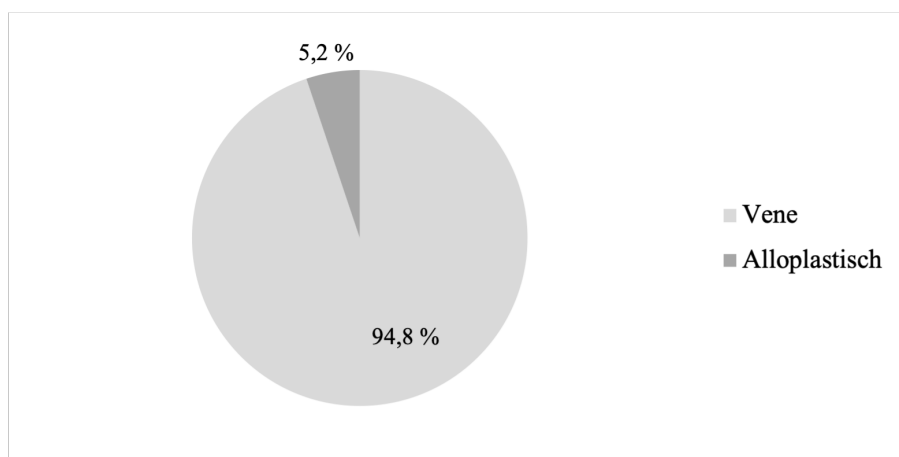


Abbildung 11 Shuntmaterial der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 11 Übersicht der Shuntmaterialien der Shunt-Erstanlagen (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Vene	31	31	28	25	33	36	184 (94,8 %)
Alloplastisch	1	1	1	1	1	5	10 (5,2 %)

110 von 184 AVFs (59,8 %) wurden am distalen Unterarm angelegt und stellten die klassischen Cimino-Brescia-Shunts dar. Die restlichen 74 AVFs verteilten sich auf 24 proximale Unterarm-AVFs (13,0 %), 31 Cubital-AVFs (16,8 %) und 19 Basilika-AVFs (10,3 %). Die Cubital-AVFs fassten die BCAVFs und Gracz-Fisteln zusammen, während die Basilika-AVFs alle AVFs mit Beteiligung der V. basilica (BBAVF) subsumierten. 16 sekundäre Vorverlagerungen wurden im Rahmen einer zweiten Operationssitzung durchgeführt. Von den zehn AVGs befanden sich sieben am Unterarm und drei am Oberarm (Abbildung 12, Tabelle 12, Tabelle 13, Tabelle 14). Der prozentuale Anteil der distalen Unterarm-AVFs war im Jahr 2020 am höchsten und nahm in den darauffolgenden Jahren kontinuierlich ab, sodass der Anteil sich von 2020 bis 2024 annähernd halbierte (2020: 77 % vs. 2024: 39 %). Gleichzeitig zeigten die prozentualen Anteile der drei anderen Lokalisationen mit jährlichen Schwankungen insgesamt eine steigende Tendenz. Insbesondere Cubital-AVFs und Basilika-AVFs wurden in den Jahren 2023 und 2024 häufiger angelegt und machten zusammen im Jahr 2024 annähernd die Hälfte (47 %) der Shunt-Erstanlagen aus (Abbildung 13, Tabelle 12).

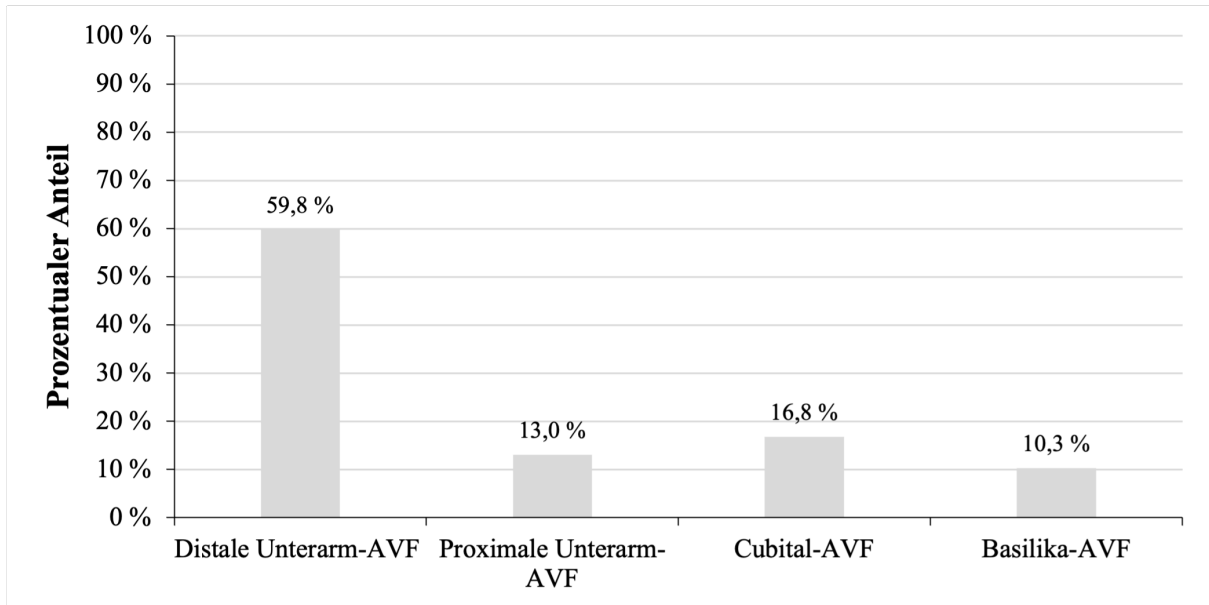


Abbildung 12 Lokalisation der AVF-Anlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 184)

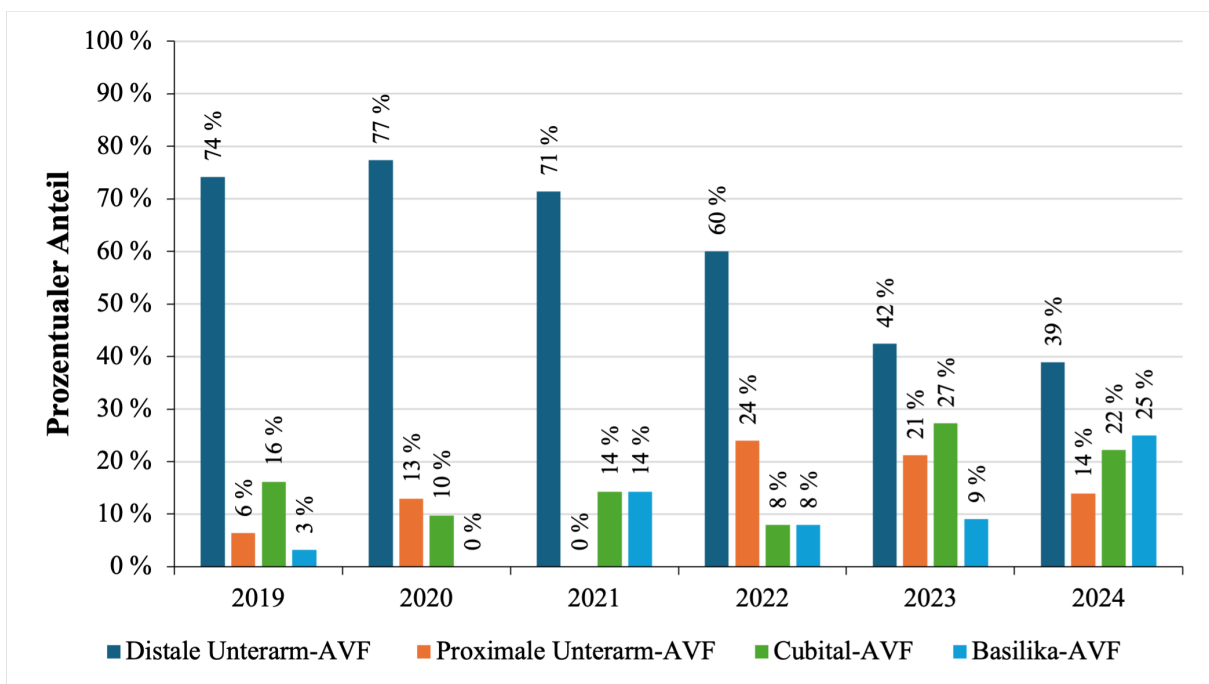


Abbildung 13 Jährliche Verteilung der Lokalisationen der AVF-Anlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 184)

Tabelle 12 Übersicht der Lokalisationen der AVF-Anlagen (n = 184)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Distale Unterarm-AVF	23	24	20	15	14	14	110 (59,8 %)
Proximale Unterarm-AVF	2	4	0	6	7	5	24 (13,0 %)
Cubital-AVF	5	3	4	2	9	8	31 (16,8 %)
Basilika-AVF	1	0	4	2	3	9	19 (10,3 %)

Tabelle 13 Übersicht der Lokalisationen der AVG-Anlagen (n = 10)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Oberarm-AVG	0	0	1	1	1	0	3 (30,0 %)
Unterarm-AVG	1	1	0	0	0	5	7 (70,0 %)

Tabelle 14 Übersicht der sekundären Vorverlagerungen am UKR (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024
Sekundäre Vorverlagerung	1	0	5	0	3	7	16

3.2.5 Präoperativer Dialysekatheter

92 von 194 Patienten (47,4 %) wiesen in der Vorgeschichte mindestens eine Anlage eines Shaldon-Katheters oder Demers-Katheters auf. Darunter waren ebenfalls Patienten, bei denen in der Anamnese eine vorübergehende Dialysepflichtigkeit bestand. Neun Patienten (4,6 %) hatten ausschließlich einen Shaldon-Katheter und 83 Patienten (42,8 %) einen Demers-Katheter. Patienten mit beiden Dialysekathetern in der Vorgeschichte wurden hierbei unter Demers-Katheter subsumiert. 102 Patienten (52,6 %) hatten bis zur Shunt-Erstanlage weder einen Shaldon-Katheter noch einen Demers-Katheter (Abbildung 14, Abbildung 15, Tabelle 15).

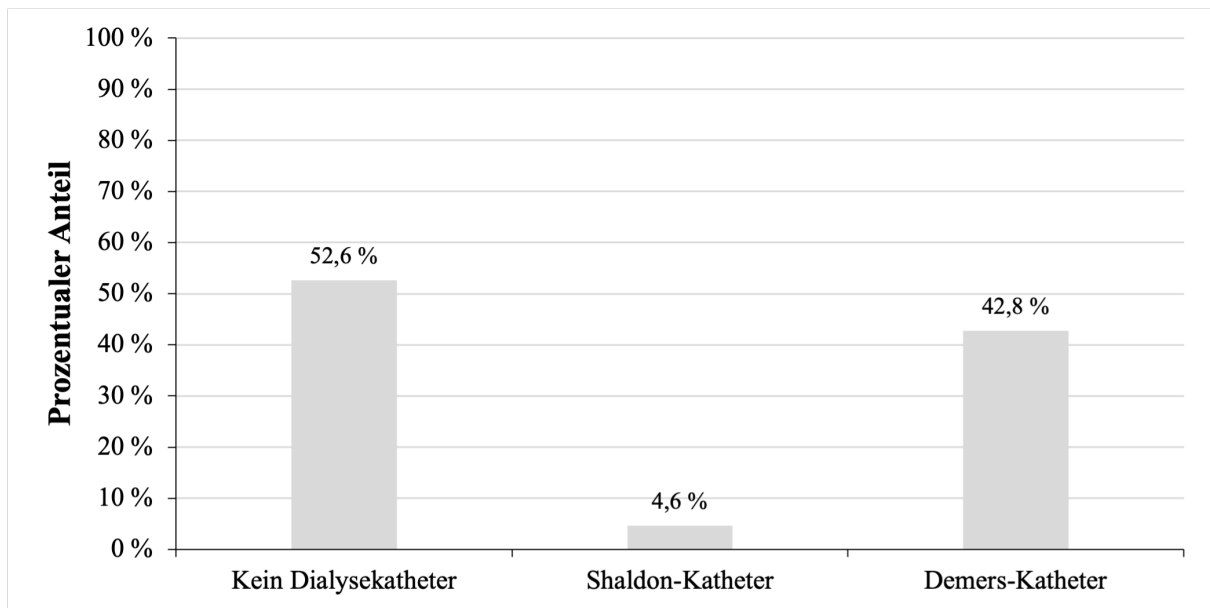


Abbildung 14 Präoperativer Dialysekatheter vor Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

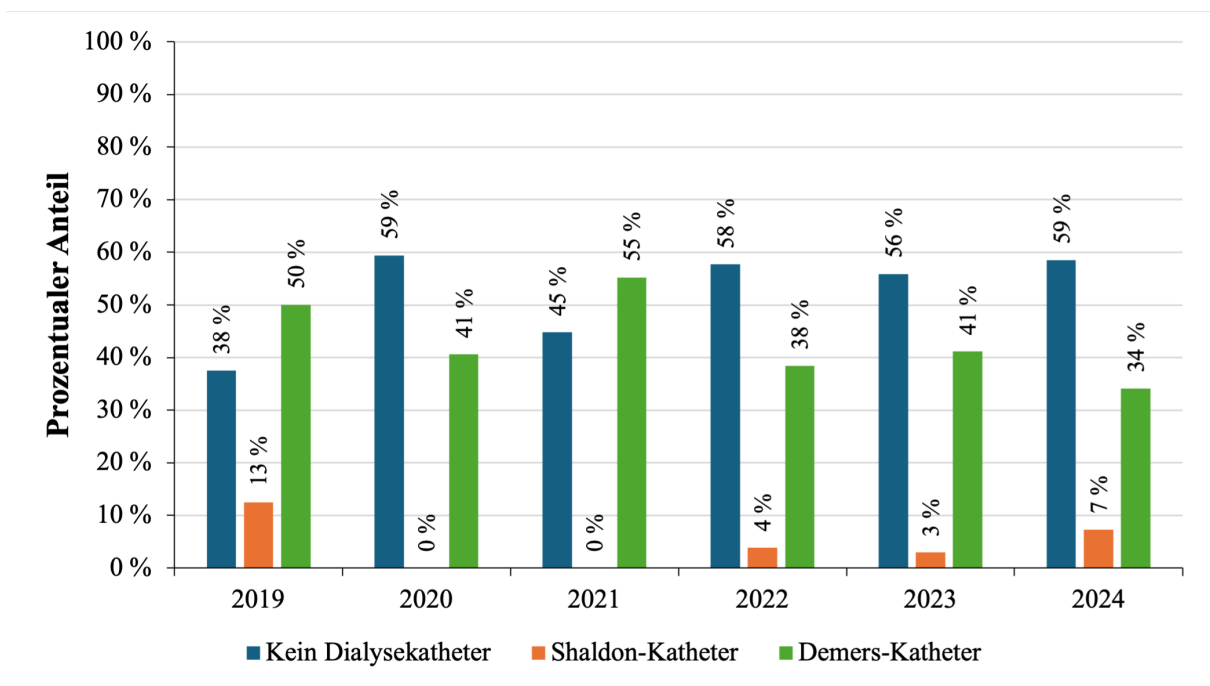


Abbildung 15 Jährliche Verteilung der präoperativen Dialysekatheter vor Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 15 Übersicht der präoperativen Dialysekatheter vor Shunt-Erstanlage (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Kein Dialysekatheter	12	19	13	15	19	24	102 (52,6 %)
Shaldon-Katheter	4	0	0	1	1	3	9 (4,6 %)
Demers-Katheter	16	13	16	10	14	14	83 (42,8 %)

3.2.6 Intraoperative Kontrolle

Intraoperativ wurde entweder sonographisch, angiographisch, kombiniert sonographisch und angiographisch oder nicht-apparativ kontrolliert. Nicht-apparativ bedeutete in diesem Kontext, dass weder eine sonographische noch eine angiographische Kontrolle in den OP-Unterlagen dokumentiert war. Dies bedeutete aber nicht zwingend, dass keine Kontrolle durchgeführt wurde.

154 von 194 Shunt-Erstanlagen (79,4 %) wurden intraoperativ sonographisch kontrolliert. Bei zehn Shunt-Erstanlagen (5,2 %) wurde eine Kontrolle mittels Angiographie durchgeführt und bei zwei Shunt-Erstanlagen (1,0 %) wurde kombiniert kontrolliert. Die restlichen 28 Shunt-Erstanlagen (14,4 %) wurden nicht-apparativ kontrolliert (Abbildung 16, Tabelle 16).

Im Jahr 2019 stellte die sonographische Kontrolle mit einem prozentualen Anteil von 19 % noch eine Minderheit dar, während über 80 % entweder angiographisch (31 %) oder nicht-apparativ (50 %) kontrolliert wurden. Von 2019 auf 2020 gab es einen deutlichen Anstieg der sonographischen Kontrollen von 19 % auf 81 %. Anschließend wurde in jedem Jahr zwischen 2021 und 2024 in über 90 % der Fälle sonographisch kontrolliert, wobei im Jahr 2022 alle Shunt-Erstanlagen auf diese Art kontrolliert wurden. Dem gegenüberstehend wurden ab 2020 keine angiographischen Kontrollen mehr erfasst, während nicht-apparative Kontrollen ebenfalls deutlich rückläufig waren (Abbildung 17, Tabelle 16).

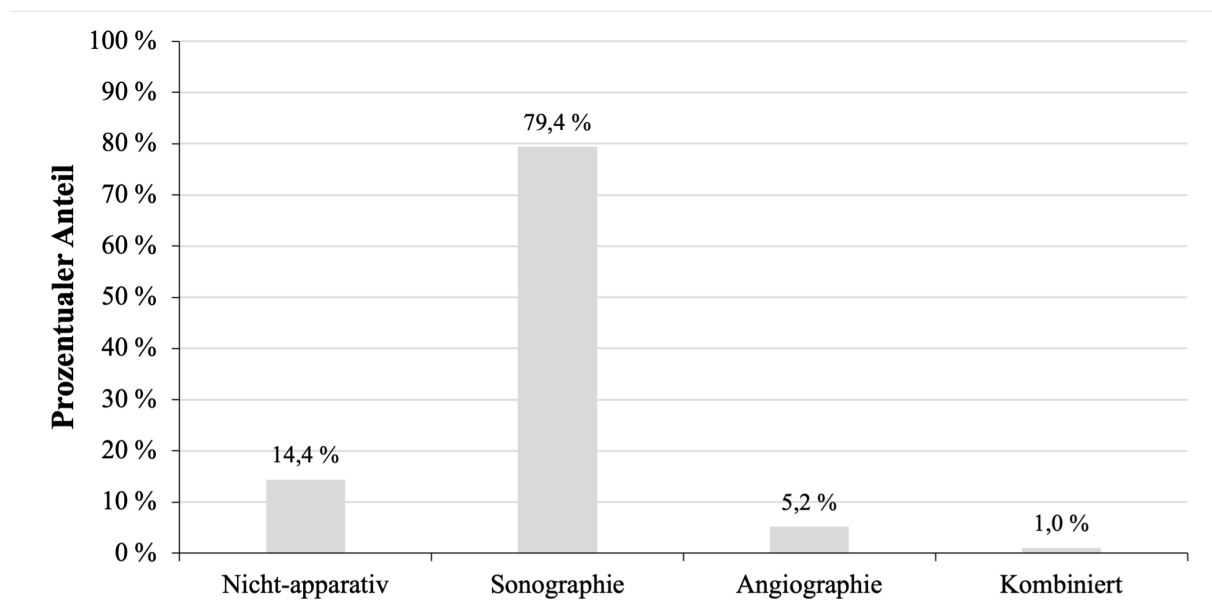


Abbildung 16 Intraoperative Kontrolle bei Shunt-Erstanlage in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

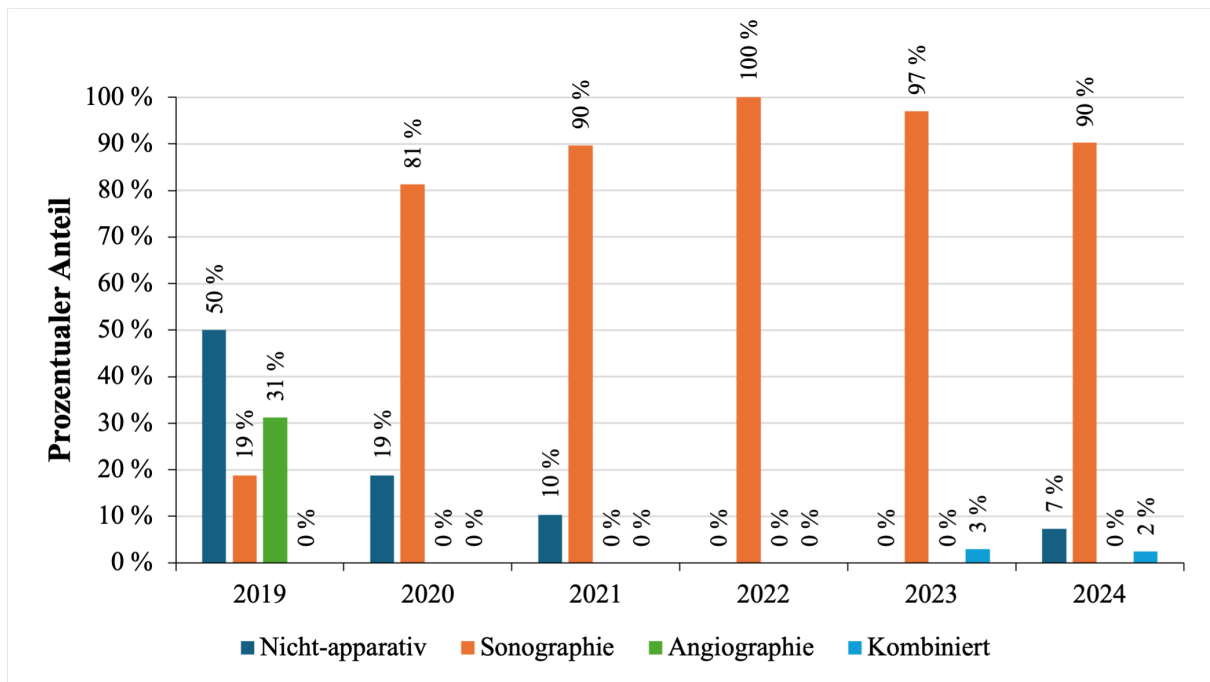


Abbildung 17 Jährliche Verteilung der intraoperativen Kontrollen bei Shunt-Erstanlage in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 16 Übersicht der intraoperativen Kontrollen bei Shunt-Erstanlage in der gefäßchirurgischen Fachabteilung (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Nicht-apparativ	16	6	3	0	0	3	28 (14,4 %)
Sonographie	6	26	26	26	33	37	154 (79,4 %)
Angiographie	10	0	0	0	0	0	10 (5,2 %)
Kombiniert	0	0	0	0	1	1	2 (1,0 %)

3.2.7 Sonographische Flussmessung

Eine sonographische Messung des Shuntflusses in [ml/min] konnte an insgesamt drei verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt werden: intraoperativ, erster postoperativer Tag und vier bis acht Wochen nach Shunt-Erstanlage.

Im Untersuchungszeitraum betrugen die prozentualen Anteile der sonographischen Flussmessungen intraoperativ 74,2 %, postoperativ 77,3 %, intra- oder postoperativ 95,9 % und vier bis acht Wochen nach Shunt-Erstanlage 59,8 % (Abbildung 18, Tabelle 17).

In den Jahren 2019 und 2020 wurden intraoperative Flussmessungen deutlich seltener durchgeführt als in den Jahren 2021 bis 2024, in denen die prozentualen Anteile zwischen 88 % und 100 % betrugen. Postoperative sonographische Flussmessungen wurden in den einzelnen Jahren von 2019 bis 2024 zwischen 69 % und 83 % durchgeführt. Zwischen 2020 und 2024 erhielten annähernd alle Shunt-Erstanlagen entweder eine intra- oder postoperative

sonographische Flussmessung mit prozentualen Anteilen zwischen 94 % und 100 %. Dies entsprach mindestens einem dokumentierten Shuntfluss während des Krankenhausaufenthaltes im Rahmen der Shunt-Erstanlage. Nach vier bis acht Wochen erfolgte die sonographische Flussmessung im Rahmen einer gefäßsonographischen Nachuntersuchung. Im Jahr 2020 stellten sich 34 % der Patienten hierfür vor, was dem geringsten prozentualen Anteil eines Jahres entsprach. In den anderen Jahren lagen die jährlichen Anteile zwischen 50 % und 72 % und eine zeitliche Entwicklung war nicht zu beobachten (Abbildung 19, Tabelle 17).

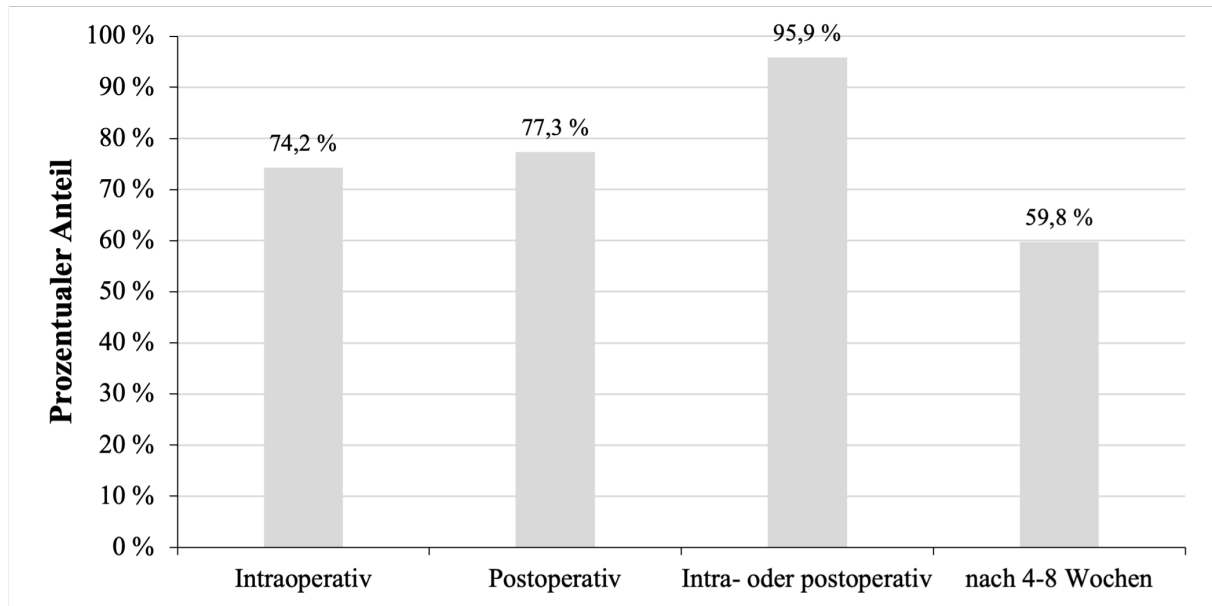


Abbildung 18 Sonographische Flussmessung in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

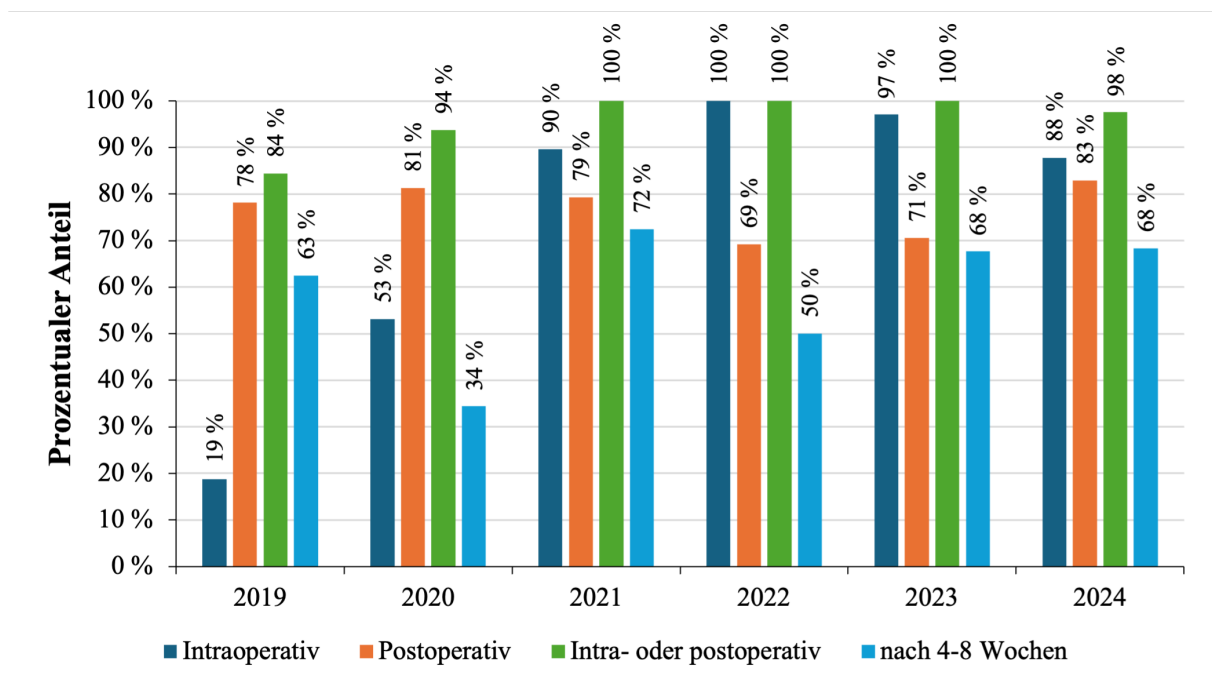


Abbildung 19 Jährliche Verteilung der sonographischen Flussmessungen in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 17 Übersicht der sonographischen Flussmessungen in der gefäßchirurgischen Fachabteilung (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Intraoperativ	6	17	26	26	33	36	144 (74,2 %)
Postoperativ	25	26	23	18	24	34	150 (77,3 %)
Intra- oder postoperativ	27	30	29	26	34	40	186 (95,9 %)
nach 4–8 Wochen	20	11	21	13	23	28	116 (59,8 %)

3.2.8 Postoperative Acetylsalicylsäure-Einnahme für vier Wochen

32 Patienten ohne bestehenden TAH in der Vormedikation wurden nach Abwägung der individuellen Situation eine postoperative Acetylsalicylsäure-Einnahme für vier Wochen verordnet. Hierbei fielen 27 von 32 Patienten (84,4 %) auf die Jahre 2023 und 2024 (Tabelle 18).

Tabelle 18 Übersicht der postoperativen Acetylsalicylsäure-Einnahmen für vier Wochen (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024
Acetylsalicylsäure für vier Wochen	2	1	0	2	16	11	32

3.2.9 Postoperative Komplikationen innerhalb von sechs Wochen nach Shunt-Erstanlage

Die häufigsten erfassten Komplikationen waren postoperative Hämatome (6,2 %), Armschwellungen (5,7 %), Shuntverschlüsse (5,7 %) und Taubheitsgefühle (5,2 %). Tod und Lymphozele traten in den ersten sechs Wochen nach Shunt-Erstanlage am UKR nicht auf (Abbildung 20, Tabelle 19).

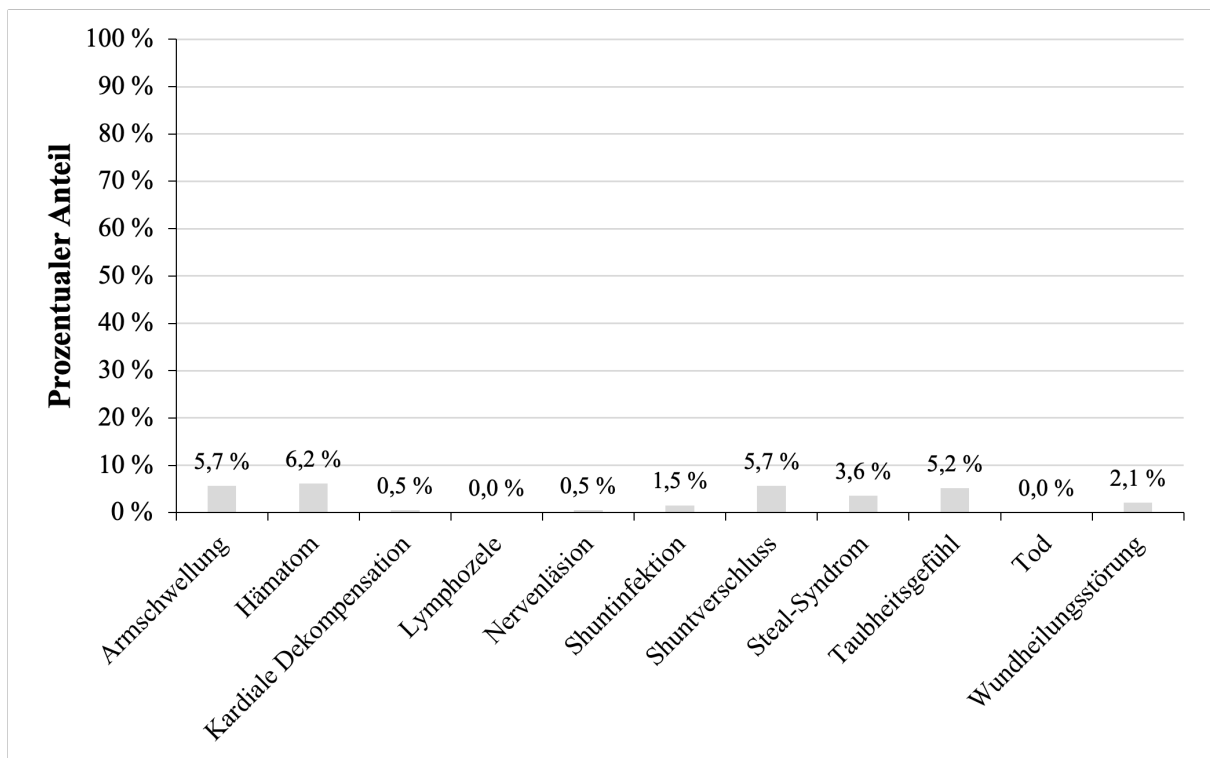


Abbildung 20 Komplikation innerhalb von sechs Wochen nach Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)

Tabelle 19 Übersicht der Komplikationen innerhalb von sechs Wochen nach Shunt-Erstanlage (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Armschwellung	0	1	1	0	2	7	11 (5,7 %)
Hämatom	1	3	2	2	1	3	12 (6,2 %)
Kardiale Dekompensation	0	0	0	1	0	0	1 (0,5 %)
Lymphozele	0	0	0	0	0	0	0 (0,0 %)
Nervenläsion	1	0	0	0	0	0	1 (0,5 %)
Shuntinfektion	0	0	1	0	0	2	3 (1,5 %)
Shuntverschluss	0	3	2	4	1	1	11 (5,7 %)
Steal-Syndrom	3	0	2	1	0	1	7 (3,6 %)
Taubheitsgefühl	1	1	1	0	2	5	10 (5,2 %)
Tod	0	0	0	0	0	0	0 (0,0 %)
Wundheilungsstörung	1	1	0	0	2	0	4 (2,1 %)

3.2.10 Erste Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen nach Shunt-Erstanlage

Nach acht von 194 Shunt-Erstanlagen (4,1 %) fanden innerhalb von 14 Tagen der erste Revisionseingriff statt. Diese setzten sich aus vier Shuntverschlüssen, zwei Shunt Dysfunktionen und zwei postoperativen Nachblutungen zusammen (Tabelle 20).

Tabelle 20 Übersicht der ersten Shuntrevisionen innerhalb von 14 Tagen nach Shunt-Erstanlage (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Erste Shuntrevision	0	2	2	2	0	2	8 (4,1 %)

3.2.11 Fehlende Entwicklung

Bei 22 von 194 Erstanlagen (11,3 %) kam es zu einer fehlenden Entwicklung innerhalb von drei Monaten nach Shunt-Erstanlage (Tabelle 21).

Tabelle 21 Übersicht der fehlenden Entwicklungen nach Shunt-Erstanlage (n = 194)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Fehlende Entwicklung	3	3	5	6	3	2	22 (11,3 %)

3.2.12 Zeitintervall zwischen Shuntplanung und Shunt-Erstanlage

Präoperativ erhielten alle 194 Patienten vor der Shunt-Erstanlage ein Shuntmapping mittels DUS und eine klinische Untersuchung. Im Rahmen dieser Untersuchung wurde die Indikation zur Shuntanlage gestellt, die bevorzugte Shuntlokalisation festgelegt und ein geplantes Operationsdatum terminiert.

In Abbildung 21 wird das Zeitintervall zwischen Shuntplanung und Shunt-Erstanlage für die Jahre 2019 bis 2024 mittels Boxplot dargestellt. Für den gesamten Untersuchungszeitraum ergab sich ein Median von 8 Tagen (IQR 5–18,8). Die jährlichen Mediane lagen 2019 bei 12,5 Tagen (IQR 5–17,8), 2020 bei 8,5 Tagen (IQR 3,0–15,0), 2021 bei 16,0 Tagen (IQR 6,0–23,0), 2022 bei 9,0 Tagen (IQR 6,2–17,5), 2023 bei 8,5 Tagen (IQR 4,5–20,0) und 2024 bei 7,0 Tagen (IQR 4,0–13,0). Somit ließ sich ein Trend Richtung einer Abnahme der Tage zwischen dem Planungsdatum und dem Operationsdatum beobachten, wobei das Jahr 2021 mit einem Median von 16 Tagen eine Ausnahme im Trend darstellte.

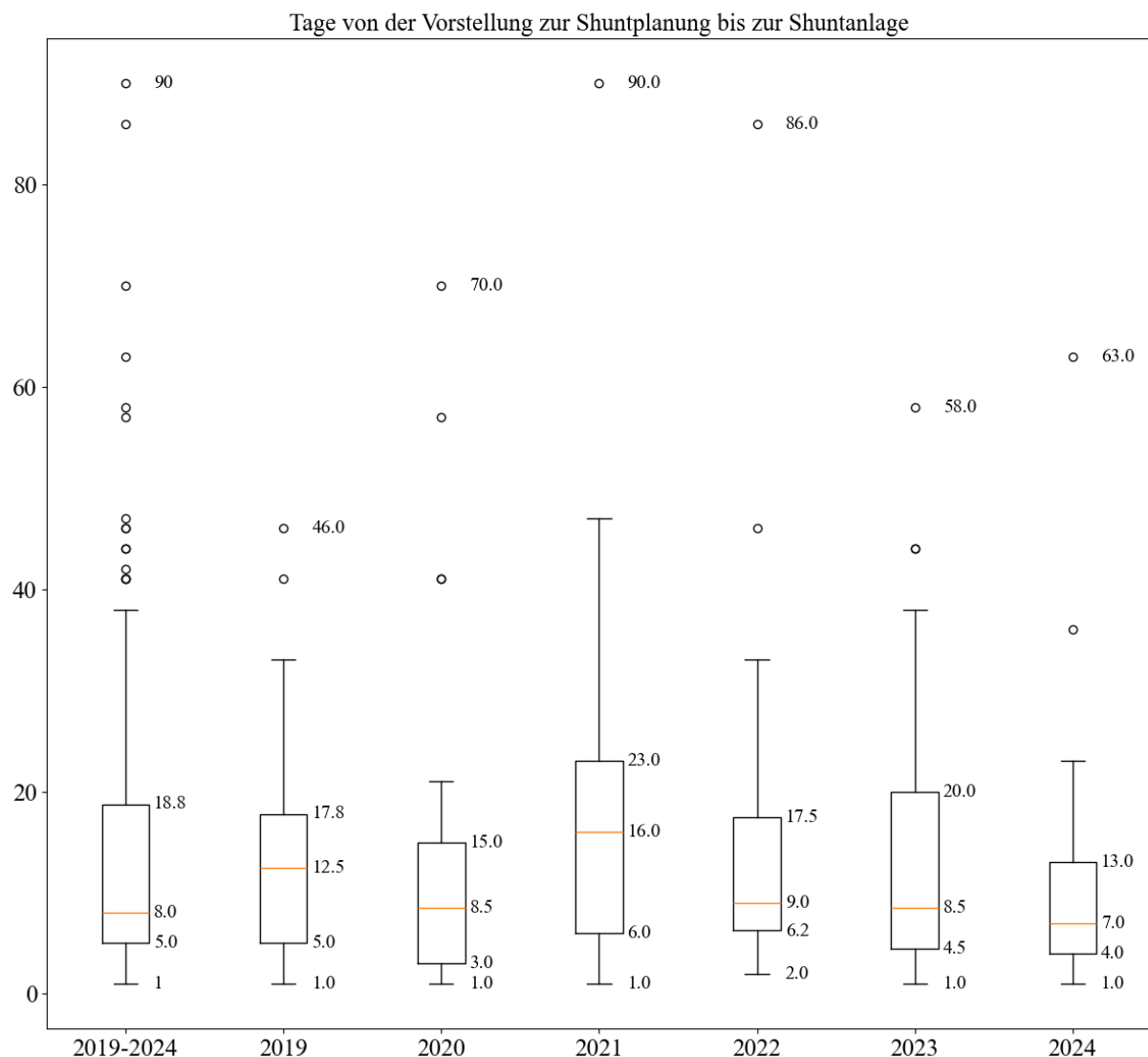


Abbildung 21 Zeitintervall zwischen Shuntplanung und Shunt-Erstanlage (Boxplot)

3.2.13 Zeitintervall zwischen Shunt-Erstanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit

Insgesamt 106 Shunt-Erstanlagen wurden im Stadium der präterminalen NI vor eingetretener Dialysepflichtigkeit durchgeführt. Davon traten bei 64 Patienten (60,4 %) nach der Shunt-Erstanlage eine Dialysepflichtigkeit mit dokumentiertem Dialysebeginn ein, 42 Patienten (39,6 %) blieben entweder nicht dialysepflichtig oder der Dialysebeginn war nicht bekannt.

Das Zeitintervall zwischen Shunt-Erstanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit wird in Abbildung 22 als Boxplot gezeigt. Die mediane Zeit belief sich im gesamten Untersuchungszeitraum auf 4,1 Monate (IQR 1,5–8,6). Die jährlichen Mediane betrugen 2019 3,9 Monate (IQR 2,2–9,4), 2020 5,2 Monate (IQR 1,5–9,4), 2021 5,7 Monate (IQR 4,4–10,4), 2022 5,4 Monate (IQR 1,4–10,0), 2023 5,0 Monate (IQR 2,7–7,6) und 2024 1,8 Monate (IQR 1,0–4,3). Das Jahr 2024 ist aufgrund des Auswertungszeitraumes nur sehr eingeschränkt aussagekräftig.

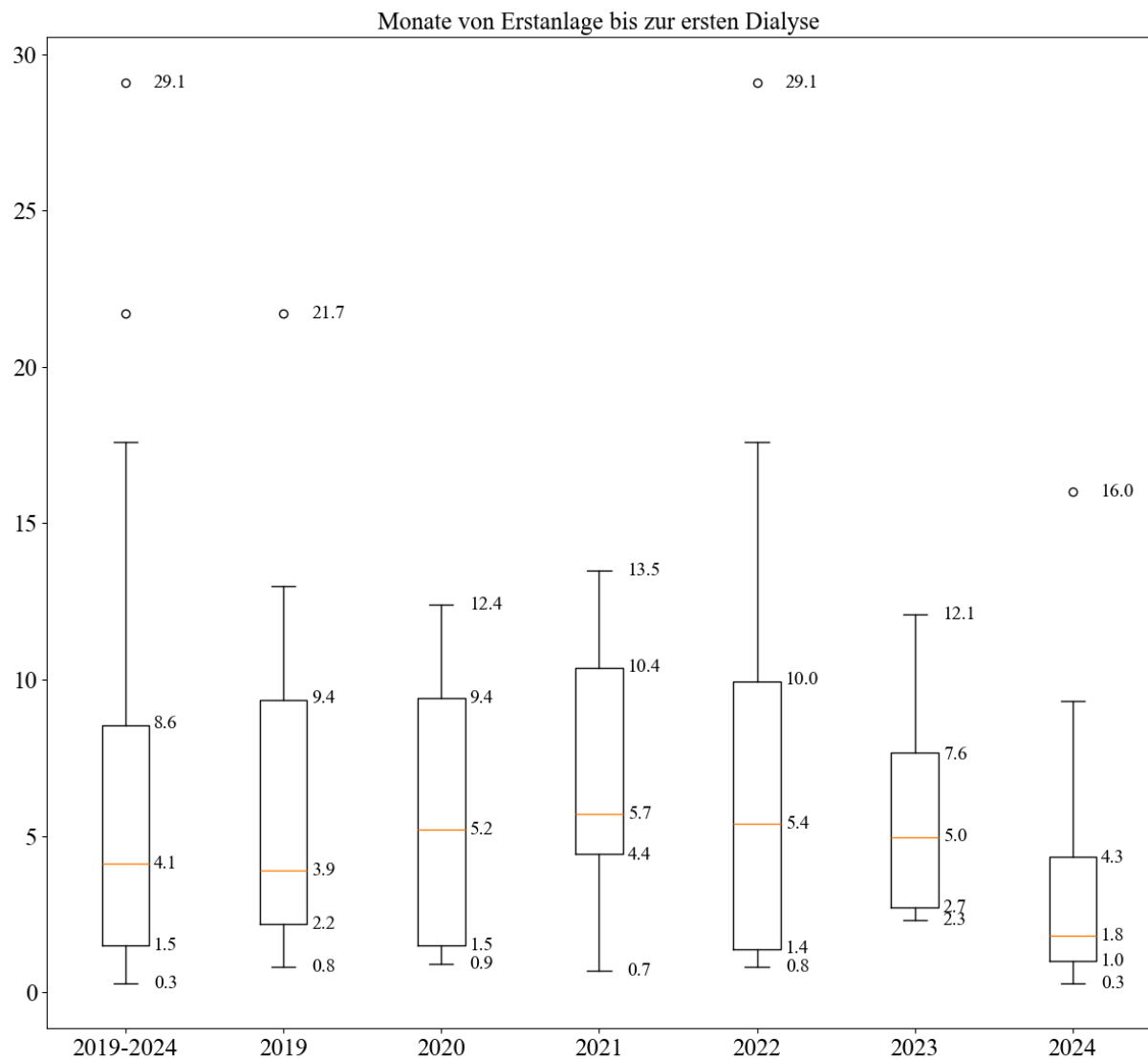


Abbildung 22 Zeitintervall zwischen Shunt-Erstanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit (Boxplot)

3.3 Deskriptive Darstellung der Shuntrevisionen

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 599 Shuntrevisionen bei 266 Patienten durchgeführt, was im Mittel annähernd 100 Shuntrevisionen pro Jahr entsprach. Im Jahr 2021 wurden bezogen auf dieses Kollektiv die meisten Shuntrevisionen in einem Kalenderjahr durchgeführt ($n = 118$), im darauffolgenden Jahr 2022 die wenigsten ($n = 88$) (Abbildung 23, Tabelle 22).

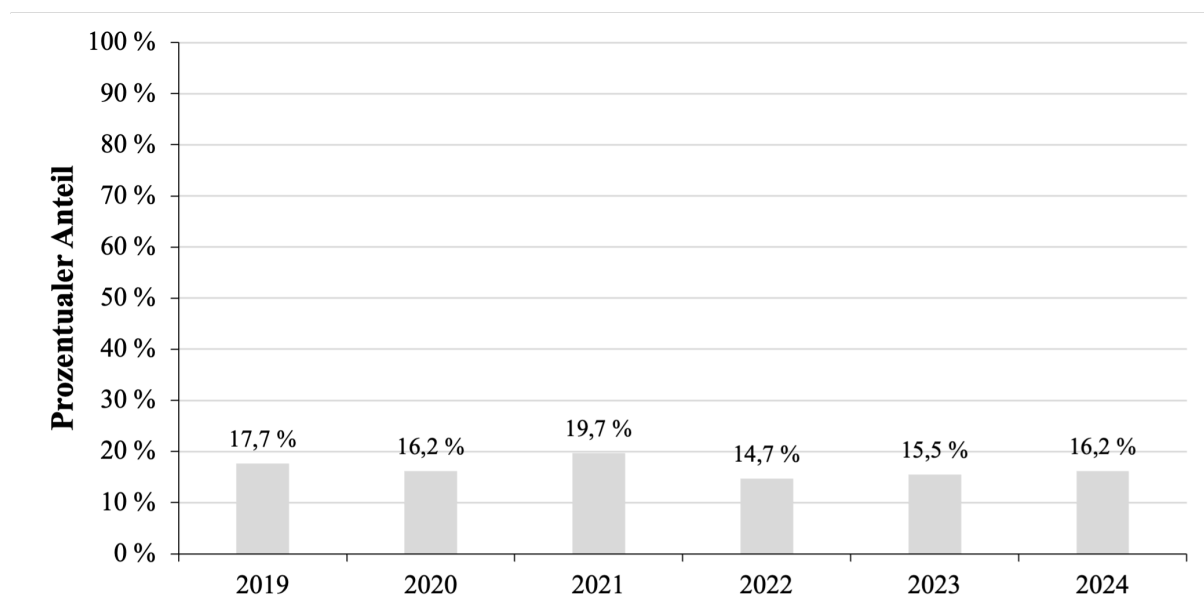


Abbildung 23 Jährliche Verteilung der Shuntrevisionen am UKR zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

Tabelle 22 Übersicht der Shuntrevisionen am UKR (n = 599)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Shuntrevision	106	97	118	88	93	97	599 (100,0 %)

3.3.1 Ursache der Revision

Die Ursache der Revision ließ sich in acht Kategorien einteilen: Shunt Dysfunktion, zentralvenöse Stenose, Shuntverschluss, postoperative Nachblutung als Folge einer vorausgegangenen Shuntrevision, Steal-Syndrom, Shuntinfektion/Blutung, erfolgreiche Nierentransplantation und kardiale Beeinträchtigung. Eine Shuntrevision aufgrund einer Shunt Dysfunktion ist definiert als jeglicher Revisionseingriff, der dem Erhalt der Funktionalität eines noch offenen Dialyseshunt dient und setzte sich primär aus Shuntstenosen und Shuntaneurysmata zusammen. Eine einzige Shuntrevision bestand aus der Drainage einer Lymphozele als Komplikation eines vorausgegangenen Revisionseingriffes und wurde unter Sonstiges aufgeführt. Bei Vorliegen mehrerer Revisionsursachen im Rahmen eines einzigen Shunteingriffes wurde die führende Revisionsursache erfasst. Somit ergaben die prozentualen Anteile aller Revisionsursachen in der Summe 100 %.

Im Untersuchungszeitraum von 2019 bis 2024 wurden 75,6 % der Shuntrevisionen aufgrund einer Shunt Dysfunktion (46,4 %) oder eines Shuntverschlusses (29,2 %) als die beiden häufigsten Ursachen durchgeführt. Das Verhältnis zwischen Shunt Dysfunktion und Shuntverschluss betrug annähernd 2 : 1. Der Rest setzte sich aus 45 zentralvenösen Stenosen (7,5 %), 13 postoperativen Nachblutungen (2,2 %), 17 Steal-Syndromen (2,8 %), 44

Shuntinfektionen/Blutungen (7,3 %), 14 erfolgreichen Nierentransplantationen (2,3 %) und zwölf kardialen Beeinträchtigungen (2,0 %) und einem Sonstiges (0,2 %) zusammen (Abbildung 24, Tabelle 23).

In Abbildung 25 wurden für die Darstellung der jährlichen Verteilungen alle Revisionsursachen außer Shunt Dysfunktion, Shuntverschluss und zentralvenöse Stenose unter Sonstiges subsumiert. Im Jahr 2021 gab es mehr als doppelt so viele Shunt Dysfunktionen wie Shuntverschlüsse (54 % vs. 24 %), während das Folgejahr 2022 das einzige Jahr darstellte, in dem weniger Shunt Dysfunktionen als Shuntverschlüsse behandelt wurden (34 % vs. 43 %). In den Jahren 2023 und 2024 nahmen die Shunt Dysfunktionen prozentual wieder zu (2023: 49 % und 2024: 51 %) und die Shuntverschlüsse ab (2023: 32 % und 2024: 26 %) (Abbildung 25, Tabelle 23).

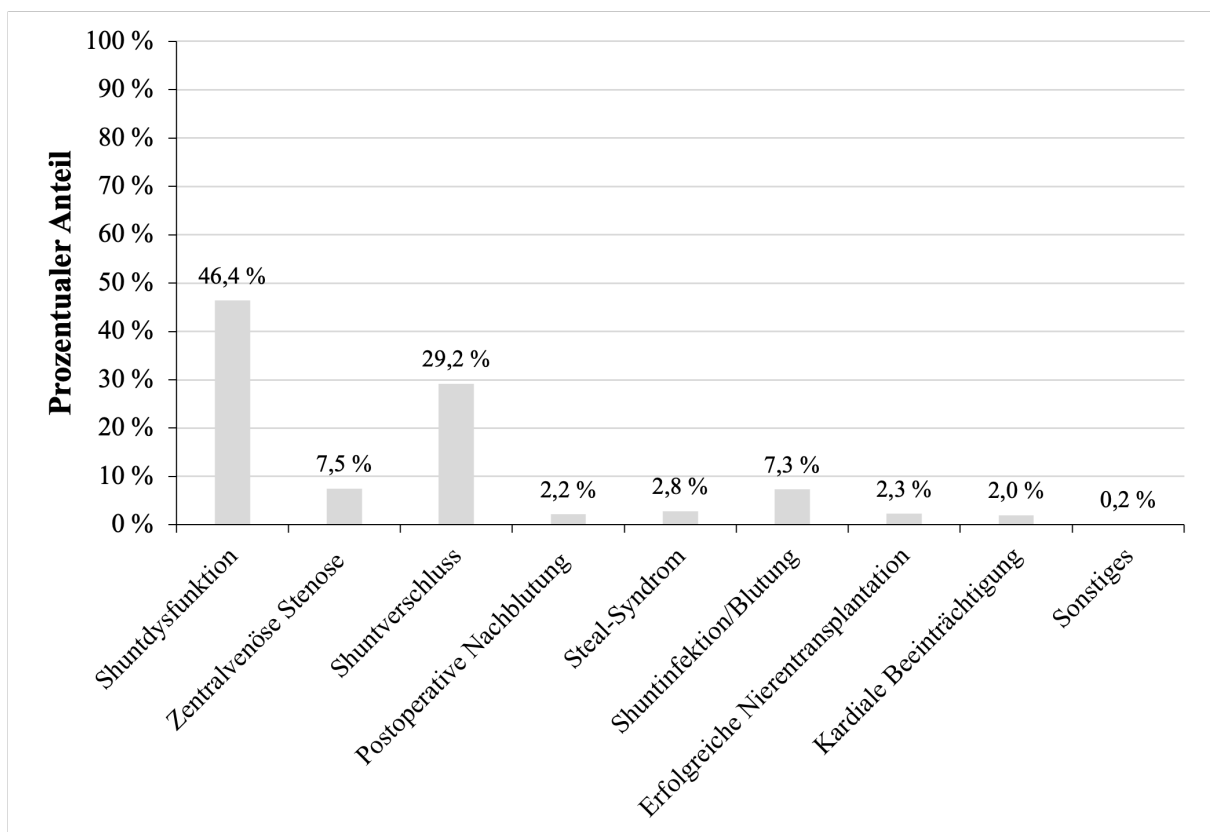


Abbildung 24 Revisionsursache zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

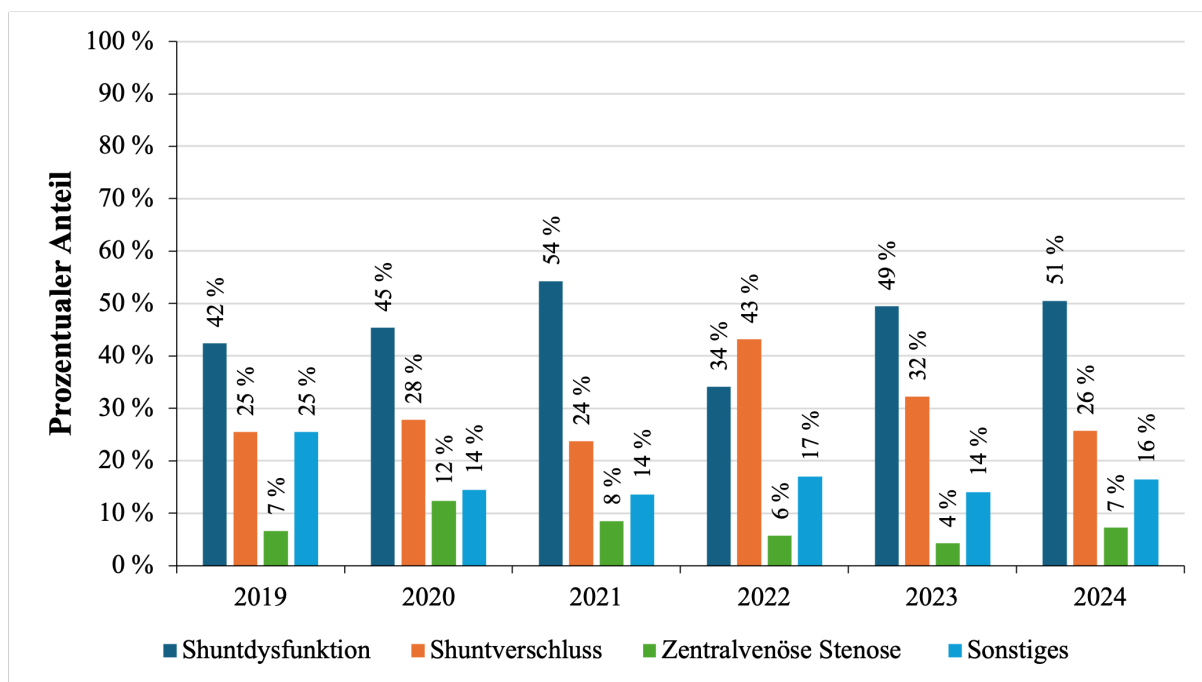


Abbildung 25 Jährliche Verteilung der Revisionsursachen zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

Tabelle 23 Übersicht der Revisionsursachen (n = 599)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Shunt dysfunktion	45	44	64	30	46	49	278 (46,4 %)
Zentralvenöse Stenose	7	12	10	5	4	7	45 (7,5 %)
Shuntverschluss	27	27	28	38	30	25	175 (29,2 %)
Postoperative Nachblutung	0	2	5	3	1	2	13 (2,2 %)
Steal-Syndrom	6	2	3	3	2	1	17 (2,8 %)
Shuntinfektion/Blutung	13	6	5	4	9	7	44 (7,3 %)
Erfolgreiche Nierentransplantation	5	2	2	2	1	2	14 (2,3 %)
Kardiale Beeinträchtigung	2	2	1	3	0	4	12 (2,0 %)
Sonstiges	1	0	0	0	0	0	1 (0,2 %)

3.3.2 Art des Revisionseingriffes

Die Einteilung der Art des Revisionseingriffes erfolgte in fünf Kategorien. Die Intervention in der Angio-Suite umfasste alle endovaskulären Shuntrevisionen durch die radiologische Fachabteilung. Die offen-chirurgische Operation, die Intervention im Operationssaal, die Hybrid-Operation und die Shuntaufhebung wurden von der gefäßchirurgischen Fachabteilung

durchgeführt. Bei der offen-chirurgischen Operation wurde ausschließlich chirurgisch und bei der Intervention im Operationssaal ausschließlich endovaskulär therapiert, während bei der Hybrid-Operation sowohl endovaskulär als auch offen-chirurgisch vorgegangen wurde. Die Shuntaufhebung wurde als Untergruppe der offen-chirurgischen Operation separat aufgeführt. Die radiologische Fachabteilung führte im Untersuchungszeitraum 20,7 % und die gefäßchirurgische Fachabteilung 79,3 % aller Shuntrevisionen durch (Abbildung 26, Abbildung 27, Tabelle 24).

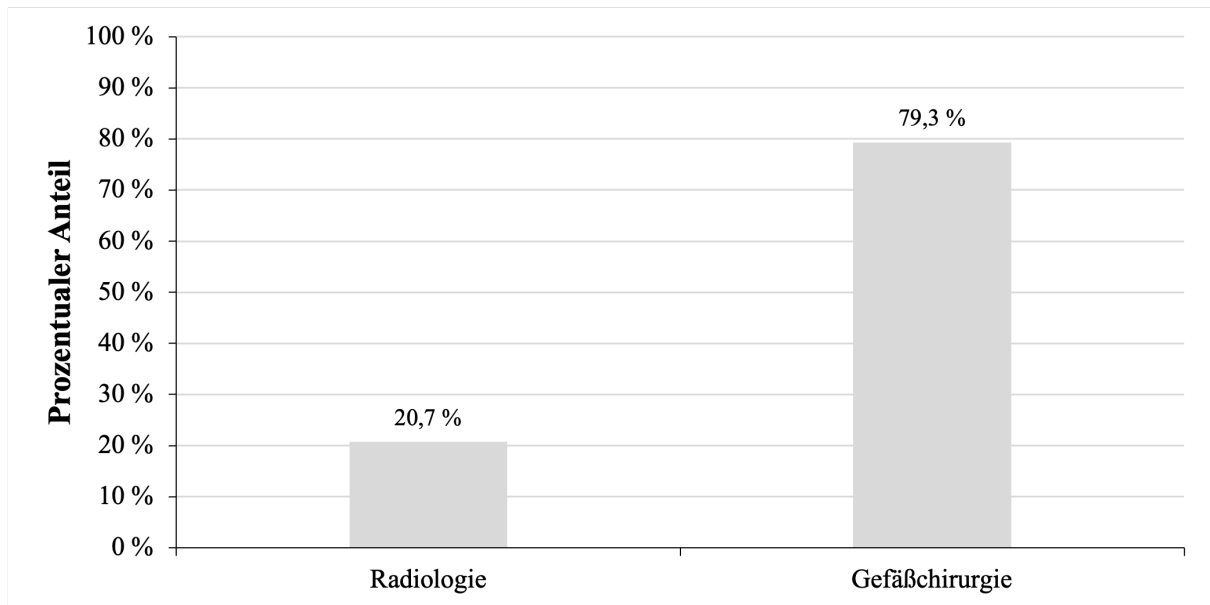


Abbildung 26 Durchführende Fachabteilung der Shuntrevision zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

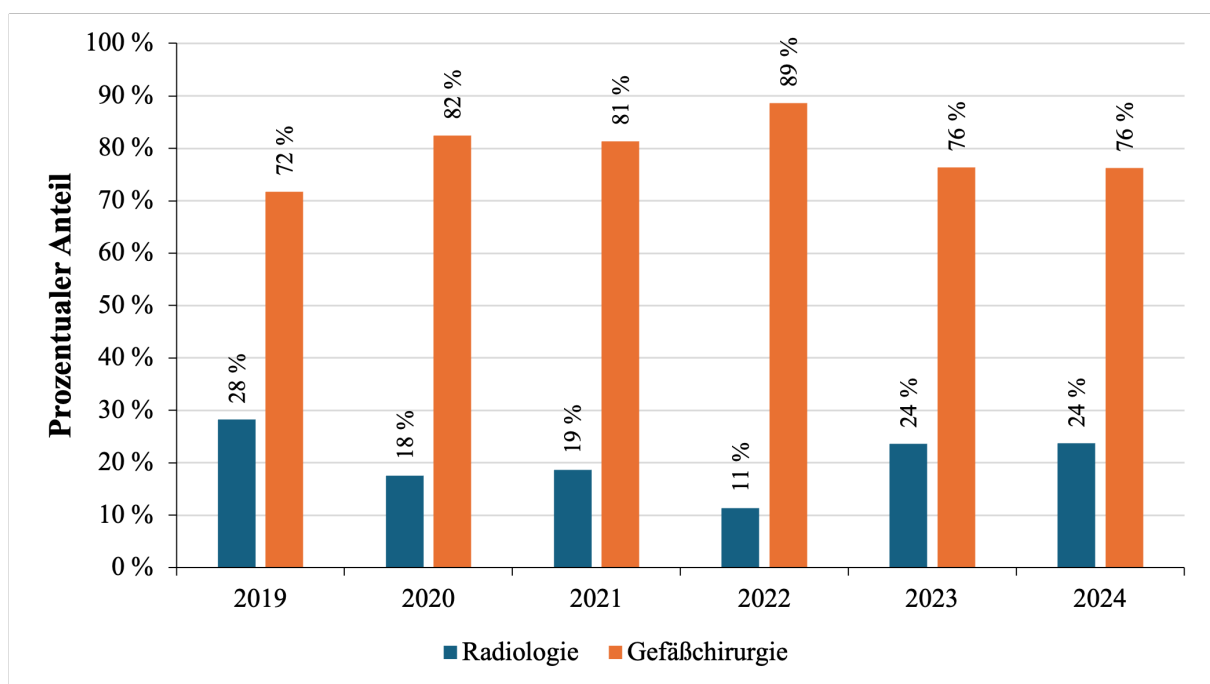


Abbildung 27 Jährliche Verteilung der durchführenden Fachabteilungen der Shuntrevision zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

Tabelle 24 Übersicht der durchführenden Fachabteilungen (n = 599)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Radiologie	30	17	22	10	22	23	124 (20,7 %)
Gefäßchirurgie	76	80	96	78	71	74	475 (79,3 %)

Bei 225 von 599 Shuntrevisionen (37,6 %) wurde die offen-chirurgische Operation als führende Art des Revisionseingriffes durchgeführt. Danach folgten 138 Hybrid-Operationen (23,0 %), 124 Interventionen in der Angio-Suite (20,7 %), 83 Interventionen im Operationssaal (13,9 %) und 29 Shuntaufhebungen (4,8 %) (Abbildung 28, Tabelle 25).

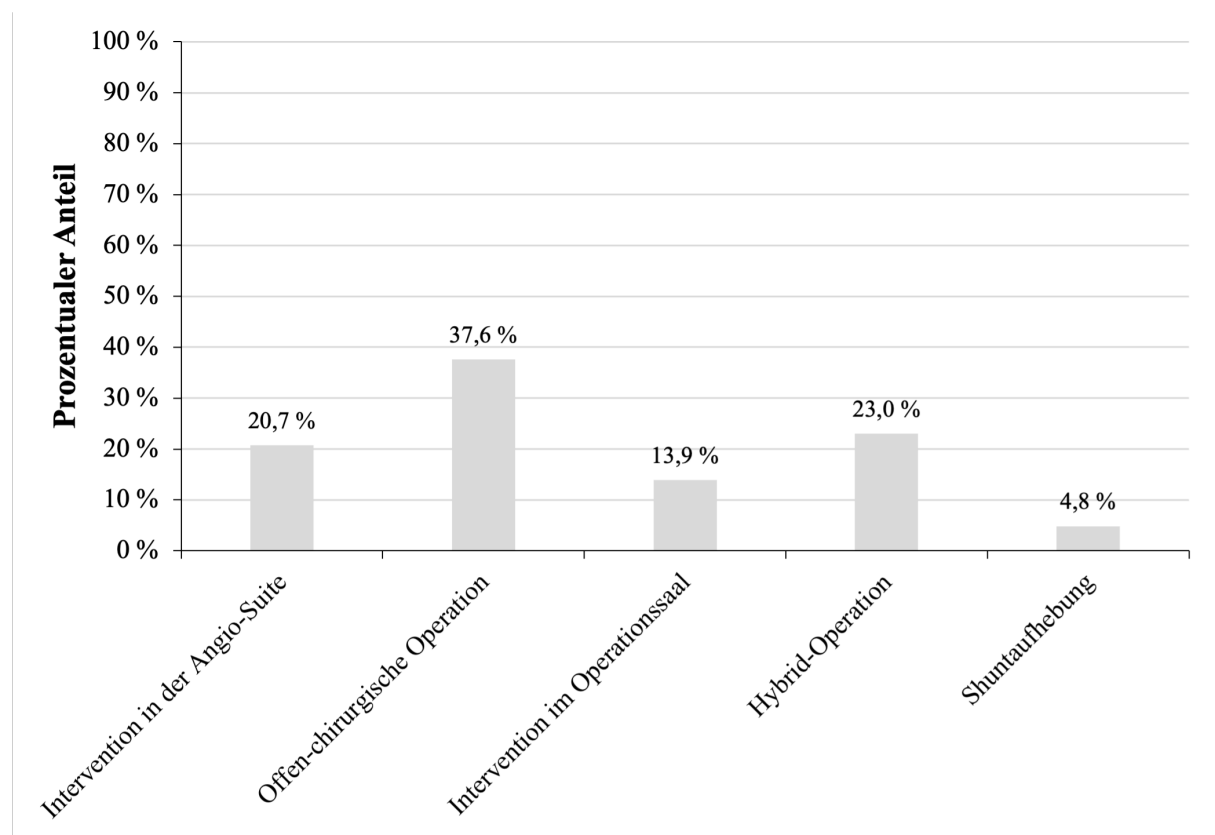


Abbildung 28 Art des Revisionseingriffes zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

Im jährlichen Verlauf nahm der prozentuale Anteil der Interventionen in der Angio-Suite von 28 % im Jahr 2019 auf den niedrigsten Wert von 11 % im Jahr 2022 ab. Anschließend nahm dieser in den Jahren 2023 und 2024 mit jeweils 24 % erneut zu. Der Anteil der offen-chirurgischen Operation lag im jährlichen Verlauf zwischen 33 % und 42 % und der Anteil der Intervention im Operationssaal betrug zwischen 8 % und 20 % ohne jeweils eindeutige zeitliche Entwicklung. Der prozentuale Anteil der Hybrid-Operation erreichte im Jahr 2022 den höchsten Wert und betrug mehr als das Doppelte als im Jahr 2020 (2022: 33 % vs. 2020: 16 %), woraufhin er in den Jahren 2023 und 2024 erneut abnahm. Der prozentuale Anteil der Hybrid-

Operation und der Intervention in der Angio-Suite verlief in der jährlichen Betrachtung in entgegengesetzte Richtungen. Die Shuntaufhebung machte jährlich zwischen 3 % und 7 % der Shuntrevisionen aus (Abbildung 29, Tabelle 25).

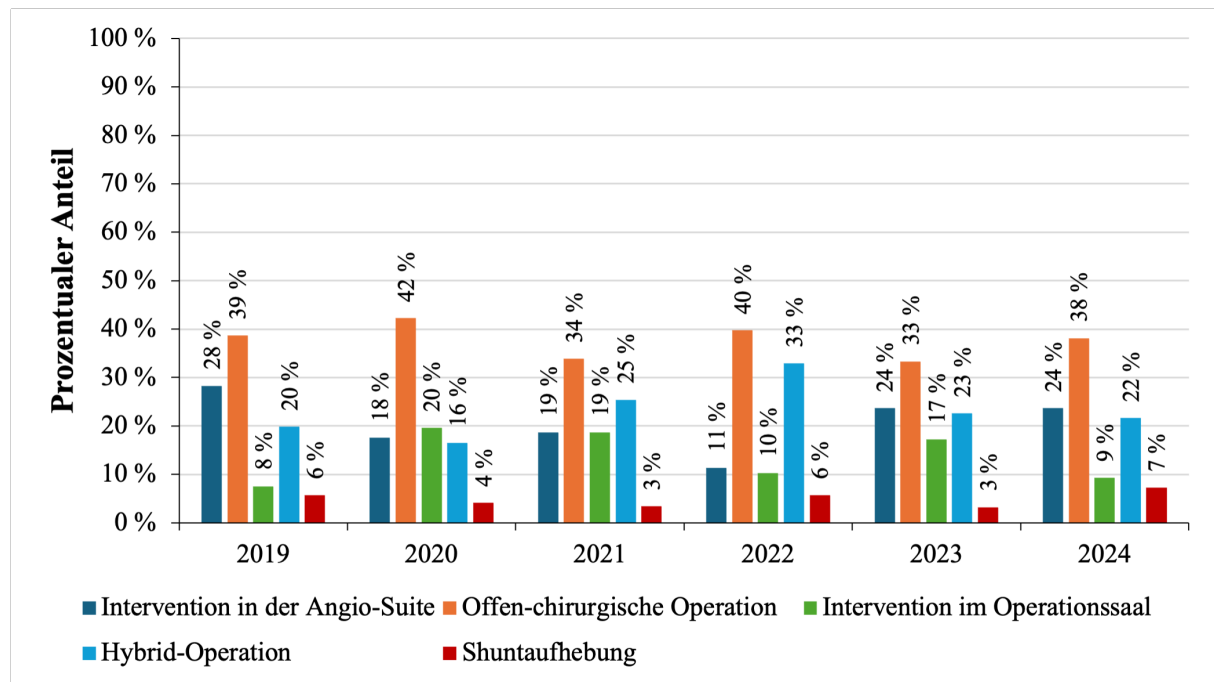


Abbildung 29 Jährliche Verteilung der Arten des Revisionseingriffes zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

Tabelle 25 Übersicht der Arten des Revisionseingriffes (n = 599)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Intervention in der Angio-Suite	30	17	22	10	22	23	124 (20,7 %)
Offen-chirurgische Operation	41	41	40	35	31	37	225 (37,6 %)
Intervention im Operationssaal	8	19	22	9	16	9	83 (13,9 %)
Hybrid-Operation	21	16	30	29	21	21	138 (23,0 %)
Shuntaufhebung	6	4	4	5	3	7	29 (4,8 %)

3.3.3 Intraoperative Kontrolle in der gefäßchirurgischen Fachabteilung

Am häufigsten wurde im Untersuchungszeitraum in 226 von 475 Fällen (47,6 %) kombiniert kontrolliert. Am zweithäufigsten wurden 118 sonographische Kontrollen (24,8 %) durchgeführt, gefolgt von 80 nicht-apparativen Kontrollen (16,8 %) und 51 angiographischen Kontrollen (10,7 %) (Abbildung 30, Tabelle 26).

Sowohl die nicht-apparativ kontrollierten Shuntrevisionen als auch die angiographischen Kontrollen verzeichneten im jährlichen Verlauf einen deutlichen Rückgang. Der prozentuale Anteil der nicht-apparativ kontrollierten Shuntrevisionen sank von einem Höchstwert von 38 % im Jahr 2019 auf den niedrigsten Wert von 6 % im Jahr 2023 und nahm im Jahr 2024 (12 %) erneut geringfügig zu. Die angiographischen Kontrollen nahmen von 36 % im Jahr 2019 auf 0 % im Jahr 2024 ab. Im Jahr 2019 lag der gemeinsame Anteil dieser beiden Arten der intraoperativen Kontrolle noch bei 74 % und nahm bis zum Jahr 2024 auf 12 % ab.

Dem gegenüberstehend war eine Zunahme von sonographischen und insbesondere von kombinierten Kontrollen zu verzeichnen. Im Jahr 2019 betrug der Anteil der sonographischen Kontrollen 8 % und stieg im Jahr 2024 auf 36 % an. Die kombinierte Kontrolle wurde im Jahr 2019 in 18 % der Fälle durchgeführt und lag zwischen 2021 und 2024 jährlich über 50 %. Der prozentuale Anteil dieser beiden Arten der intraoperativen Kontrolle stieg von insgesamt 26 % im Jahr 2019 auf 87 % im Jahr 2024 an (Abbildung 31, Tabelle 26).

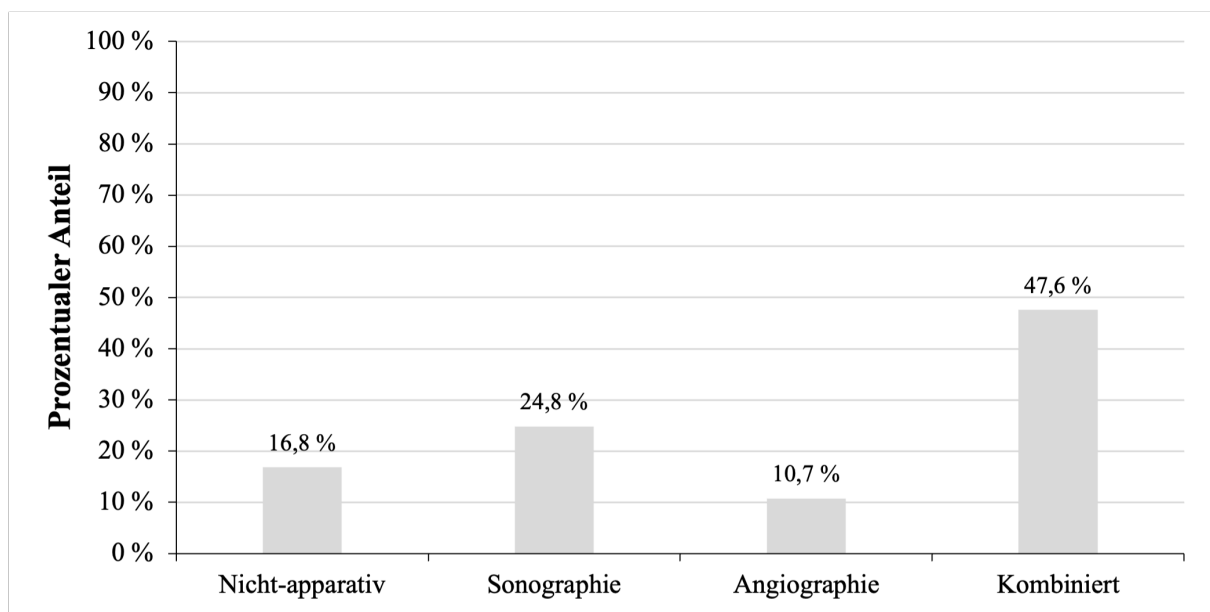


Abbildung 30 Intraoperative Kontrolle bei Shuntrevision in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 475)

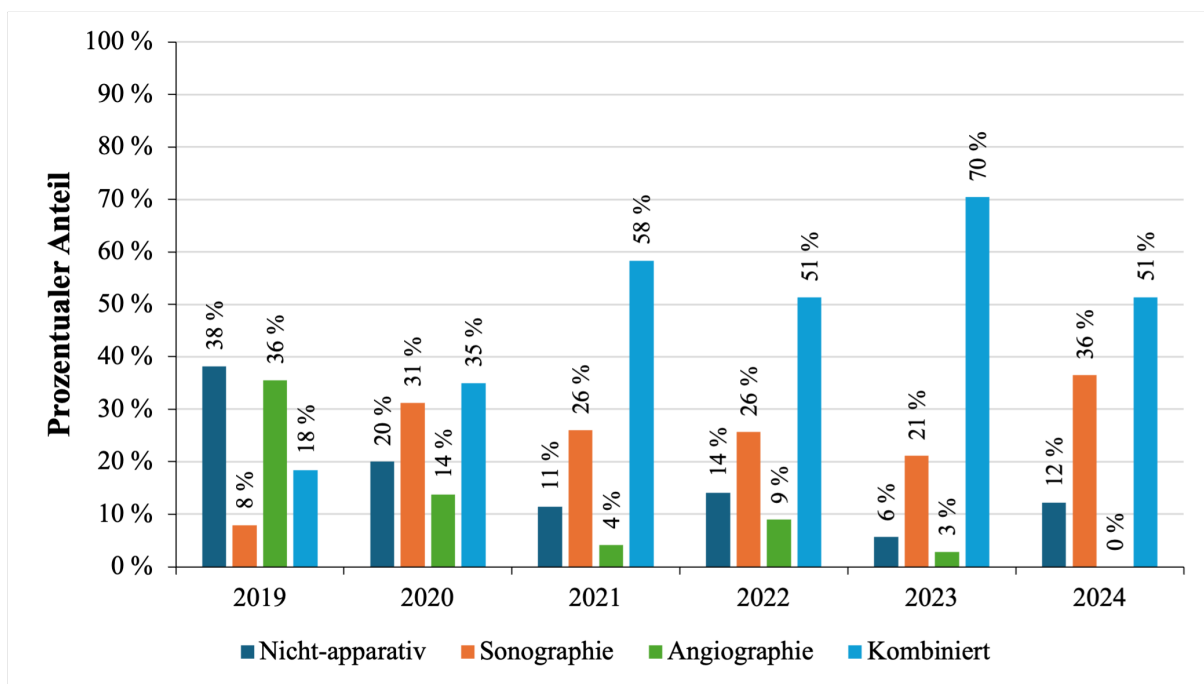


Abbildung 31 Jährliche Verteilung der intraoperativen Kontrollen bei Shuntrevision in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 475)

Tabelle 26 Übersicht der intraoperativen Kontrollen bei Shuntrevision in der gefäßchirurgischen Fachabteilung (n = 475)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Nicht-apparativ	29	16	11	11	4	9	80 (16,8 %)
Sonographie	6	25	25	20	15	27	118 (24,8 %)
Angiographie	27	11	4	7	2	0	51 (10,7 %)
Kombiniert	14	28	56	40	50	38	226 (47,6 %)

3.3.4 Periprozeduraler Dialysekatheter

Ein initialer Shaldon-Katheter mit Wechsel zum Demers-Katheter im Verlauf des Krankenhausaufenthaltes wurde als Demers-Katheter gewertet.

Bei 416 von 599 Shuntrevisionen (69,4 %) konnte eine periprozedurale CVC-Freiheit im Untersuchungszeitraum realisiert werden. 17,9 % der Patienten hatten periprozedural einen Demers-Katheter und 12,7 % einen Shaldon-Katheter (Abbildung 32, Tabelle 27).

Die Werte der einzelnen Jahre zeigten eine kontinuierliche Zunahme der periprozeduralen CVC-Freiheit von 61 % im Jahr 2019 auf 79 % im Jahr 2024, mit Ausnahme vom Jahr 2021, in dem der prozentuale Anteil im Vorjahresvergleich geringfügig abfiel. Gegensätzliche Trends waren beim Shaldon- und Demers-Katheter zu beobachten. Der prozentuale Anteil halbierte sich im Jahr 2024 im Vergleich zu 2019 bei beiden CVC-Arten (Shaldon-Katheter: 15 % [2019] vs. 7 % [2024], Demers-Katheter: 24 % [2019] vs. 13 % [2024]) (Abbildung 33, Tabelle 27).

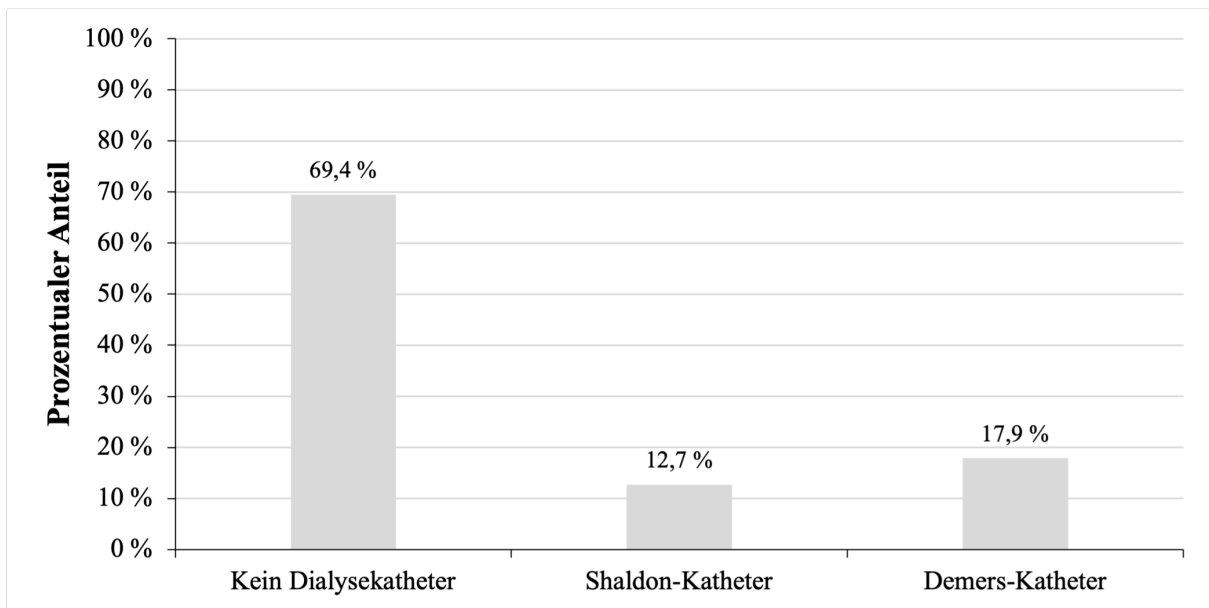


Abbildung 32 Periprozeduraler Dialysekatheter im Rahmen der Shuntrevision zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

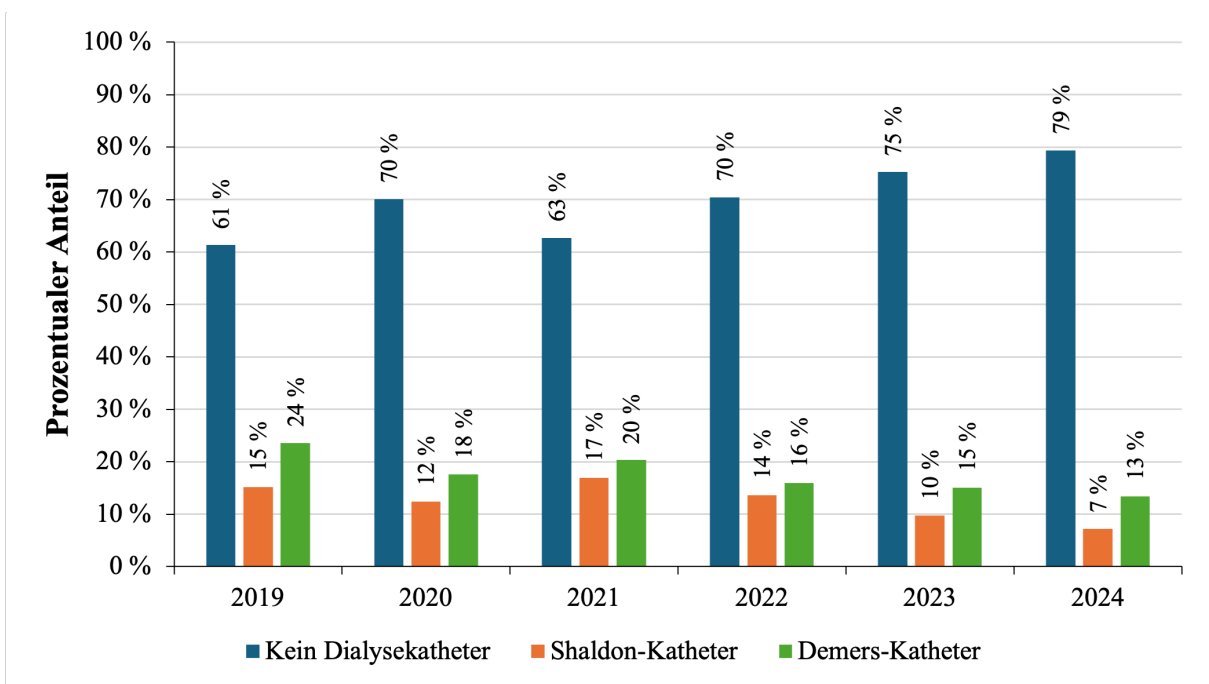


Abbildung 33 Jährliche Verteilung der periprozeduralen Dialysekatheter im Rahmen der Shuntrevision zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

Tabelle 27 Übersicht der periprozeduralen Dialysekatheter (n = 599)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Kein Dialysekatheter	65	68	74	62	70	77	416 (69,4 %)
Shaldon-Katheter	16	12	20	12	9	7	76 (12,7 %)
Demers-Katheter	25	17	24	14	14	13	107 (17,9 %)

3.3.5 Postprozedurale Punktabilität

Insgesamt 29 Shuntaufhebungen wurden durchgeführt, jedoch besaßen zwei Patienten während der Shuntaufhebung mehr als einen Dialyseshunt. Nach Shuntaufhebung des einen Dialyseshunts war der andere Dialyseshunt punktabel, sodass diese zwei Shuntrevisionen als Ausnahmen zu den punktablen Dialyseshunts zählten. Dementsprechend war nach 27 von 599 Shuntaufhebungen (4,5 %) kein Dialyseshunt mehr vorhanden.

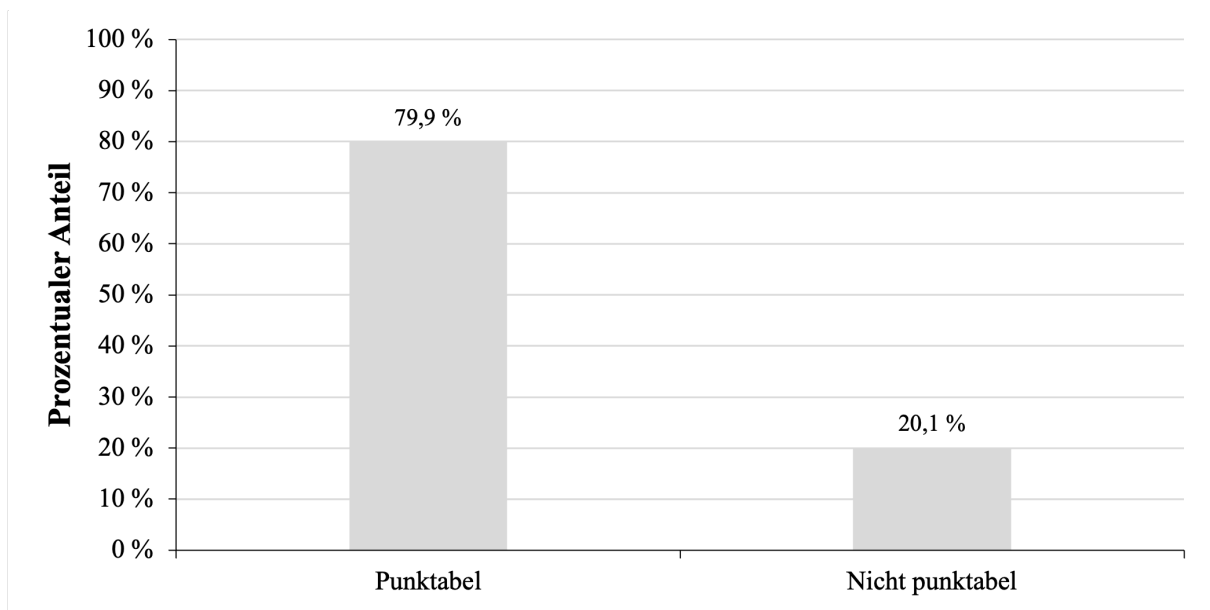


Abbildung 34 Postprozedurale Punktabilität zwischen 2019 und 2024 (n = 572)

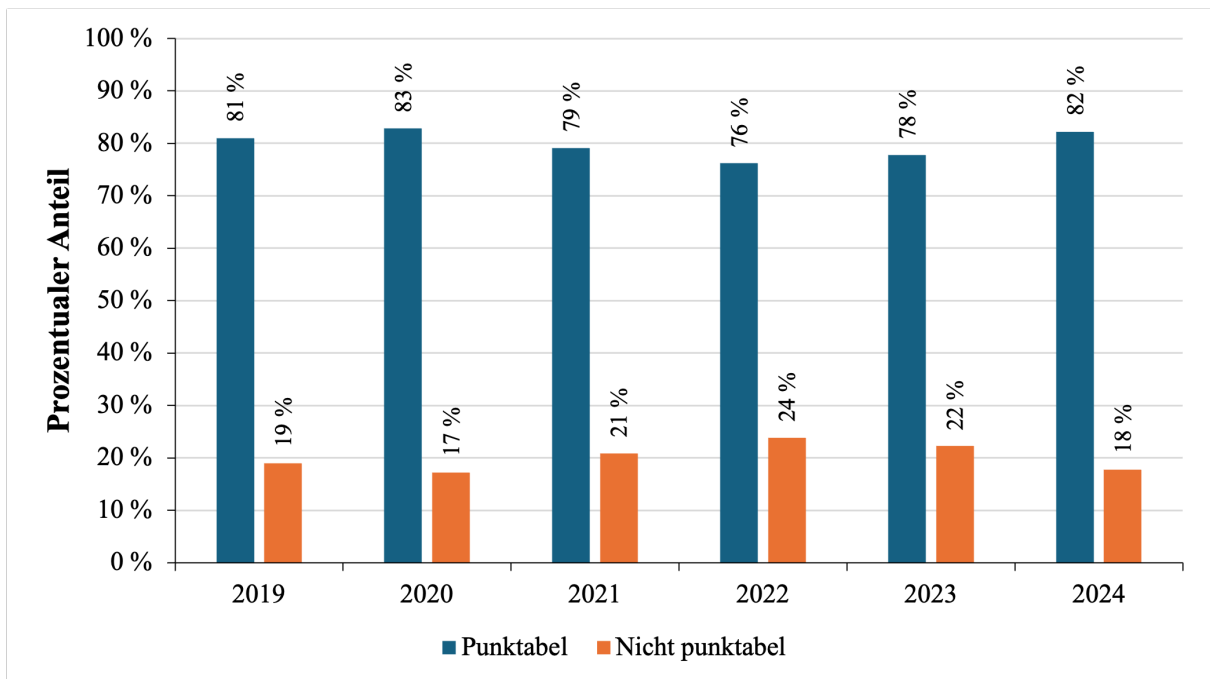


Abbildung 35 Jährliche Verteilung der postprozeduralen Punktabilität zwischen 2019 und 2024 (n = 572)

Tabelle 28 Übersicht der postprozeduralen Punktabilität (n = 572)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Punktabel	81	77	91	64	70	74	457 (79,9 %)
Nicht punktabel	19	16	24	20	20	16	115 (20,1 %)

Bei 457 von 572 Shuntrevisionen (79,9 %) war eine postprozedurale Punktabilität gegeben, wohingegen in 115 Fällen (20,1 %) der Dialyseshunt nicht punktabel war. Im jährlichen Verlauf blieb der prozentuale Anteil der punktablen Dialyseshunts weitgehend konstant zwischen 76 % und 83 % (Abbildung 34, Abbildung 35, Tabelle 28).

3.3.6 Zeitintervall zwischen Revisionsanmeldung und Shuntrevision

Abbildung 36 zeigt das Zeitintervall zwischen der Anmeldung der Shuntrevision und der durchgeführten Shuntrevision. Shuntverschlüsse von funktionstüchtigen Dialyseshunts wurden in dieser Analyse ausgeschlossen und in einem nachfolgenden Kapitel näher untersucht.

Im Untersuchungszeitraum betrugen die vergangenen Tage im Median fünf Tage (IQR 1,0–12,0). Im jährlichen Verlauf variierte der Median zwischen vier und fünf Tagen (2019: 4,0, IQR 2,0–10,8; 2020: 5,0, IQR 1,0–11,0; 2021: 4,5, IQR 1,0–14,0; 2022: 4,0, IQR 1,0–7,5; 2023: 5,0, IQR 1,0–14,8; 2024: 5,0, IQR 1,0–12,0). In jedem Jahr gab es Shuntrevisionen am gleichen Tag der Anmeldung.

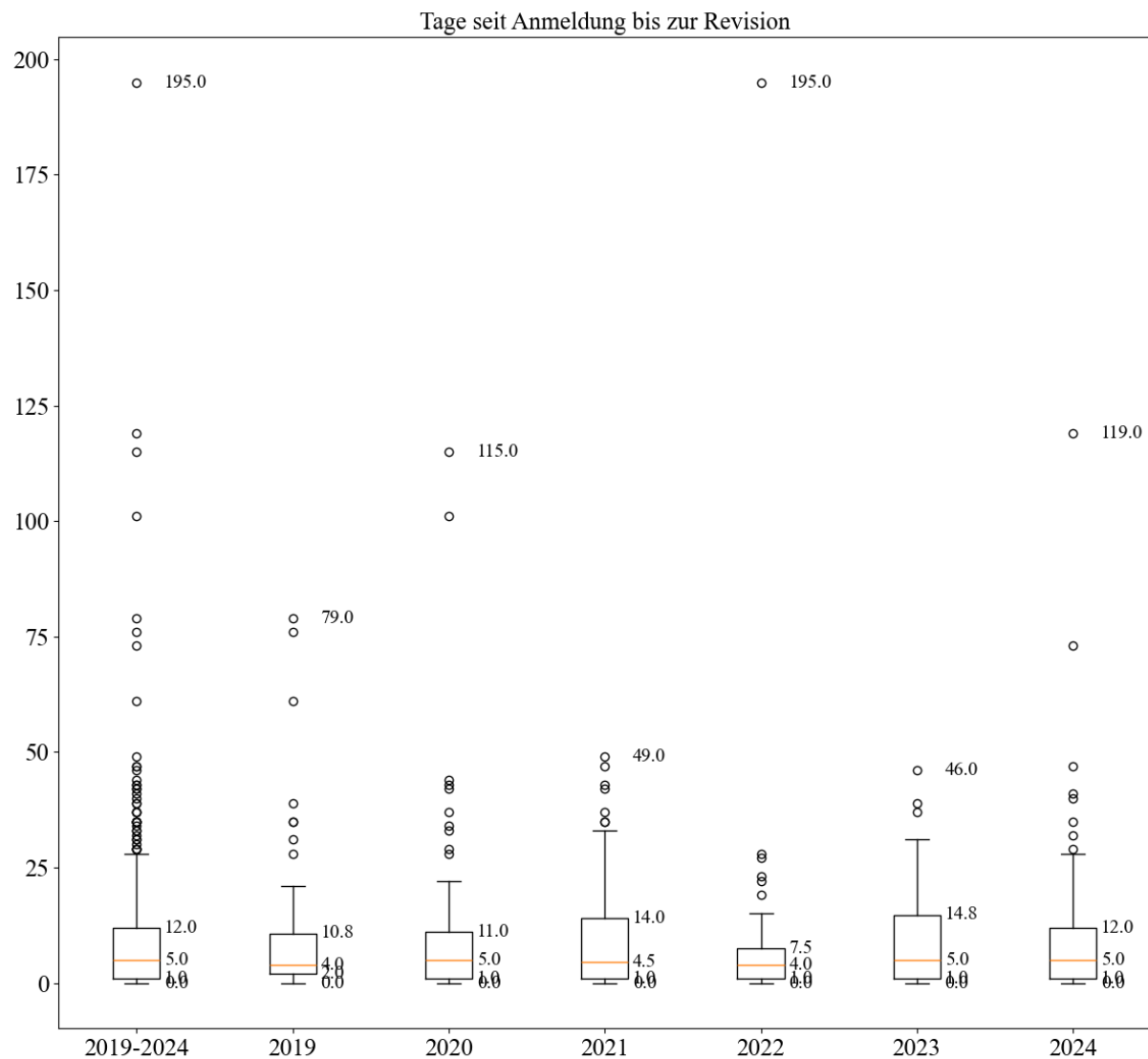


Abbildung 36 Zeitintervall zwischen Revisionsanmeldung und Shuntrevision (Boxplot)

3.3.7 Postprozedurale Komplikationen innerhalb von sechs Wochen nach Shuntrevision

Die drei häufigsten Komplikationen innerhalb von sechs Wochen nach Shuntrevision waren Shuntverschlüsse (7,8 %), Hämatome (6,8 %) und Armschwellungen (5,3 %). Die weiteren Komplikationen traten im unteren einstelligen Prozentbereich auf. Von den sechs verstorbenen Patienten verstarb ein Patient aufgrund einer Katheter-assoziierten Ursache (Abbildung 37, Tabelle 29).

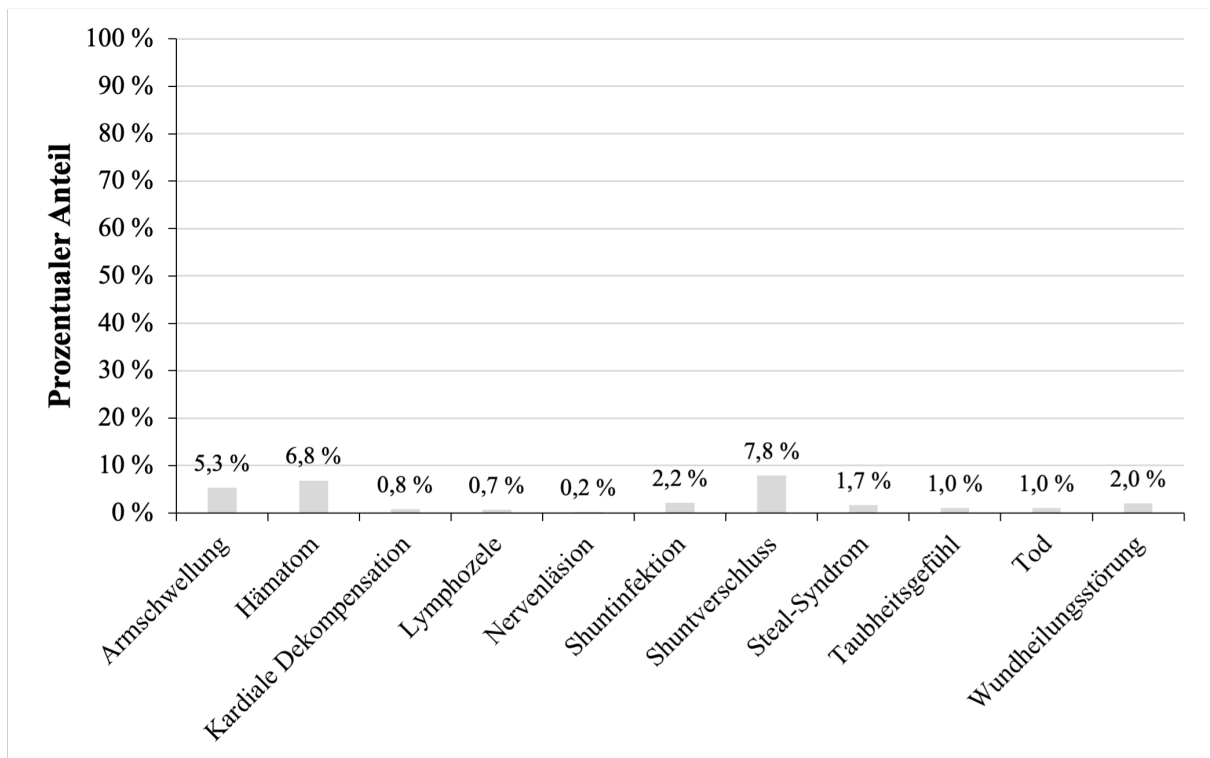


Abbildung 37 Postprozedurale Komplikation innerhalb von sechs Wochen zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

Tabelle 29 Übersicht der postprozeduralen Komplikationen innerhalb von sechs Wochen (n = 599)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Armschwellung	5	7	5	6	3	6	32 (5,3 %)
Hämatom	7	5	12	6	9	2	41 (6,8 %)
Kardiale Dekompensation	0	2	0	2	0	1	5 (0,8 %)
Lymphozele	2	1	0	0	0	1	4 (0,7 %)
Nervenläsion	1	0	0	0	0	0	1 (0,2 %)
Shuntinfektion	5	3	0	2	0	3	13 (2,2 %)
Shuntverschluss	9	7	9	8	11	3	47 (7,8 %)
Steal-Syndrom	3	4	0	2	1	0	10 (1,7 %)
Taubheitsgefühl	0	1	4	1	0	0	6 (1,0 %)
Tod	1	0	3	1	0	1	6 (1,0 %)
Wundheilungsstörung	2	1	3	0	1	5	12 (2,0 %)

3.3.8 Erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen

71 der 599 Shuntrevisionen (11,9 %) waren erneute Shuntrevisionen innerhalb von 14 Tagen im Sinne eines Folgeeingriffes. Der prozentuale Anteil dieses erneuten Folgeeingriffes betrug jährlich zwischen 10 % und 15 % (Abbildung 38, Abbildung 39, Tabelle 30).

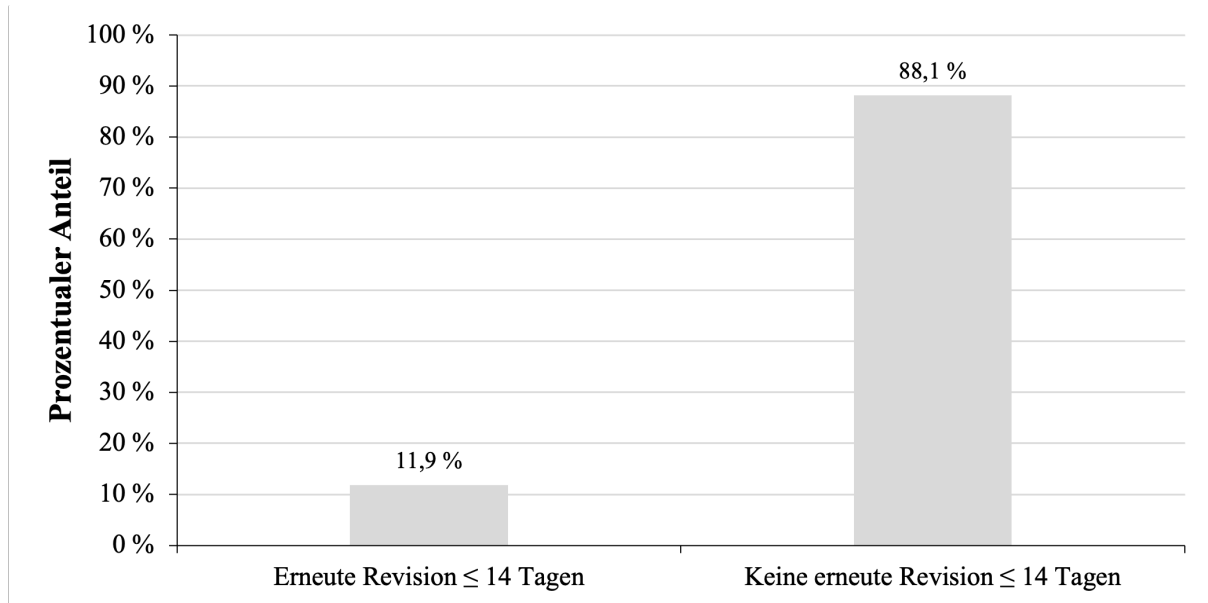


Abbildung 38 Erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

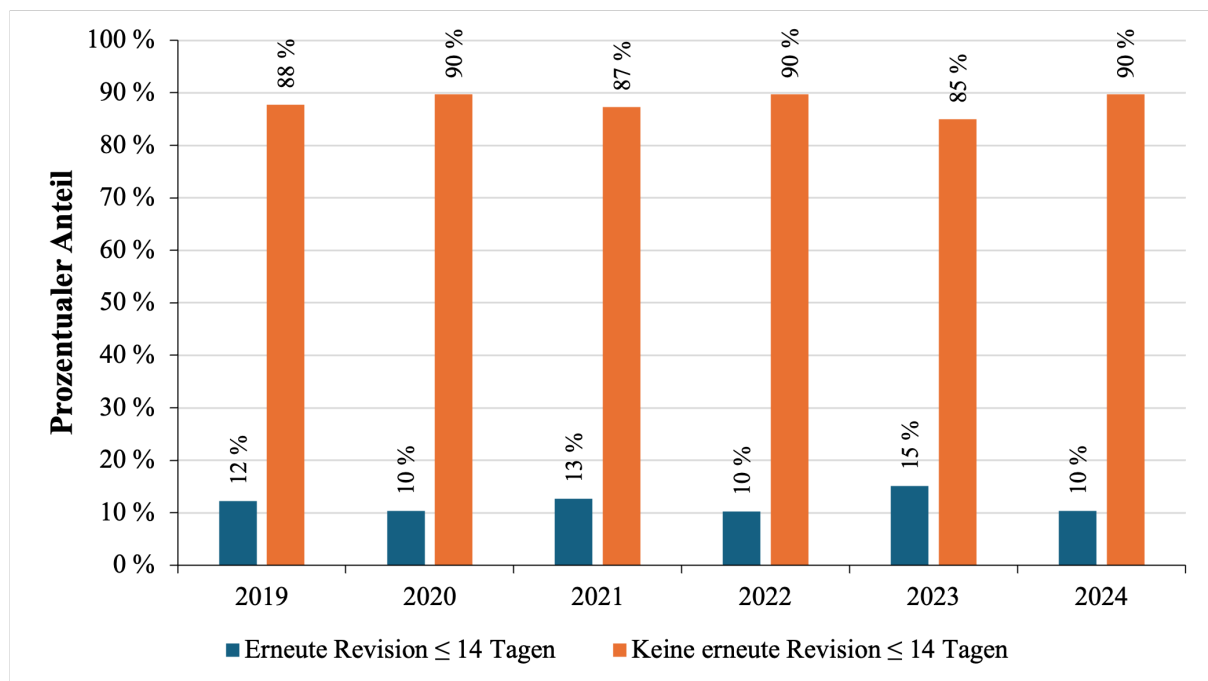


Abbildung 39 Jährliche Verteilung der erneuten Shuntrevisionen innerhalb von 14 Tagen zwischen 2019 und 2024 (n = 599)

Tabelle 30 Übersicht der erneuten Shuntrevisionen innerhalb von 14 Tagen (n = 599)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Erneute Shuntrevision	13	10	15	9	14	10	71 (11,9 %)

Die führende Ursache war in 30 von 71 Fällen (42,3 %) der Shuntverschluss, gefolgt von 18 Shunt Dysfunktionen (25,4 %) und zwölf Shuntinfektionen/Blutungen (16,9 %). In elf Fällen (15,5 %) lag eine andere Ursache vor (Abbildung 40, Tabelle 31).

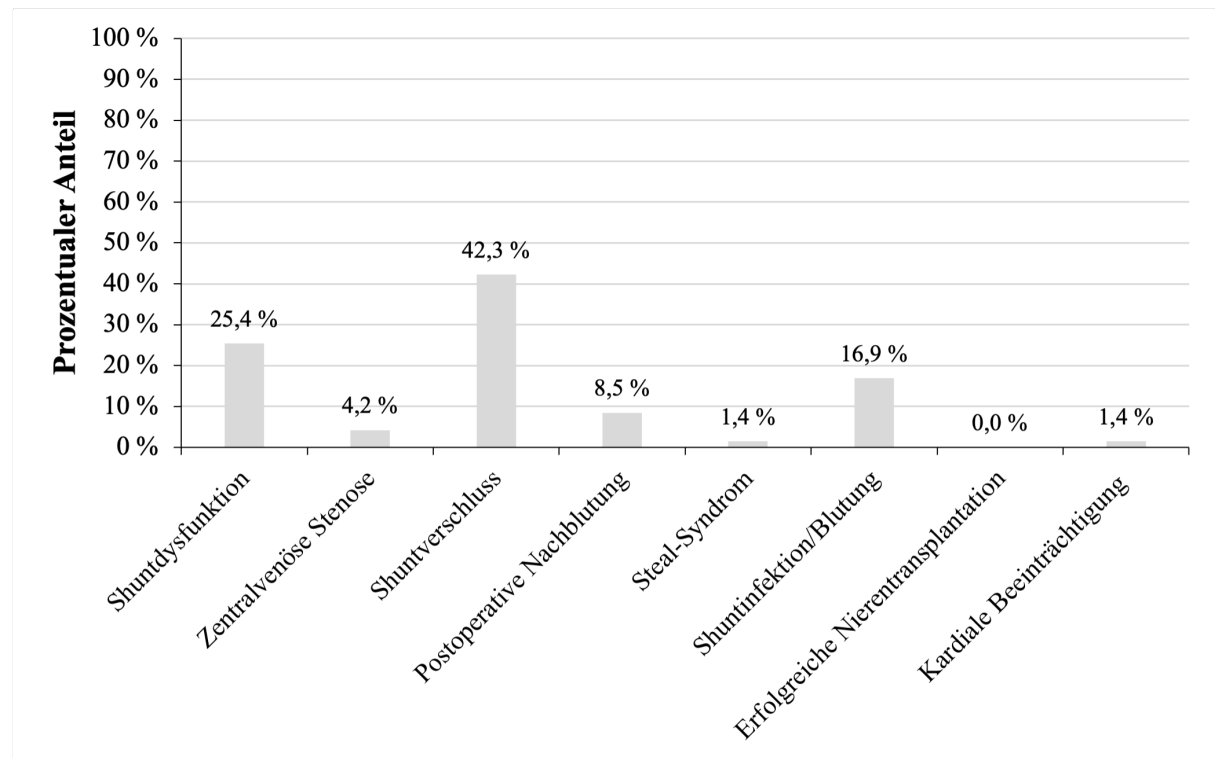


Abbildung 40 Ursache für erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen (n = 71)

Tabelle 31 Übersicht der Ursachen für erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen (n = 71)

	Anzahl (%)
Shunt Dysfunktion	18 (25,4 %)
Zentralvenöse Stenose	3 (4,2 %)
Shuntverschluss	30 (42,3 %)
Postoperative Nachblutung	6 (8,5 %)
Steal-Syndrom	1 (1,4 %)
Shuntinfektion/Blutung	12 (16,9 %)
Erfolgreiche Nierentransplantation	0 (0,0 %)
Kardiale Beeinträchtigung	1 (1,4 %)

3.4 Deskriptive Darstellung der Subgruppe der Shuntverschlüsse

3.4.1 Art des Revisionseingriffes

Im Untersuchungszeitraum wurden insgesamt 175 Shuntverschlüsse behandelt, die primär auf zwei Arten revidiert wurden. Bei 89 von 175 Shuntverschlüssen (50,9 %) wurde eine Hybrid-Operation durchgeführt, während 81 Shuntverschlüsse (46,3 %) durch eine offen-chirurgische Operation versorgt wurden. Zudem wurden drei Interventionen im Operationssaal (1,7 %) und zwei Shuntaufhebungen (1,1 %) erfasst. Bei den Interventionen im Operationssaal handelte es sich in allen drei Fällen um einen funktionellen Shuntverschluss mit höchstgradiger Stenose und präoperativ triphasischem Flussprofil, die ausschließlich ballonangioplastiert wurden. Sie wurden in dieser Studie als Shuntverschluss gewertet. Kein Shuntverschluss wurde als Intervention in der Angio-Suite durch die radiologische Fachabteilung behandelt (Abbildung 41, Tabelle 32).

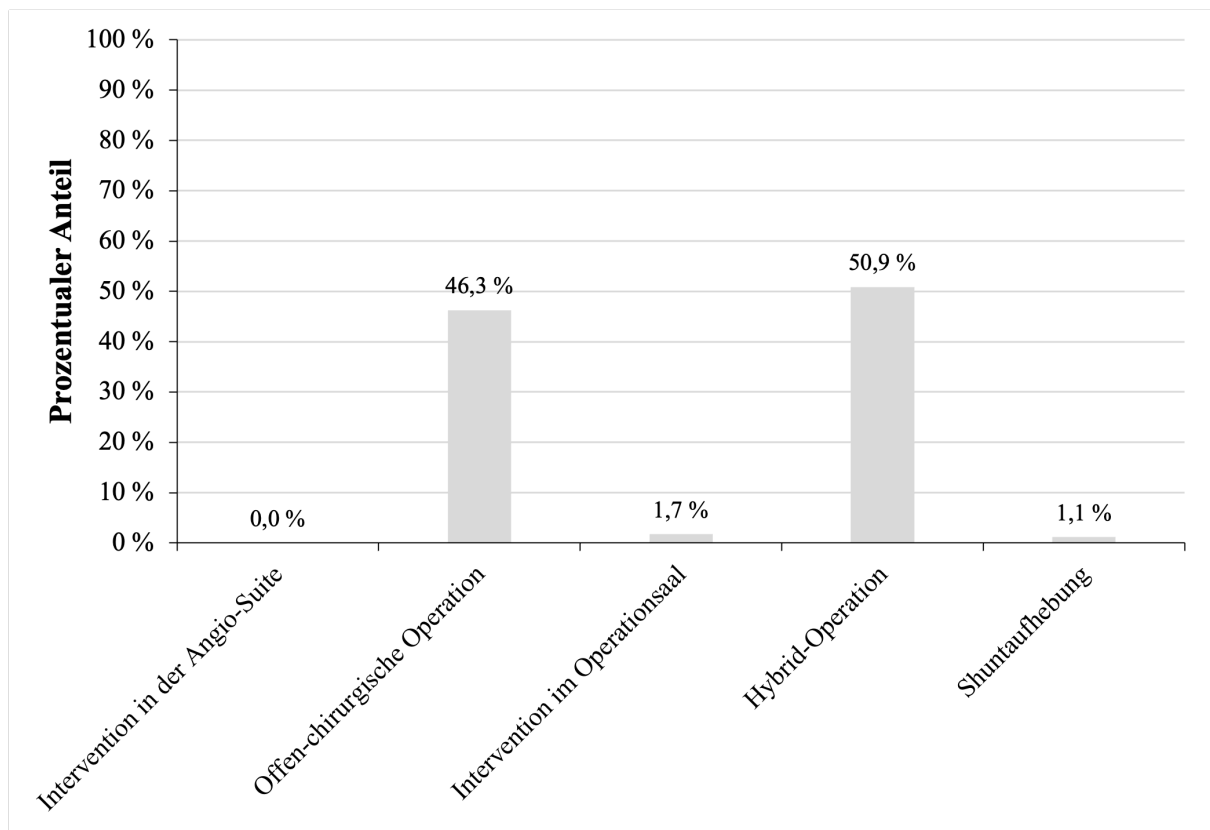


Abbildung 41 Art des Revisionseingriffes im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)

Die Werte der einzelnen Jahre zeigten einen Rückgang der offen-chirurgischen Operation und eine Zunahme von Hybrid-Operation. Im Jahr 2019 fanden beide Arten des Revisionseingriffes gleich häufig statt (48 % vs. 48 %). Das Jahr 2020 stellte eine Ausnahme dar, in dem mehr als doppelt so viele offen-chirurgische Operationen stattfanden wie Hybrid-Operationen (67 % vs. 30 %). Zwischen 2021 und 2024 kehrte dieses Verhältnis um und es wurden in jedem Jahr mehr

Hybrid-Operationen durchgeführt als offen-chirurgische Operationen. Im Jahr 2024 gab es annähernd doppelt so viele Hybrid-Operationen wie offen-chirurgische Operationen (64 % vs. 36 %) (Abbildung 42, Tabelle 32).

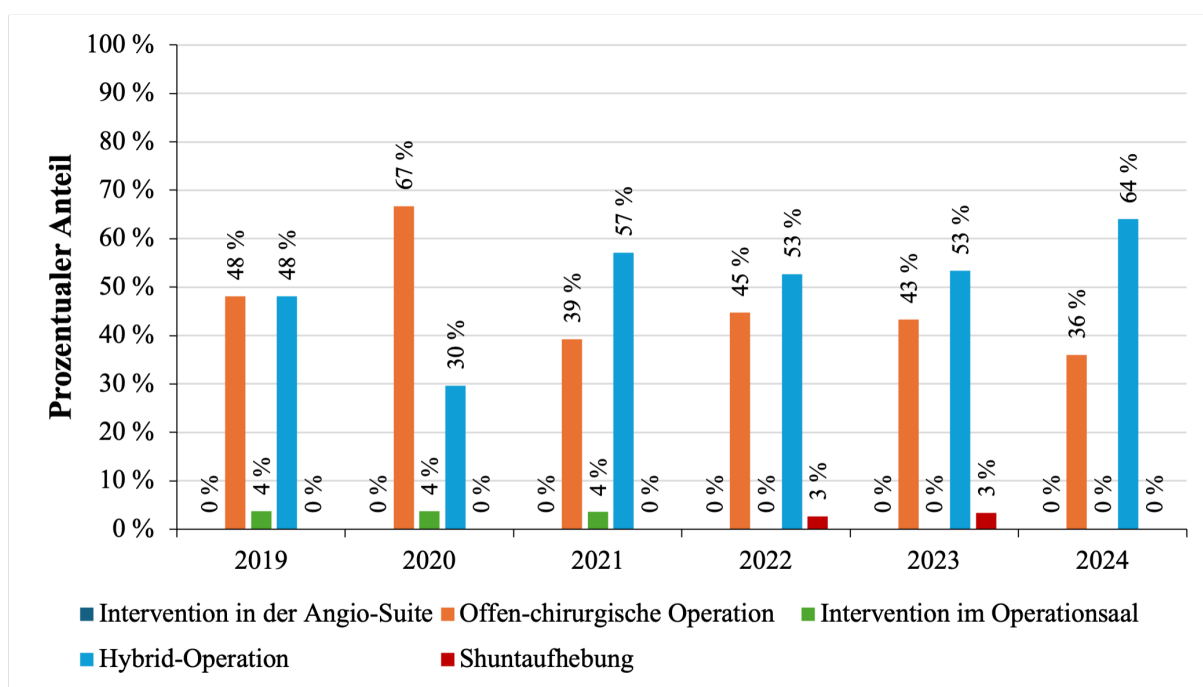


Abbildung 42 Jährliche Verteilung der Arten des Revisionseingriffes im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)

Tabelle 32 Übersicht der Arten des Revisionseingriffes im Rahmen des Shuntverschlusses (n = 175)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Intervention in der Angio-Suite	0	0	0	0	0	0	0 (0,0 %)
Offen-chirurgische Operation	13	18	11	17	13	9	81 (46,3 %)
Intervention im Operationssaal	1	1	1	0	0	0	3 (1,7 %)
Hybrid-Operation	13	8	16	20	16	16	89 (50,9 %)
Shuntaufhebung	0	0	0	1	1	0	2 (1,1 %)

3.4.2 Intraoperative Kontrolle in der gefäßchirurgischen Fachabteilung

93 der 175 Shuntverschlüsse (53,1 %) wurden intraoperativ kombiniert kontrolliert und stellte im Untersuchungszeitraum die häufigste Art der intraoperativen Kontrolle dar. Danach folgten in absteigender Reihenfolge 38 sonographische Kontrollen (21,7 %), 31 angiographische

Kontrollen (17,7 %) und 13 nicht-apparativ kontrollierte Shuntrevisionen (7,4 %) (Abbildung 43, Tabelle 33).

Im jährlichen Verlauf war hier wie bei allen 599 Shuntrevisionen der deutliche Rückgang der angiographischen Kontrollen und der nicht-apparativ kontrollierten Shuntrevisionen zu verzeichnen. Von 2019 bis 2024 sank der prozentuale Anteil der angiographischen Kontrollen von einem Höchstwert von 52 % im Jahr 2019 auf 0 % im Jahr 2024 ab. Nicht-apparativ kontrollierte Shuntrevisionen waren primär in den Jahren 2019 und 2020 zu verzeichnen, während sie zwischen 2021 und 2024 in lediglich zwei Fällen beobachtet wurden. Im Jahr 2019 betrug der gemeinsame Anteil der nicht-apparativen und angiographischen Kontrollen 71 % und im Jahr 2024 0 %.

Obwohl die sonographischen Kontrollen im jährlichen Verlauf Schwankungen unterlagen, war im Sechs-Jahres-Zeitraum ein aufsteigender Trend von 4 % im Jahr 2019 auf 32 % im Jahr 2024 zu verzeichnen. Die Ausnahme stellte das Jahr 2020 dar, in dem die sonographische Kontrolle mit 33 % die häufigste Art der intraoperativen Kontrolle darstellte. Von 2020 bis 2021 gab es zudem einen deutlichen Anstieg der kombinierten Kontrollen von 15 % auf 79 %. Danach lag dieser zwischen 2021 und 2024 in jedem Jahr über 50 % (2021: 79 %, 2022: 58 %, 2023: 70 % und 2024: 68 %). Während im Jahr 2019 bei 30 % der Shuntrevisionen eine sonographische oder kombinierte Kontrolle durchgeführt wurden, wurden im Jahr 2024 alle Shuntrevisionen auf eine dieser beiden Arten kontrolliert (Abbildung 44, Tabelle 33).

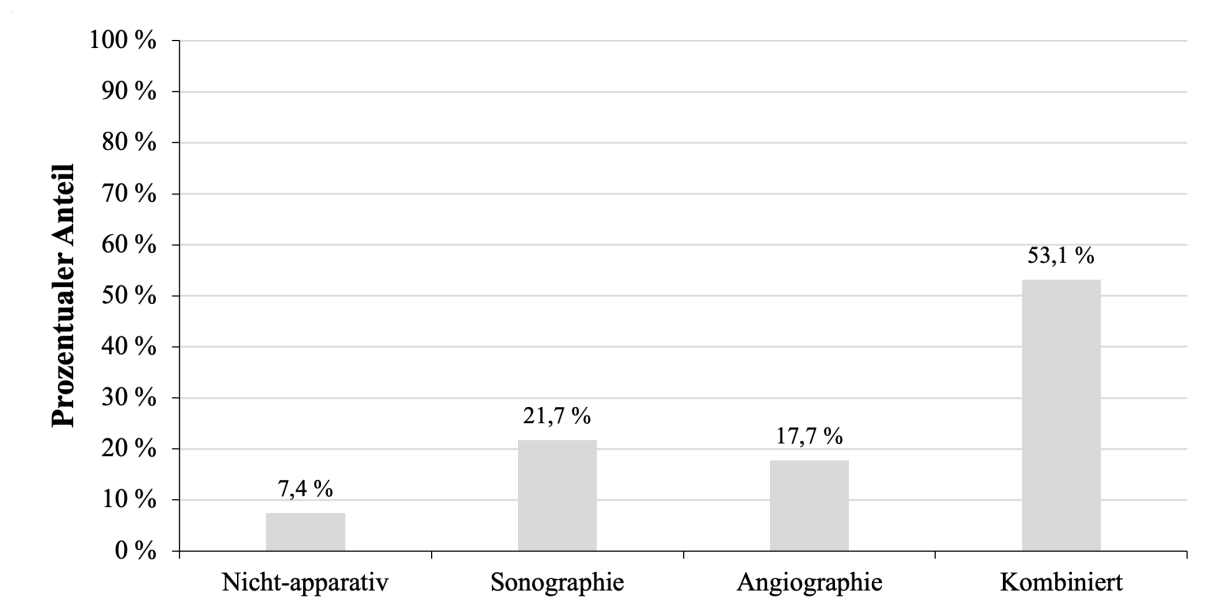


Abbildung 43 Intraoperative Kontrolle im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)

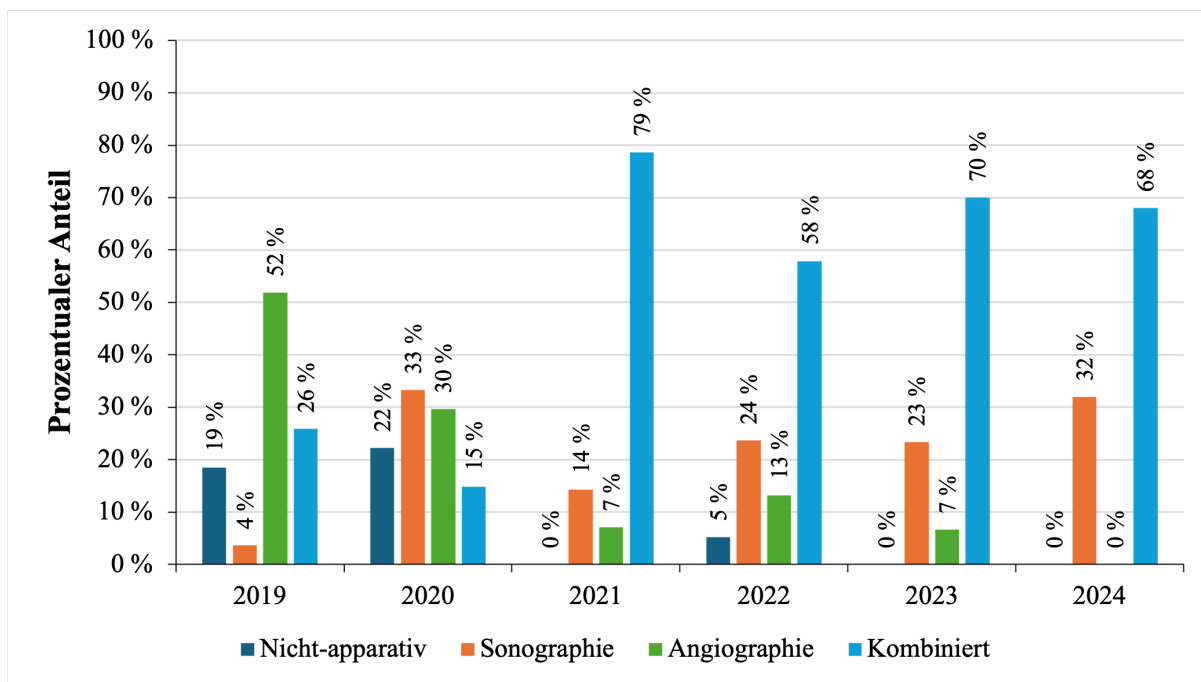


Abbildung 44 Jährliche Verteilung der intraoperativen Kontrollen im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)

Tabelle 33 Übersicht der intraoperativen Kontrollen im Rahmen des Shuntverschlusses in der gefäßchirurgischen Fachabteilung (n = 175)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Nicht-apparativ	5	6	0	2	0	0	13 (7,4 %)
Sonographie	1	9	4	9	7	8	38 (21,7 %)
Angiographie	14	8	2	5	2	0	31 (17,7 %)
Kombiniert	7	4	22	22	21	17	93 (53,1 %)

3.4.3 Periprozeduraler Dialysekatheter

Rund die Hälfte der Shuntverschlüsse (50,9 %) wurde im Untersuchungszeitraum ohne periprozedurale CVCs revidiert. In jeweils 28,0 % und 21,1 % der Fälle lag ein Shaldon-beziehungsweise ein Demers-Katheter vor (Abbildung 45, Tabelle 34).

Im jährlichen Verlauf von 2019 bis 2024 ließ sich insgesamt eine steigende Tendenz hinsichtlich der periprozeduralen CVC-Freiheit beobachten, mit Ausnahmen in den Jahren 2021 und 2023, in denen der prozentuale Anteil im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr abnahm. Im Jahr 2024 lag der Anteil der periprozeduralen CVC-Freiheit mit 72 % annähernd doppelt so hoch wie im Jahr 2019 (37 %).

Entsprechend der Zunahme der CVC-Freiheit waren die prozentualen Anteile der periprozeduralen Shaldon- und Demers-Katheter insgesamt rückläufig. So nahm der Anteil der Shaldon-Katheter von 37 % (2019) auf 16 % (2024) ab, während der Anteil der Demers-

Katheter von 26 % (2019) auf 12 % (2024) zurückging. In den Jahren 2021 und 2023 gab es analog zur Abnahme der CVC-Freiheit einen Anstieg im Vergleich zum jeweiligen Vorjahr. Im Jahr 2019 lag das Verhältnis zwischen CVC-Freiheit und CVC-Notwendigkeit bei rund 1 : 2, im Jahr 2022 lag dieses Verhältnis umgekehrt bei annähernd 2 : 1 und im Jahr 2024 bei annähernd 3 : 1 (Abbildung 46, Tabelle 34).

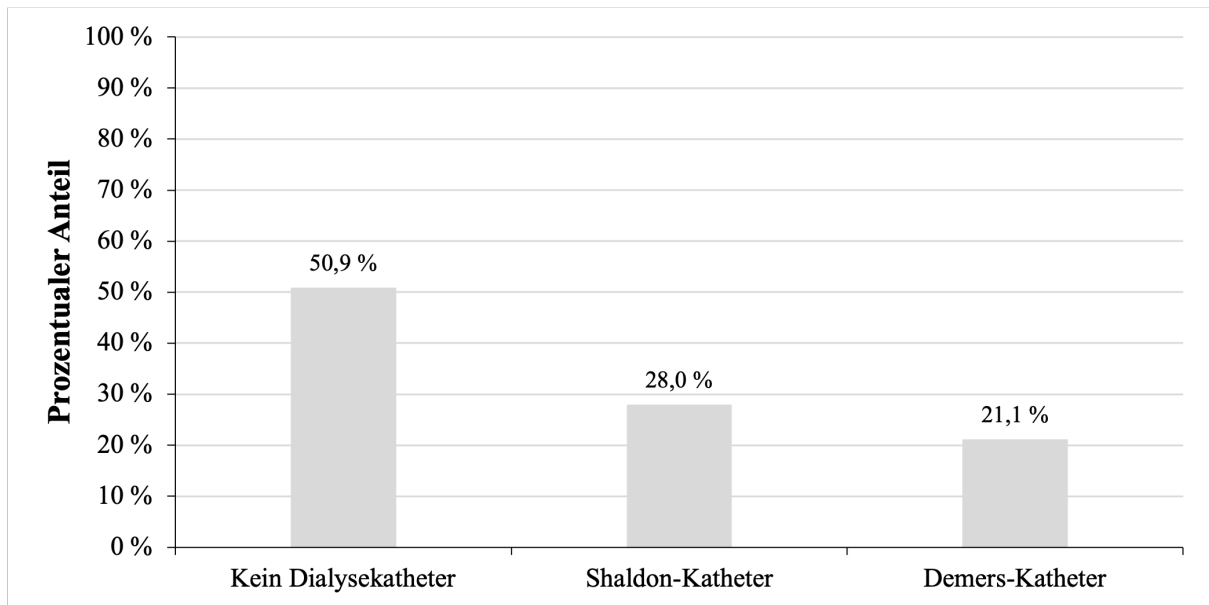


Abbildung 45 Periprozeduraler Dialysekatheter im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)

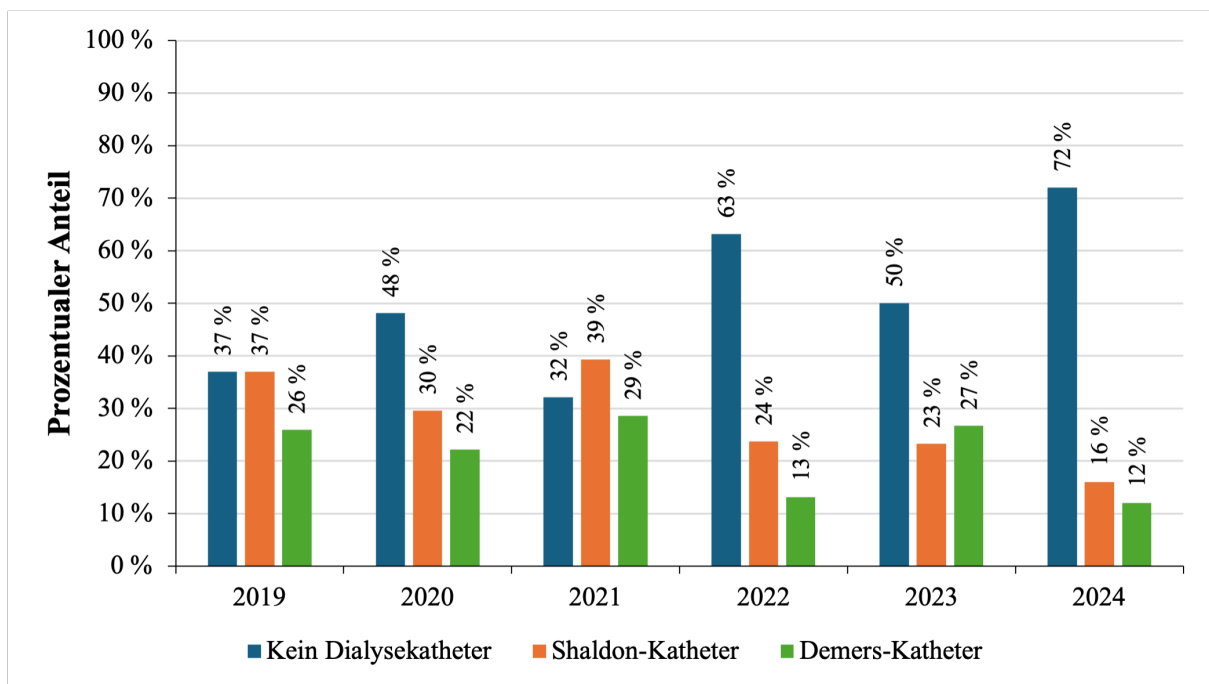


Abbildung 46 Jährliche Verteilung der periprozeduralen Dialysekatheter im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)

Tabelle 34 Übersicht der periprozeduralen Dialysekatheter im Rahmen des Shuntverschlusses (n = 175)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Kein Dialysekatheter	10	13	9	24	15	18	89 (50,9 %)
Shaldon-Katheter	10	8	11	9	7	4	49 (28,0 %)
Demers-Katheter	7	6	8	5	8	3	37 (21,1 %)

3.4.4 Postprozedurale Punktabilität

Zwei von 175 Shuntverschlüssen führten zu einer Shuntaufhebung, nach welcher kein Dialyseshunt mehr vorhanden war. Von den verbliebenen 173 Shuntverschlüssen waren in 124 Fällen (71,7 %) der Dialyseshunt nach der Shuntrevision punktabel. In 49 Fällen (28,3 %) war keine postprozedurale Punktabilität nach der Shuntrevision gegeben (Abbildung 47, Tabelle 35).

Von 2019 bis 2023 war insgesamt ein abnehmender Trend der postprozeduralen Punktabilität der Dialyseshunts zu beobachten. So sank der prozentuale Anteil von 74 % im Jahr 2019 auf 62 % im Jahr 2023. Analog dazu stieg der Anteil der nicht punktablen Dialyseshunts von 26 % im Jahr 2019 auf 38 % im Jahr 2023 an. Von 2023 auf 2024 gab es einen deutlichen Anstieg in der postprozeduralen Punktabilität und der Anteil erreichte einen Höchstwert von 88 %, während der Anteil der nicht punktablen Dialyseshunts auf den niedrigsten Wert von 12 % abfiel (Abbildung 48, Tabelle 35).

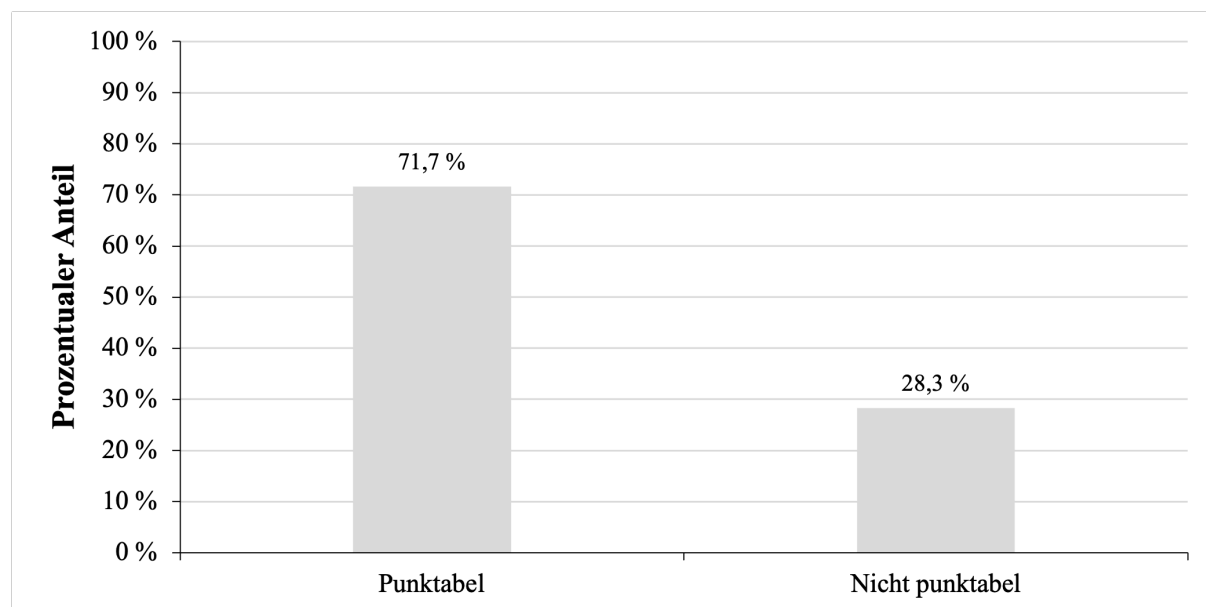


Abbildung 47 Postprozedurale Punktabilität im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 173)

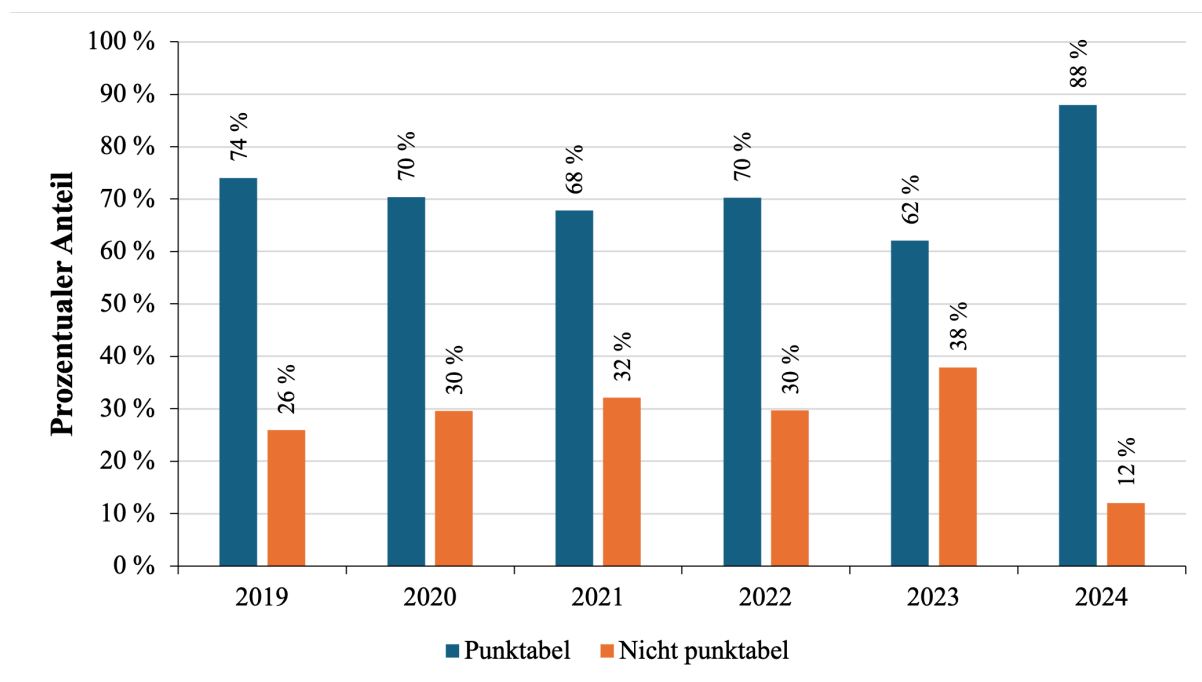


Abbildung 48 Jährlicher Verlauf der postprozeduralen Punktabilität im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 173)

Tabelle 35 Übersicht der postprozeduralen Punktabilität im Rahmen des Shuntverschlusses (n = 173)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Punktabel	20	19	19	26	18	22	124 (71,7 %)
Nicht punktabel	7	8	9	11	11	3	49 (28,3 %)

3.4.5 Zeitintervall bis Revisionsbeginn

Bei Shuntverschlüssen eines funktionstüchtigen Dialyseshunt wurden die Stunden zwischen Registrierung in der Notfallaufnahme des UKRs und Beginn der Shuntrevision erfasst. Bei bereits stationären Patienten wurden die Stunden zwischen Diagnosestellung und Beginn der Shuntrevision erfasst.

In Abbildung 49 wird dieses Zeitintervall mittels Boxplot für die Jahre 2019 bis 2024 dargestellt. Im Untersuchungszeitraum lag dieses Zeitintervall im Median bei sieben Stunden (IQR 4,0–20,0). Von 2019 bis 2022 war eine kontinuierliche Abnahme des jährlichen Medians von 16,0 (IQR 3,5–24,5) im Jahr 2019 auf 5,5 (IQR 3,0–11,2) im Jahr 2022 zu verzeichnen. Der Median betrug im Jahr 2022 lediglich ein Drittel des Wertes im Jahr 2019. Im Jahr 2023 stieg der Median auf 16,0 (IQR 4,0–22,5) an, gefolgt von einer erneuten Abnahme im Jahr 2024 auf 7,0 (IQR 4,0–14,8). Zusammenfassend war insgesamt mit Ausnahme vom Jahr 2023 ein abnehmender Trend hinsichtlich des Medians zu beobachten.

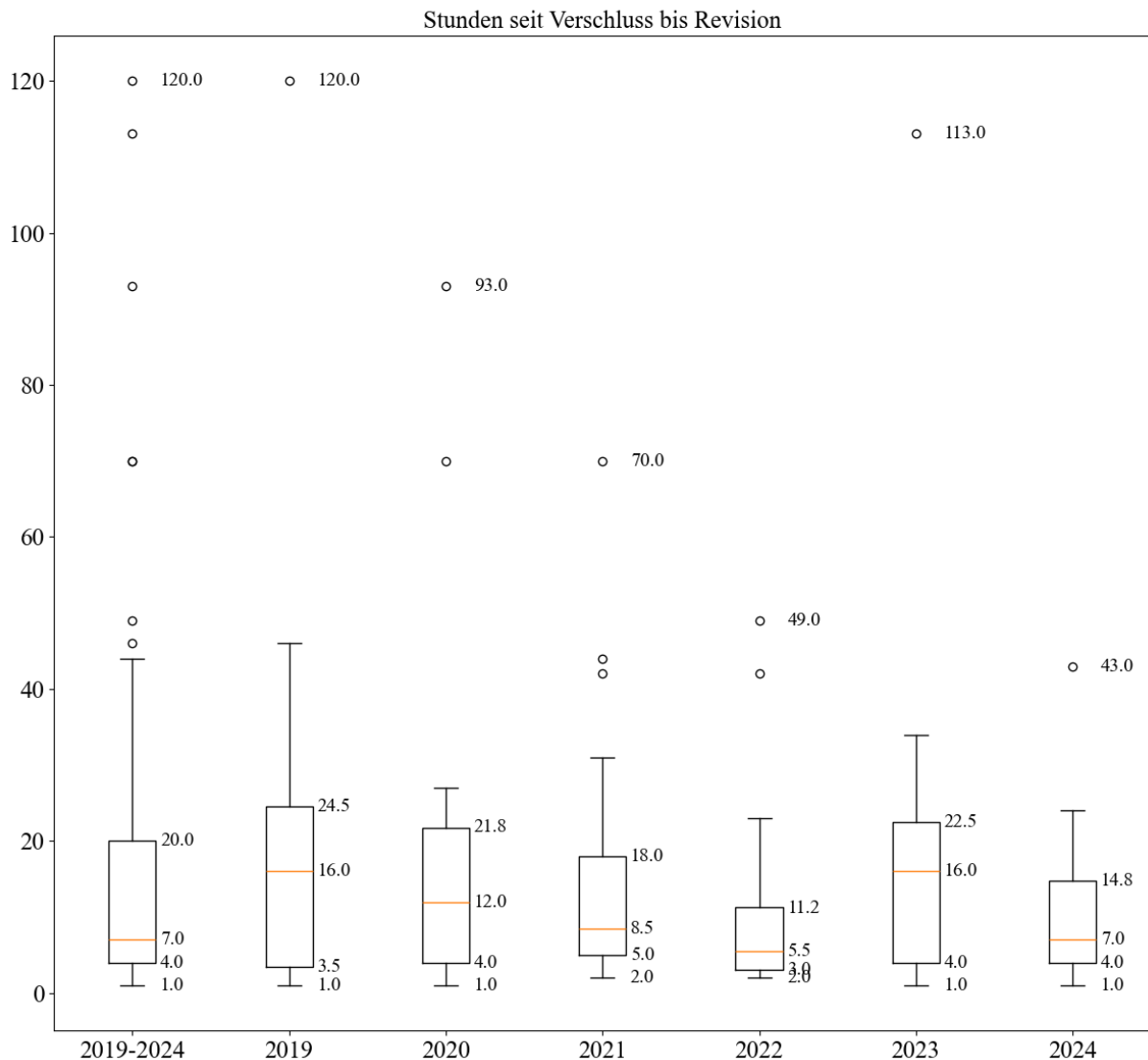


Abbildung 49 Zeitintervall bis Revisionsbeginn im Rahmen des Shuntverschlusses (Boxplot)

3.4.6 Erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen und einem Jahr

Nach 54 von 175 Shuntverschlüssen (30,9 %) wurde innerhalb von 14 Tagen unabhängig von der Ursache erneut revidiert. Deutlich über dem Mittelwert von 30,9 % war der prozentuale Anteil der Jahre 2019 (44 %) und 2021 (46 %). Im Jahr 2022 wurde der geringste Anteil der Shuntverschlüsse nach initialer Shuntrevision (18 %) erneut innerhalb von 14 Tagen revidiert. In der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes von 2022 bis 2024 war der prozentuale Anteil einer erneuten Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen insgesamt geringer als in der ersten Hälfte von 2019 bis 2021.

25 von 175 Shuntverschlüssen (14,3 %) waren Rezidivverschlüsse innerhalb von 14 Tagen nach einem vorausgegangenen initialen Shuntverschluss. Der prozentuale Anteil dieser erneuten Rezidivverschlüsse lag im jährlichen Verlauf zwischen 4 % und 21 %, wobei sich ein zeitlicher Trend nicht beobachten ließ.

Nach der initialen Shuntrevision von 109 der 175 Shuntverschlüsse (62,3 %) war innerhalb eines Jahres eine erneute Revision unabhängig von der Ursache notwendig. Im jährlichen Verlauf zeigten sich deutlich höhere prozentuale Anteile in der ersten Hälfte des Untersuchungszeitraumes (2019: 70 %, 2020: 81 % und 2021: 89 %) als in der zweiten Hälfte des Untersuchungszeitraumes (2022: 42 %, 2023: 47 % und 2024: 52 %).

33 von 175 Shuntverschlüssen (18,9 %) waren Rezidivverschlüsse innerhalb eines Jahres nach vorausgegangener Shuntrevision eines initialen Shuntverschlusses. Im jährlichen Verlauf lagen die prozentualen Anteile zwischen 11 % und 30 % und eine eindeutige, zeitliche Entwicklung war hierbei nicht zu erkennen (Abbildung 50, Abbildung 51, Tabelle 36, Tabelle 37).

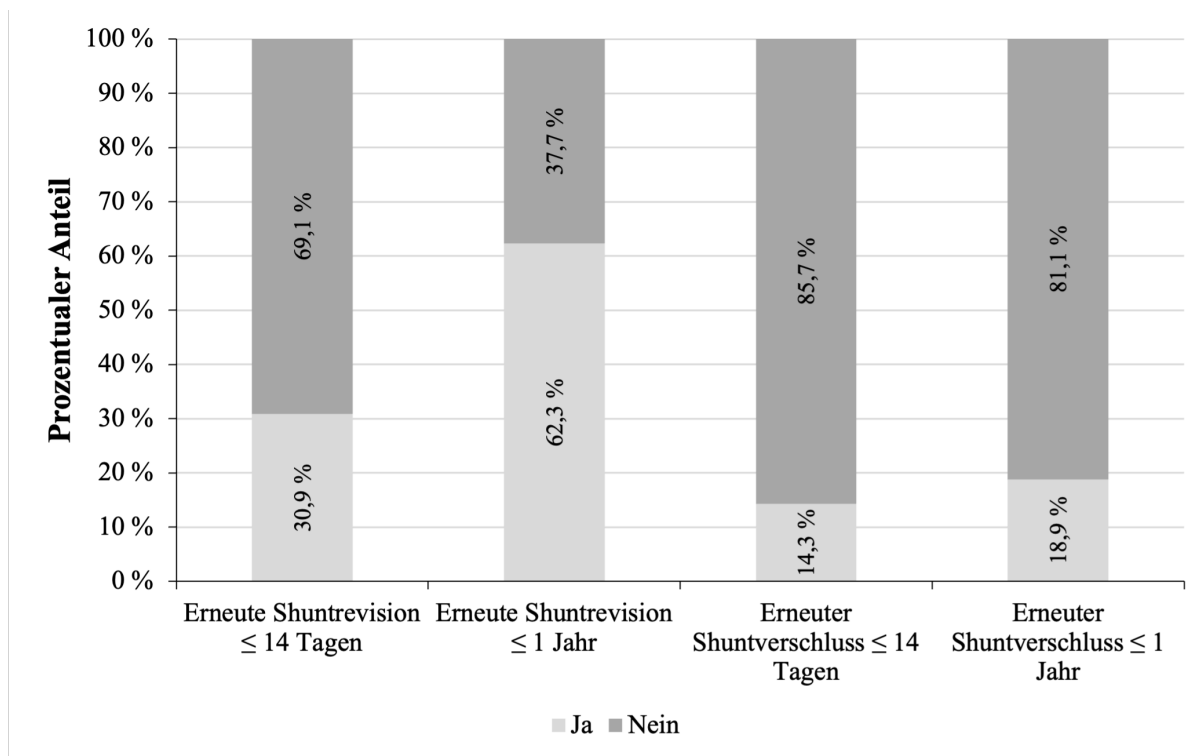


Abbildung 50 Erneute Shuntrevision und erneuter Shuntverschluss innerhalb von 14 Tagen beziehungsweise einem Jahr nach vorausgegangenem Shuntverschluss (n = 175)

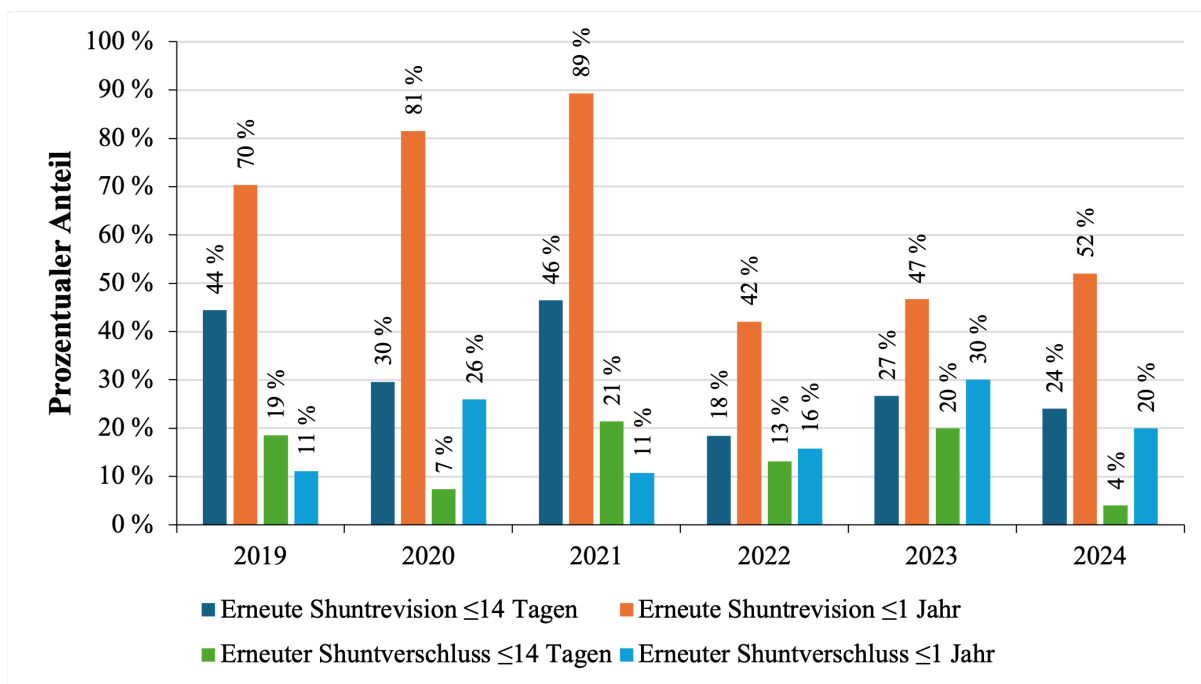


Abbildung 51 Jährliche Verteilung der erneuten Shuntrevisionen und der erneuten Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen beziehungsweise einem Jahr nach vorausgegangenem Shuntverschluss (n = 175)

Tabelle 36 Übersicht der erneuten Shuntrevisionen und der erneuten Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen (n = 175)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Erneute Revision	12	8	13	7	8	6	54 (30,9 %)
Erneuter Verschluss	5	2	6	5	6	1	25 (14,3 %)

Tabelle 37 Übersicht der erneuten Shuntrevisionen und der erneuten Shuntverschlüsse innerhalb von einem Jahr (n = 175)

	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2019–2024 (%)
Erneute Revision	19	22	25	16	14	13	109 (62,3 %)
Erneuter Verschluss	3	7	3	6	9	5	33 (18,9 %)

3.5 Vergleich der Shunt-Erstanlagen zwischen Patienten mit präterminaler Niereninsuffizienz und terminaler Niereninsuffizienz

3.5.1 Gruppenvergleich

Für den ersten Gruppenvergleich wurden die 194 Shunt-Erstanlagen anhand des Stadiums der NI in zwei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe umfasste 106 Patienten mit präterminaler NI zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage und die zweite Gruppe 88 Patienten mit terminaler NI. Mittels univariater Analysen wurden basisdemographischen Parameter, Risikofaktoren, Vormedikationen, fehlende Entwicklung, Shuntmaterial, Shuntlokalisation, Shuntfluss nach vier bis acht Wochen, Revisionsursachen und erneute Revision innerhalb von 14 Tagen

zwischen den beiden Gruppen verglichen. Zudem wurden die primäre Offenheitsrate, die primär-assistierte Offenheitsrate und die sekundäre Offenheitsrate analysiert.

3.5.1.1 Basisdemographische Parameter und Risikofaktoren

Die Gruppe mit terminaler NI war im Mittel jünger als die Gruppe mit präterminaler NI (57,2 vs. 65,7, $p = 0,000$) und Frauen waren signifikant häufiger in dieser Gruppe vertreten (43,2 % vs. 26,4 %, $p = 0,016$). Hinsichtlich der Risikofaktoren und Vormedikationen hatte die Gruppe mit terminaler NI signifikant seltener Hyperlipidämie (42,0 % vs. 64,2 %, $p = 0,002$) und Statine (37,5 % vs. 59,4 %, $p = 0,003$) in der Voranamnese im Vergleich zur Gruppe mit präterminaler NI (Tabelle 38).

Tabelle 38 Vergleich der basisdemographischen Parameter, Risikofaktoren und Vormedikationen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)	p- Wert
Alter bei Shuntanlage	61,9 (26,8–82,0)	65,7 (32,6–82,8)	57,2 (25,2–80,8)	0,000
Weibliches Geschlecht	66 (34,0 %)	28 (26,4 %)	38 (43,2 %)	0,016
Arterielle Hypertonie	178 (91,8 %)	99 (93,4 %)	79 (89,8 %)	0,436
Diabetes mellitus Typ I	5 (2,6 %)	1 (0,9 %)	4 (4,5 %)	0,178
Diabetes mellitus Typ II	77 (39,7 %)	47 (44,3 %)	30 (34,1 %)	0,185
Hyperlipidämie	105 (54,1 %)	68 (64,2 %)	37 (42,0 %)	0,002
Statin	96 (49,5 %)	63 (59,4 %)	33 (37,5 %)	0,003
TAH	83 (42,8 %)	49 (46,2 %)	34 (38,6 %)	0,310
OAK	35 (18,0 %)	18 (17,0 %)	17 (19,3 %)	0,710

3.5.1.2 Shuntmaterial

Das verwendete Shuntmaterial unterschied sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,190$) (Tabelle 39).

Tabelle 39 Vergleich der Shuntmaterialien zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)	p- Wert
Vene	184 (94,8 %)	103 (97,2 %)	81 (92,0 %)	0,190
Alloplastisch	10 (5,2 %)	3 (2,8 %)	7 (8,0 %)	

3.5.1.3 Shuntlokalisation der AVF-Anlagen

Von den 184 AVF-Anlagen wurden Unterarm-AVFs tendenziell häufiger in der Gruppe mit präterminaler NI angelegt und Oberarm-AVFs häufiger in der Gruppe mit terminaler NI, jedoch war der Zusammenhang nicht signifikant ($p=0,133$) (Tabelle 40).

Tabelle 40 Vergleich der Lokalisationen der AVF-Anlagen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Präterminale NI (n = 103)	Terminale NI (n = 81)	p- Wert
Unterarm-AVF	134 (72,8 %)	80 (77,7 %)	54 (66,7 %)	0,133
Oberarm-AVF	50 (27,2 %)	23 (22,3 %)	27 (33,3 %)	

3.5.1.4 Postoperativer Shuntfluss nach vier bis acht Wochen

Rund 60 % der Patienten erhielten in beiden Gruppen nach vier bis acht Wochen eine erneute Flussmessung. Der mittlere Shuntfluss von allen gemessenen Dialyseshunts betrug 979 ml/min (95 %-KI 398–2176).

In der Gruppe mit präterminaler NI war der Shuntfluss nach vier bis acht Wochen im Mittel 241 ml/min höher als in der Gruppe mit terminaler NI und dieser Unterschied war statistisch signifikant (1085 ml/min vs. 844 ml/min, $p = 0,000$). Flussmessungen, bei denen ein Shuntverschluss diagnostiziert wurde, wurden nicht mitberücksichtigt (Tabelle 41).

Tabelle 41 Vergleich der postoperativen Shuntflüsse nach vier bis acht Wochen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)	p- Wert
Anzahl Flussmessungen	116 (59,8 %)	64 (60,4 %)	52 (59,1 %)	0,884
Mittlerer Shuntfluss [in ml/min]	979 (398–2176)	1085 (556–2214)	844 (377–1910)	0,000

3.5.1.5 Fehlende Entwicklung

Eine fehlende Entwicklung nach Shunt-Erstanlage trat in beiden Subgruppen prozentual annähernd gleich häufig auf (11,3 % vs. 11,4 %, $p = 1,000$) (Tabelle 42).

Tabelle 42 Vergleich der fehlenden Entwicklungen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)	p- Wert
Fehlende Entwicklung	22 (11,3 %)	12 (11,3 %)	10 (11,4 %)	1,000

3.5.1.6 Revisionsursache

76 von 194 Patienten (39,2 %) hatten im Untersuchungszeitraum nach der Shunt-Erstanlage mindestens eine Shuntrevision am UKR. Einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen gab es hierbei nicht (38,7 % vs. 39,8 %, $p = 0,884$) (Tabelle 43). In der Gruppe mit präterminaler NI gab es im Mittel 0,62 Revisionen pro Patient und in der Gruppe mit terminaler NI 0,8 Revisionen pro Patient.

Tabelle 43 Vergleich des Patientenanteils mit mindestens einer Shuntrevision am UKR zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)	p- Wert
Anzahl Patienten	76 (39,2 %)	41 (38,7 %)	35 (39,8 %)	0,884

Insgesamt 136 Shuntrevisionen wurden im Untersuchungszeitraum durchgeführt, 66 Shuntrevisionen in der Gruppe mit präterminaler NI und 70 Shuntrevisionen in der Gruppe mit terminaler NI. Die beiden häufigsten Revisionsursachen nach Shunt-Erstanlage am UKR waren Shundysfunktion (50,0 %) und Shuntverschluss (33,8 %). Alle anderen erfassten Revisionsursachen lagen im einstelligen Prozentbereich.

Die zentralvenöse Stenose wurde signifikant häufiger in der Gruppe mit terminaler NI beobachtet (8,6 % vs. 0,0 %, $p = 0,028$). Die Shundysfunktion trat in der Gruppe mit terminaler NI seltener auf als in der Gruppe mit präterminaler NI, jedoch ist der Unterschied nicht signifikant (41,4 % vs. 59,1 %, $p = 0,059$). Für alle weiteren erfassten Ursachen wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen nachgewiesen (Tabelle 44).

Tabelle 44 Vergleich der Revisionsursachen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz

	Alle Shuntrevisionen (n = 136)	Präterminale NI (n = 66)	Terminale NI (n = 70)	p- Wert
Shunt dysfunktion	68 (50,0 %)	39 (59,1 %)	29 (41,4 %)	0,059
Zentralvenöse Stenose	6 (4,4 %)	0 (0,0 %)	6 (8,6 %)	0,028
Shuntverschluss	46 (33,8 %)	23 (34,8 %)	23 (32,9 %)	0,857
Postoperative Nachblutung	4 (2,9 %)	1 (1,5 %)	3 (4,3 %)	0,620
Steal-Syndrom	7 (5,1 %)	2 (3,0 %)	5 (7,1 %)	0,442
Shuntinfektion/ Blutung	4 (2,9 %)	1 (1,5 %)	3 (4,3 %)	0,620
Erfolgreiche Nieren- transplantation	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1,000
Kardiale Beeinträchtigung	1 (0,7 %)	0 (0,0 %)	1 (1,4 %)	1,000

3.5.1.7 Erste Shuntrevision und erster Shuntverschluss innerhalb von 14 Tagen

Acht von 194 Patienten (4,1 %) erhielten die erste Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen nach der Shunt-Erstanlage, von denen vier Patienten einen Shuntverschluss hatten. Zwischen den beiden Gruppen gab es keine signifikanten Unterschiede (Tabelle 45).

Tabelle 45 Vergleich der ersten Shuntrevisionen und der ersten Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen nach Shunt-Erstanlage zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)	p- Wert
Erste Revision	8 (4,1 %)	4 (3,8 %)	4 (4,5 %)	1,000
Erster Verschluss	4 (2,1 %)	2 (1,9 %)	2 (2,3 %)	1,000

3.5.2 Offenheit

Im Folgenden wurden Kaplan-Meier-Analysen für die primäre Offenheitsrate und die primär-assistierte Offenheitsrate durchgeführt und mittels Log-Rank-Test verglichen. Aufgrund der sehr niedrigen Ereignisraten wurde für die sekundäre Offenheitsrate keine Kaplan-Meier-

Analyse durchgeführt und die sekundäre Offenheitsraten mittels Fisher-Exakt-Test miteinander verglichen. Eine Zensurierung des Patienten erfolgt bei Nichteintreten eines Events am Ende des Untersuchungszeitraumes am 31.12.2024.

Die primäre Offenheitsrate der 194 Shunt-Erstanlagen betrug 69 % nach einem Jahr und 61 % nach zwei Jahren. Die primäre Offenheitsrate in der Gruppe mit präterminaler NI betrug 72 % nach einem Jahr und 60 % nach zwei Jahren. In der Gruppe mit terminaler NI lag die primäre Offenheitsrate bei 66 % nach einem Jahr und 62 % nach zwei Jahren. Der Log-Rank-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,75$) (Abbildung 52, Tabelle 46).

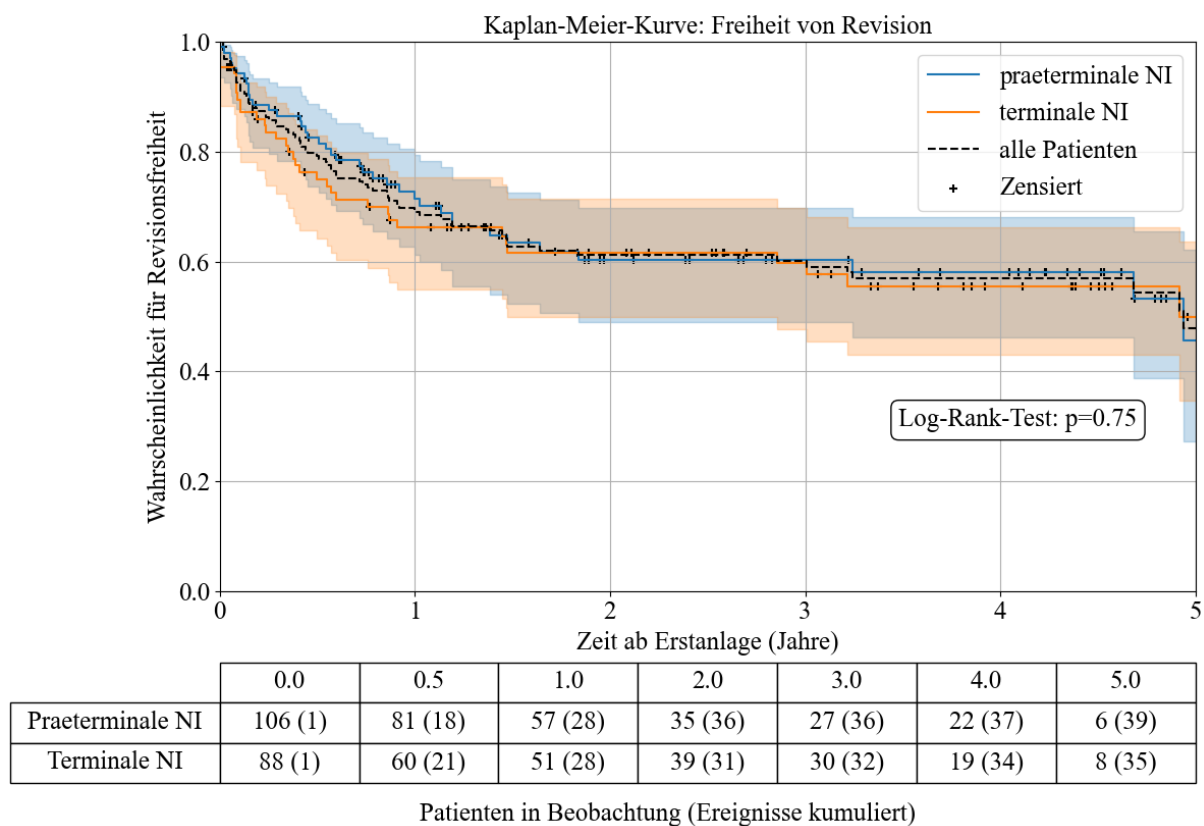


Abbildung 52 Kaplan-Meier-Analyse der primären Offenheitsrate von prä- und terminaler Niereninsuffizienz

Tabelle 46 Primäre Offenheitsraten von prä- und terminaler Niereninsuffizienz nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)
6 Monate	79 %	83 %	75 %
1 Jahr	69 %	72 %	66 %
2 Jahre	61 %	60 %	62 %

Die primär-assistierten Offenheitsraten betrug sowohl für alle 194 Shunt-Erstanlagen als auch in beiden Gruppen 87 % nach einem Jahr und 80 % nach zwei Jahren. Der Log-Rank-Test zeigte keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen ($p = 0,96$) (Abbildung 53, Tabelle 47).

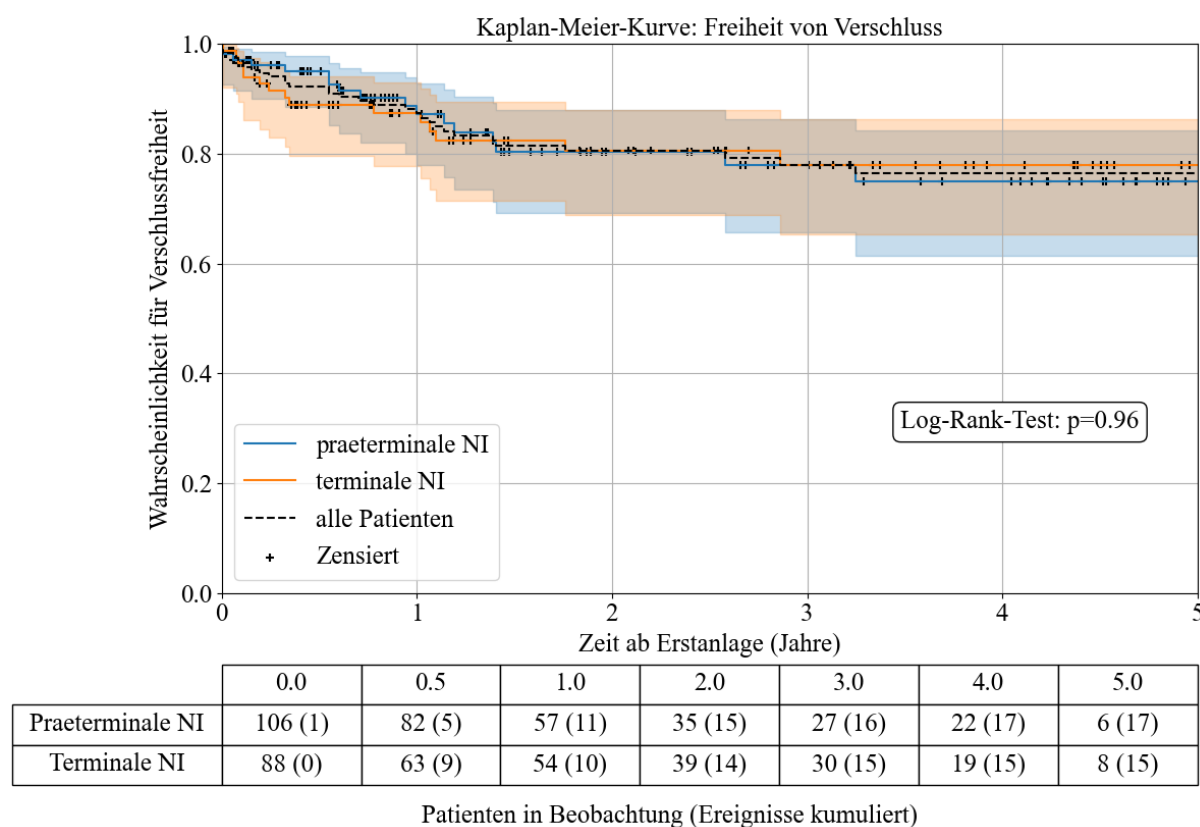


Abbildung 53 Kaplan-Meier-Analyse der primär-assistierten Offenheitsrate von prä- und terminaler Niereninsuffizienz

Tabelle 47 Primär-assistierte Offenheitsraten von prä- und terminaler Niereninsuffizienz nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)
6 Monate	92 %	95 %	89 %
1 Jahr	87 %	87 %	87 %
2 Jahre	80 %	80 %	80 %

Die sekundäre Offenheitsrate der 194 Shunt-Erstanlagen lag bei 96 % nach einem Jahr und bei 93 % nach zwei Jahren. Die sekundäre Offenheitsrate in der Gruppe mit präterminaler NI betrug 95 % nach einem Jahr und 94 % nach zwei Jahren. In der Gruppe mit terminaler NI betrug diese 97 % nach einem Jahr und 91 % nach zwei Jahren. Der Fisher-Exakt-Test zeigte keine signifikanten Unterschiede der sekundären Offenheitsraten. 25 Patienten verstarben im

Untersuchungszeitraum und es gab keine Shuntaufgabe und keine Aufgabe der ipsilateralen Extremität (Tabelle 48).

Tabelle 48 Sekundäre Offenheitsraten von prä- und terminaler Niereninsuffizienz nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren

	Alle Erstanlagen (n = 194)	Präterminale NI (n = 106)	Terminale NI (n = 88)	p-Wert
6 Monate	96 %	95 %	98 %	0,459
1 Jahr	96 %	95 %	97 %	0,731
2 Jahre	93 %	94 %	91 %	0,411

3.6 Vergleich der Shunt-Erstanlagen zwischen Patienten mit Oberarm-AVFs und Unterarm-AVFs

3.6.1 Gruppenvergleich

Im zweiten Gruppenvergleich wurden die Patienten in Abhängigkeit von der Shuntlokalisation in zwei Gruppen eingeteilt. Die nativen distalen und proximalen Unterarm-Shunts bildeten die erste Gruppe der Unterarm-AVFs (n = 134). Die weiter proximal gelegenen nativen Cubital- und Basilika-Shunts bildeten die zweite Gruppe der Oberarm-AVFs (n = 50).

3.6.1.1 Basisdemographische Parameter und Risikofaktoren

Zwischen den beiden Gruppen zeigten sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich Alter, Geschlecht, Risikofaktoren und Vormedikationen (Tabelle 49).

Tabelle 49 Vergleich der basisdemographischen Parameter, Risikofaktoren und Vormedikationen zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)	p-Wert
Alter bei Shuntanlage	62,3 (26,6–82,0)	62,1 (26,3–82,0)	62,6 (40,5–77,8)	0,642
Weibliches Geschlecht	62 (33,7 %)	42 (31,3 %)	20 (40,0 %)	0,295
Arterielle Hypertonie	168 (91,3 %)	122 (91,0 %)	46 (92,0 %)	1,000
Diabetes mellitus Typ I	3 (1,6 %)	1 (0,7 %)	2 (4,0 %)	0,180

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)	p- Wert
Diabetes mellitus Typ II	73 (39,7 %)	53 (39,6 %)	20 (40,0 %)	1,000
Hyperlipidämie	100 (54,3 %)	76 (56,7 %)	24 (48,0 %)	0,321
Statin	92 (50,0 %)	70 (52,2 %)	22 (44,0 %)	0,407
TAH	78 (42,4 %)	57 (42,5 %)	21 (42,0 %)	1,000
OAK	34 (18,5 %)	21 (15,7 %)	13 (26,0 %)	0,135

3.6.1.2 Postoperativer Shuntfluss nach vier bis acht Wochen

Von den 184 Patienten stellten sich 114 Patienten (62,0 %) vier bis acht Wochen nach AVF-Anlage erneut für eine sonographische Flussmessung vor. Der mittlere Shuntfluss lag bei 984 ml/min (95 %-KI 398–2184).

Patienten mit Oberarm-AVFs stellten sich in diesem Kollektiv signifikant häufiger zur sonographischen Nachkontrolle vor (74,0 % vs. 57,5 %, $p = 0,042$). Der Shuntfluss von Oberarm-AVFs lag im Mittel 78 ml/min über dem Shuntfluss der Unterarm-AVFs, jedoch war dieser Unterschied nicht signifikant (1037 ml/min vs. 959 ml/min, $p = 0,247$) (Tabelle 50).

Tabelle 50 Vergleich der postoperativen Shuntflüsse nach vier bis acht Wochen zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)	p- Wert
Anzahl Flussmessungen	114 (62,0 %)	77 (57,5 %)	37 (74,0 %)	0,042
Mittlerer Shuntfluss [in ml/min]	984 (398–2184)	959 (387–2150)	1037 (475–2038)	0,247

3.6.1.3 Fehlende Entwicklung

22 von 184 AVFs (12,0 %) entwickelten sich nicht adäquat. Dabei fielen 21 fehlende Entwicklungen auf Unterarm-AVFs, während eine Oberarm-AVF sich nicht entwickelte. Der Unterschied war statistisch signifikant (15,7 % vs. 2,0 %, $p = 0,010$) (Tabelle 51).

Tabelle 51 Vergleich der fehlenden Entwicklungen zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)	p- Wert
Fehlende Entwicklung	22 (12,0 %)	21 (15,7 %)	1 (2,0 %)	0,010

3.6.1.4 Revisionsursache

In beiden Gruppen war der prozentuale Anteil der Patienten mit mindestens einer Shuntrevision im Untersuchungszeitraum nach AVF-Anlage annähernd gleich (35,8 % vs. 36,0 %, $p = 1,000$) (Tabelle 52). In der Gruppe mit Unterarm-AVFs wurden im Mittel 0,66 Revisionen pro Patient verzeichnet, während es in der Gruppe mit Oberarm-AVFs 0,54 Revisionen pro Patient gab.

Tabelle 52 Vergleich des Patientenanteils mit mindestens einer Shuntrevision nach AVF-Anlage zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)	p- Wert
Anzahl Patienten	66 (35,9 %)	48 (35,8 %)	18 (36,0 %)	1,000

Im Untersuchungszeitraum fanden 115 Revisionen nach der AVF-Anlage statt. 66 Patienten (35,9 %) waren von mindestens einer Revision betroffen, während bei 118 Patienten (64,1 %) keine Revision durchgeführt wurde. 88 von 115 Revisionen (76,5 %) wurden an Unterarm-AVFs und 27 von 115 Revisionen (23,5 %) an Oberarm-AVFs durchgeführt.

In der Gruppe mit Unterarm-AVFs kam es signifikant häufiger zu einem Shuntverschluss als in der Gruppe mit Oberarm-AVFs (34,1 % vs. 3,7 %, $p = 0,001$). Allerdings traten Steal-Syndrome als Revisionsursache signifikant häufiger in der Gruppe mit Oberarm-AVFs auf (18,5 % vs. 2,3 %, $p = 0,008$). Bei den übrigen Revisionsursachen ließen sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen nachweisen. Insbesondere der prozentuale Anteil der Shunt Dysfunktion an der Gesamtzahl der durchgeführten Revisionen war in beiden Gruppen annähernd gleich (58,0 % vs. 55,6 %, $p = 0,828$) (Tabelle 53).

Tabelle 53 Vergleich der Revisionsursachen zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs

	Alle Shuntrevisionen (n = 115)	Unterarm-AVF (n = 88)	Oberarm-AVF (n = 27)	p- Wert
Shunt dysfunktion	66 (57,4 %)	51 (58,0 %)	15 (55,6 %)	0,828
Zentralvenöse Stenose	6 (5,2 %)	3 (3,4 %)	3 (11,1 %)	0,141
Shuntverschluss	31 (27,0 %)	30 (34,1 %)	1 (3,7 %)	0,001
Postoperative Nachblutung	3 (2,6 %)	1 (1,1 %)	2 (7,4 %)	0,137
Steal-Syndrom	7 (6,1 %)	2 (2,3 %)	5 (18,5 %)	0,008
Shuntinfektion/ Blutung	1 (0,9 %)	1 (1,1 %)	0 (0,0 %)	1,000
Erfolgreiche Nieren- transplantation	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	0 (0,0 %)	1,000
Kardiale Beeinträchtigung	1 (0,9 %)	0 (0,0 %)	1 (3,7 %)	0,235

3.6.1.5 Erste Shuntrevision und erster Shuntverschluss innerhalb von 14 Tagen

Sieben Patienten (3,8 %) wurden nach der AVF-Anlage innerhalb von 14 Tagen revidiert. Alle vier Patienten mit einem Shuntverschluss innerhalb von 14 Tagen besaßen Unterarm-AVFs, wohingegen in der Gruppe mit Oberarm-AVFs kein Shuntverschluss erfasst wurde. Die Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander (Tabelle 54).

Tabelle 54 Vergleich der ersten Shuntrevisionen und der ersten Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen nach AVF-Anlage zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)	p- Wert
Erste Revision	7 (3,8 %)	5 (3,7 %)	2 (4,0 %)	0,707
Erster Verschluss	4 (2,2 %)	4 (3,0 %)	0 (0,0 %)	0,576

3.6.2 Offenheit

Die primäre Offenheitsrate aller 184 AVF-Anlagen betrug 72 % nach einem Jahr und 64 % nach zwei Jahren. Die primäre Offenheitsrate in der Gruppe mit Unterarm-AVFs lag bei 72 % nach

einem Jahr und bei 65 % nach zwei Jahren, während diese in der Gruppe mit Oberarm-AVFs bei 70 % nach einem Jahr und 62 % nach zwei Jahren lag. Der Log-Rank-Test ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Kaplan-Meier-Kurven ($p = 0,41$) (Abbildung 54, Tabelle 55).

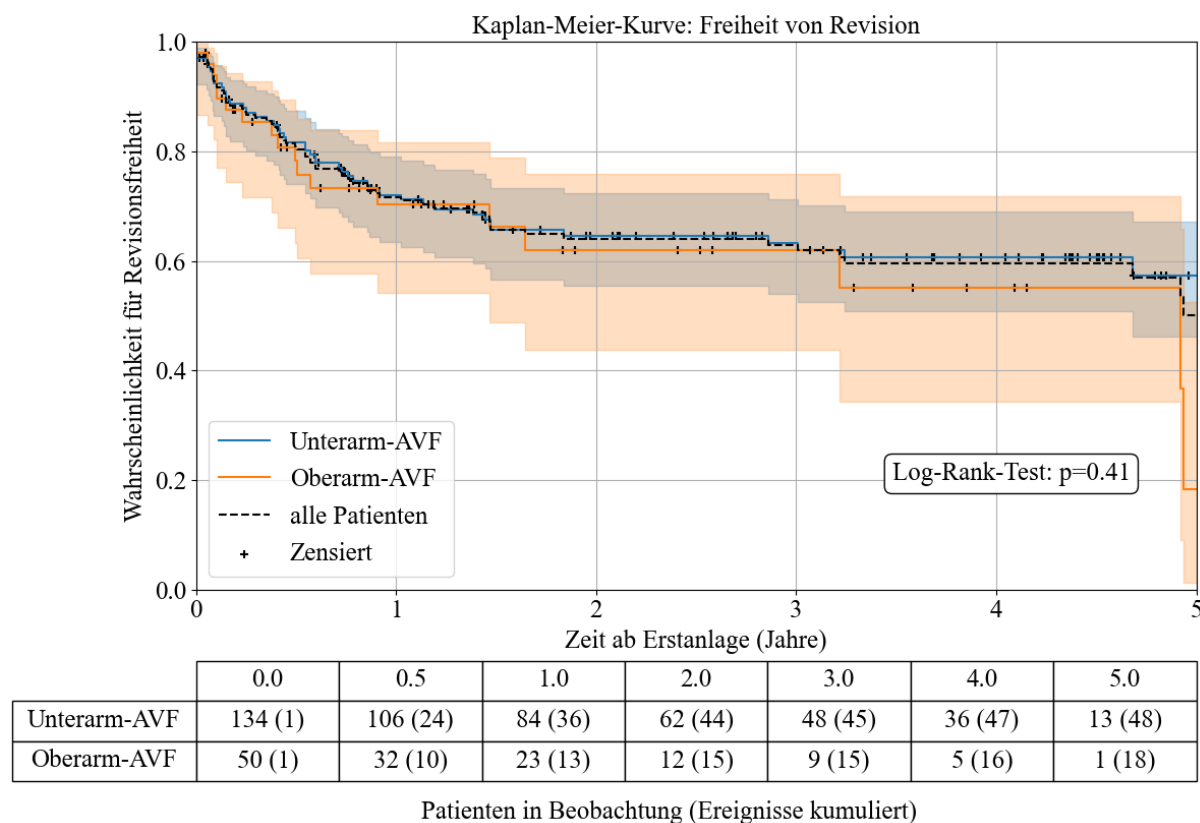


Abbildung 54 Kaplan-Meier-Analyse der primären Offenheitsrate von Oberarm- und Unterarm-AVFs

Tabelle 55 Primäre Offenheitsraten von Oberarm- und Unterarm-AVFs nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)
6 Monate	81 %	82 %	78 %
1 Jahr	72 %	72 %	70 %
2 Jahre	64 %	65 %	62 %

Die primär-assistierte Offenheitsrate der 184 AVF-Anlagen betrug 89 % nach einem Jahr und 84 % nach zwei Jahren. Die primär-assistierte Offenheitsrate in der Gruppe mit Unterarm-AVFs betrug 86 % nach einem Jahr und 81 % nach zwei Jahren. In der Gruppe mit Oberarm-AVFs lag diese sowohl nach einem Jahr als auch nach zwei Jahren bei 98 %. Der Log-Rank-Test zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Verläufen der primär-assistierten Offenheitsraten ($p = 0,02$) (Abbildung 55, Tabelle 56).

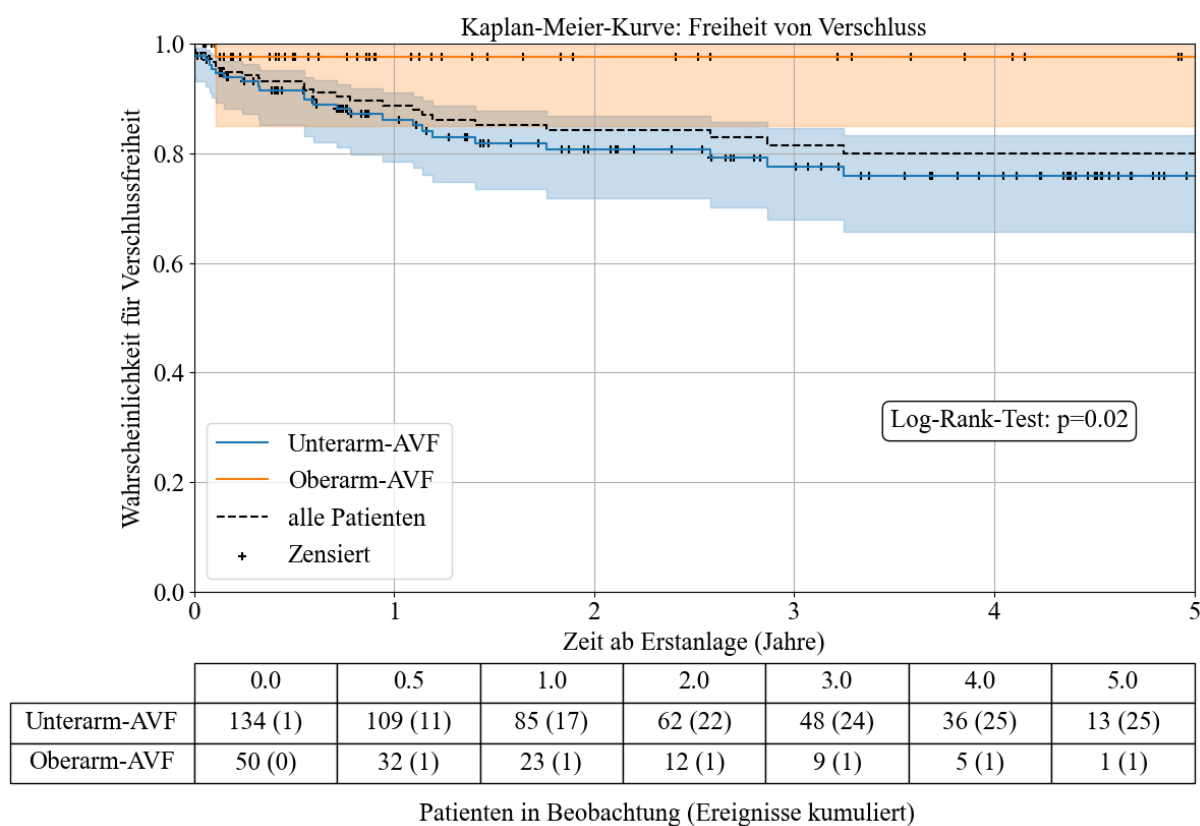


Abbildung 55 Kaplan-Meier-Analyse der primär-assistierten Offenheitsrate von Oberarm- und Unterarm-AVFs

Tabelle 56 Primär-assistierte Offenheitsraten von Oberarm- und Unterarm-AVFs nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)
6 Monate	93 %	92 %	98 %
1 Jahr	89 %	86 %	98 %
2 Jahre	84 %	81 %	98 %

Die sekundäre Offenheitsrate der 184 AVF-Anlagen betrug 96 % nach einem Jahr und 93 % nach zwei Jahren. In der Gruppe mit Unterarm-AVFs betrug sie 97 % nach einem Jahr und 95 % nach zwei Jahren. In der Gruppe mit Oberarm-AVFs lag diese bei 94 % nach einem Jahr und 88 % nach zwei Jahren. Beide Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander. 23 verstorbene Patienten wurden in diesem Gruppenvergleich insgesamt erfasst und es gab keine Shuntaufgabe (Tabelle 57).

Tabelle 57 Sekundäre Offenheitsraten von Oberarm- und Unterarm-AVFs nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren

	Alle AVF-Anlagen (n = 184)	Unterarm-AVF (n = 134)	Oberarm-AVF (n = 50)	p- Wert
6 Monate	97 %	98 %	94 %	0,347
1 Jahr	96 %	97 %	94 %	0,392
2 Jahre	93 %	95 %	88 %	0,118

4 Diskussion

Im Gesamtkollektiv der 398 Patienten mit 826 Shunteingriffen dieser Studie, die von 2019 bis 2024 am UKR behandelt wurden, wurde die arterielle Hypertonie, der Diabetes mellitus, die polyzystische Nierenerkrankung und die Glomerulonephritis als die vier häufigsten Ursachen für die Dialysepflichtigkeit identifiziert, die zusammen 60 % der Patienten betrafen. Der Einschluss von allen Patienten mit KRT im European Renal Association Registry Annual Report 2022 erlaubt keinen direkten Vergleich der Ursachen mit der eigenen Studie. Jedoch deuten sich Ähnlichkeiten an, weil diese vier Erkrankungen mit annähernd 50 % ebenfalls die vier häufigsten Ursachen darstellen [9].

Die 194 Patienten mit einer Shunt-Erstanlage am UKR stimmen hinsichtlich Alters- und Geschlechterverteilung sowie der beiden Risikofaktoren arterielle Hypertonie und Diabetes mellitus weitgehend mit den für die BRD erhobenen Werten aus DOPPS IV-V (2009–2015) überein [11]. Die Inzidenz von CVC als vaskulären Zugang zur Dialyseeinleitung bei neu eingetretener Dialysepflichtigkeit variiert im internationalen Vergleich und ist in DOPPS V (2012–2015) mit rund 40 % bis 50 % in den europäischen Ländern weiterhin hoch [12]. In der ESVS-Leitlinie wird die AVF eindeutig als vaskulären Zugang zur Dialyseeinleitung favorisiert, weil CVCs mit erhöhter Mortalität und Katheter-assoziierten Infektionen einhergehen [8,21–23]. Dennoch waren 45 % der Patienten zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage am UKR bereits über einen CVC dialysepflichtig, was den hohen, in der Literatur vorbeschriebenen CVC-Anteil widerspiegelt [12]. In der eigenen Studie wurde nicht erfasst, ob die erste HD bei Patienten mit präterminaler NI im Falle einer Dialysepflichtigkeit direkt über den angelegten Dialyseshunt ohne CVC-Einsatz erfolgte. Somit ist die wahre Inzidenz von CVC als vaskulären Zugang zur Dialyseeinleitung bei neu eingetretener Dialysepflichtigkeit für diese 194 Patienten mit Shunt-Erstanlagen am UKR unbekannt.

Im jährlichen Verlauf von 2019 bis 2024 zeigte sich interessanterweise, dass der prozentuale Anteil der Patienten mit präterminaler NI zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage insgesamt einen steigenden Trend aufwies und das Verhältnis zur terminalen NI im Jahr 2024 annähernd 2 : 1 war. Dies legt eine verbesserte prädialytische Planung und interdisziplinäre Zusammenarbeit zwischen hausärztlicher Versorgung, Nephrologie und Gefäßchirurgie für eine rechtzeitige Shuntanlage nahe. Gleichzeitig halbierte sich der Anteil der distalen Unterarm-AVFs von 77 % (2020) auf 39 % (2024). Stattdessen war eine stetige Verschiebung hin zu proximal gelegeneren AVFs an der oberen Extremität zu beobachten. Dies kann mit einem zunehmend multimorbiden Patientenklientel assoziiert sein, bei dem die Anlage einer RCAVF aufgrund der

Komorbiditäten und komplizierter Gefäßverhältnisse am distalen Unterarm nicht mehr realisierbar ist. Die jährliche Verteilung der AVG-Anlagen unterstützt diese These, weil fünf von insgesamt zehn AVG-Anlagen ausschließlich im Jahr 2024 durchgeführt wurden. Die Erstanlage einer Oberarm-AVF kann als Versuch gewertet werden, eine potenziell funktionstüchtige AVF zu etablieren und den CVC-Einsatz im Allgemeinen zu reduzieren. Dies ist nicht primär als Abkehr von den Leitlinien anzusehen, sondern als patientenindividuelle Versorgung zu betrachten, welche von der KDOQI-Leitlinie favorisiert wird [13]. Al-Jaishi et al. zeigen, dass Oberarm-AVFs gegenüber Unterarm-AVFs eine signifikant höhere primäre Offenheitsrate nach einem Jahr und eine signifikant niedrigere Rate des primären Fistelversagens haben [53]. Dennoch benötigen sie ebenfalls eine ausreichende Maturationszeit und ein CVC-Einsatz kann auch hier nicht zwangsläufig ausgeschlossen werden. Ferner müssen Nachteile der Anlage einer Oberarm-AVF individuell abgewogen werden. Hierzu zählen limitierte Möglichkeiten für Proximalisierungen am ipsilateralen Arm sowie ein höheres Risiko für Steal-Syndrom und kardiale Beeinträchtigung [8,38,41,42].

Ein präoperatives Shuntmapping mittels DUS und eine klinische Untersuchung wurden bei allen 194 Patienten vor der Shunt-Erstanlage am UKR durchgeführt. Georgiadis et al. zeigen in ihrer Metaanalyse, dass ein präoperatives Shuntmapping mittels DUS mit einem signifikant geringeren unmittelbaren Fistelversagen (Odds Ratio [OR]: 0,32 [95 %-KI 0,17–0,60], $p < 0,01$) und einer höheren Funktionstüchtigkeit der Dialyseshunt (OR: 0,66 [95 %-KI 0,42–1,03], $p = 0,06$) assoziiert ist [54]. Die Ergebnisse von Ferring et al. zeigen eine höhere primäre Offenheitsrate (65 % vs. 56 %, $p = 0,081$) und eine signifikant höhere primär-assistierte Offenheitsrate (80 % vs. 65 %, $p = 0,012$) nach einem Jahr in der Gruppe mit präoperativem Shuntmapping mittels DUS im Vergleich zur Gruppe mit alleiniger klinischer Untersuchung [55]. Das Shuntmapping mittels DUS liefert zusätzliche Informationen hinsichtlich Gefäßdurchmesser, dreidimensionaler Lagebeziehungen der anatomischen Strukturen und Flussprofil. In der ESVS-Leitlinie wird es als Klasse-I-Empfehlung eingestuft und am UKR nachgewiesenermaßen vor jeder Shunt-Erstanlage konsequent umgesetzt [8]. Neben der Multimorbidität der Patienten kann dies ebenfalls zu den Veränderungen der Lokalisation der AVF-Anlagen beigetragen haben.

Durch Messung des intraoperativen und postoperativen Shuntflusses am ersten postoperativen Tag können AVFs identifiziert werden, die eine hohe Wahrscheinlichkeit für ein primäres Fistelversagen haben und einen zeitnahen Revisionseingriff benötigen [32,56]. Notwendige Folgeeingriffe unmittelbar nach der Shunt-Erstanlage können somit eingeleitet werden, jedoch

ist deren Nutzen im klinischen Alltag nicht abschließend geklärt und wird in der ESVS-Leitlinie als unpräzise bezeichnet. Zusammen mit dem klinischen Schwirren des Dialyseshunt kann dies eine präzisere, perioperative Beurteilung der Shuntanlage ermöglichen [8]. Die deutliche Zunahme der intraoperativen Sonographie am UKR ab dem Jahr 2020 und die Abnahme von angiographischen oder rein nicht-apparativen Kontrollen ist grundsätzlich positiv zu bewerten, weil letztere verglichen mit der DUS unzureichende Informationen zu Shuntfluss oder Gefäßanatomie liefern [8]. Annähernd alle Patienten hatten ab dem Jahr 2020 mindestens einen dokumentierten intraoperativen oder postoperativen Shuntfluss, was die Einleitung von weiteren diagnostischen Maßnahmen bei einem auffällig niedrigen Shuntfluss ermöglicht. Es ist hervorzuheben, dass die apparative Kontrolle mittels Sonographie oder Angiographie nicht die klinische Überprüfung eines tastbaren Schwirens ersetzte, sondern ergänzend dazu durchgeführt wurde.

Eine erfolgreiche Shuntmaturation wird mittels DUS vor der ersten Shuntpunktion kontrolliert und der Dialyseshunt anschließend zur Shuntpunktion freigegeben. Bei verzögerter Shuntmaturation muss das weitere Prozedere individuell je nach vorliegendem Befund entschieden werden, weil die Punktion eines nicht vollständig maturierten Dialyseshunts sich negativ auf die Shuntfunktion auswirkt [8]. Diese Kontrolle wurde jährlich bei 50 % bis 72 % der Patienten vier bis acht Wochen nach Shunt-Erstanlage am UKR durchgeführt, ausgenommen das Jahr 2020. Der niedrige Wert von 34 % im Jahr 2020 kann durch Restriktionen während der Coronavirus-Krankheit-2019-Pandemie (COVID-19-Pandemie) begründet sein, wodurch weniger Patienten in das UKR wieder einbestellt wurden [57]. Der wahre Anteil der kontrollierten Dialyseshunts kann durch nicht erfasste DUS-Kontrollen außerhalb des UKRs unterschätzt worden sein. Aufgrund des großen Einzugsgebiets des UKRs ist eine große Distanz zwischen dem Wohnort des Patienten und dem UKR als einer der Hauptgründe für externe Nachkontrollen zu betrachten. Eine sonographische Überwachung der Shuntmaturation und Kontrolle vor der ersten Shuntpunktion ist aber in jedem Fall empfehlenswert [8].

Im Untersuchungszeitraum vergingen am UKR im Median acht Tage zwischen der Evaluation durch den Gefäßchirurgen und der Shunt-Erstanlage. Damit lag er über dem in der Publikation von Ethier et al. berichteten Median von drei Tagen [34]. Der Median am UKR zeigte im jährlichen Verlauf einen leicht abnehmenden Trend, mit Ausnahme des Jahres 2021 (Median: 16,0 Tage, IQR 6,0–23,0), was erneut durch geänderte klinische Abläufe während der COVID-19-Pandemie begründet sein kann. Die Wahrscheinlichkeit für die Dialyseeinleitung über einen

Dialyseshunt steigt signifikant mit einem kürzeren Zeitintervall zwischen gefäßchirurgischer Evaluation und Shuntanlage, weshalb grundsätzlich die Reduktion dieses Zeitintervalls angestrebt wird [34]. Zudem ermöglichen eine frühzeitige Evaluation und Festlegung des weiteren Vorgehens eine gezielte Schonung der Venen an der betreffenden Extremität, die für eine erfolgreiche Shuntanlage von großer Bedeutung ist [8,14].

Die mediane Zeit von 1,8 Monaten (IQR 1,0–4,3) im Jahr 2024 zwischen Shunt-Erstanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit ist aufgrund des begrenzten Zeitabstandes zwischen Shunt-Erstanlage und Ende des Untersuchungszeitraumes zum Jahresende 2024 nur bedingt interpretierbar. Diese Limitierung lässt sich auf den Median von 4,1 Monaten (IQR 1,5–8,6) des gesamten Untersuchungszeitraumes von 2019 bis 2024 übertragen. Die mediane Zeit zwischen 2019 und 2023 lag deutlich über den vier bis sechs Wochen, die für eine Shuntmaturation in der Regel mindestens benötigt werden [8]. Die mediane Zeit erhöhte sich von 3,9 Monaten im Jahr 2019 auf konstant fünf bis sechs Monate zwischen 2020 und 2023 und nähert sich der Empfehlung der KDOQI-Leitlinie an, die Shuntanlage sechs bis neun Monate vor Eintritt der Dialysepflichtigkeit durchzuführen [13]. Zudem liegt die mediane Zeit bereits im oberen Bereich des drei- bis sechsmonatigen Zeitraumes, den die ESVS-Leitlinie vorschlägt [8]. Es ist zu berücksichtigen, dass bei etwa 40 % der Patienten eine nachfolgende Dialysepflichtigkeit nicht erfasst wurde, weil entweder noch keine eintrat oder diese nicht am UKR dokumentiert wurde. Bei der Mehrheit der Patienten mit präterminaler NI und anschließend bekanntem Dialysebeginn konnte eine rechtzeitige Shuntanlage am UKR realisiert werden. Wie beim Anstieg des Anteils der präterminalen NI im jährlichen Verlauf ist dies als Ausdruck verbesserter interdisziplinärer Zusammenarbeit im Zeitraum vor dem Eintritt der Dialysepflichtigkeit zu werten.

Die primäre, die primär-assistierte und die sekundäre Offenheitsrate der 194 Shunt-Erstanlagen betrugen 69 %, 87 % und 96 % nach einem Jahr und 61 %, 80 % und 93 % nach zwei Jahren. Nach Ausschluss der zehn AVG-Anlagen ergaben sich für die 184 AVF-Anlagen eine primäre, eine primär-assistierte und eine sekundäre Offenheitsrate von 72 %, 89 % und 96 % nach einem Jahr und 64 %, 84 % und 93 % nach zwei Jahren.

Offenheitsraten von AVFs sind auf Grundlage von drei aktuellen Metaanalysen als moderat zu bewerten [18,53,58]. In der ersten Metaanalyse von Bylsma et al. betrugen die primäre, die primär-assistierte und die sekundäre Offenheitsrate 64 %, 73 % und 79 % nach einem Jahr [58]. Im Vergleich dazu geben Al-Jaishi et al. eine primäre und eine sekundäre Offenheitsrate von 60 % und 71 % nach einem Jahr sowie 51 % und 64 % nach zwei Jahren an [53]. Bei Almasri

et al. betragen die primäre und die sekundäre Offenheitsrate 55 % und 63 % nach zwei Jahren [18]. In allen drei Metaanalysen ist die Heterogenität der zugrundeliegenden Studien mit einem Heterogenitätsmaß I^2 für die primären, die primär-assistierten und die sekundären Offenheitsraten von über 80 % und teilweise über 95 % sehr hoch [18,53,58,59].

Im direkten Vergleich fallen die primäre, die primär-assistierte und die sekundäre Offenheitsrate der 184 AVF-Anlagen in der eigenen Studie höher aus als in den drei Metaanalysen und befinden sich stets außerhalb der 95 %-KI der korrespondierenden Offenheitsraten der drei Publikationen [18,53,58]. Dies legt nahe, dass die eigene Studie sich von den zugrundeliegenden Studien der Metaanalysen in diversen Aspekten deutlich unterscheidet, welche in ihrer Gesamtheit zu den höheren Offenheitsraten führen. Die höheren Offenheitsraten können einerseits dadurch begründet werden, dass aufgrund des monozentrischen Studiendesigns ausschließlich Shunteingriffe am UKR erfasst und somit Folgeeingriffe an anderen Krankenhäusern nicht eingeschlossen wurden. Somit können die Offenheitsraten aufgrund einer potenziell höheren Dunkelziffer an durchgeführten Shuntrevisionen außerhalb des UKRs unterschätzt worden sein. Ein zweiter Erklärungsansatz stellt das stets durchgeführte präoperative Shuntmapping mittels DUS dar, das die Identifizierung von geeigneteren Gefäßen im Vorfeld ermöglicht. In der bereits erwähnten Studie von Ferring et al. führt dies im Vergleich zur alleinigen klinischen Untersuchung zu einer höheren primären und einer signifikant höheren primär-assistierten Offenheitsrate nach einem Jahr [55]. Ein dritter Grund für die höheren Offenheitsraten kann die Expertise des UKRs darstellen, die durch die hohe Zahl an durchgeführten Shuntanlagen begründet ist. Die deutlich höhere sekundäre Offenheitsrate in der eigenen Studie ist am ehesten auf die abweichende Definition der Shuntaufgabe zurückzuführen, die als Aufgabe der ipsilateralen Extremität für die HD definiert wurde. Bei den 194 Shunt-Erstanlagen gab es nach der eigenen Definition keine Shuntaufgabe, weswegen die sekundäre Offenheitsrate ausschließlich auf dem zensierenden Ereignis Tod beruht [8]. Trotz der höheren Offenheitsraten sind Folgeeingriffe weiterhin häufig. Nach AVF-Anlage wurden innerhalb eines Jahres 28 % der Patienten mindestens einmal revidiert und bei 11 % der Patienten kam es zum ersten Shuntverschluss.

In der eigenen Studie waren Shunt Dysfunktion und Shuntverschluss mit knapp 75 % die beiden häufigsten Ursachen für die Shuntrevision und entsprechen den in der Literatur berichteten Ergebnissen [13,35,38]. Rein operative Shuntrevisionen (42,4 %) wurden am UKR häufiger als rein endovaskuläre Shuntrevisionen durchgeführt (34,6 %). Dies steht nicht im Einklang mit der Metaanalyse von Al-Jaishi et al., die eine deutlich höhere Rate endovaskulärer

Shuntrevisionen nahelegt. In dieser Metaanalyse wird jedoch die Hybrid-Operation nicht erwähnt, die in der eigenen Studie 23,0 % der Revisionseingriffe ausmachte [35]. Der Grund für die unterschiedlichen Ergebnisse liegt primär an der Behandlungsart des Shuntverschlusses am UKR. Die aktuellen Leitlinien geben keine konkreten Empfehlungen, ob Shuntverschlüsse rein interventionell, rein operativ oder kombiniert im Rahmen der Hybrid-Operation zu revidieren sind und verweisen auf die Expertise des Behandlers und weitere Faktoren wie die Verschluss- sowie die zugrundeliegende Stenose Lokalisation [8,13,39]. Am UKR wurden annähernd die Hälfte der Shuntverschlüsse (46,3 %) rein operativ und die andere Hälfte (50,9 %) durch eine kombinierte Hybrid-Operation behandelt. Rein endovaskuläre Shuntrevisionen sowie Shuntaufhebungen wurden ausschließlich in Ausnahmefällen durchgeführt. Die endovaskuläre Thrombektomie und die Thrombolyse kommen am UKR als rekanalisierende Verfahren nicht zum Einsatz. Unter Ausschluss der Shuntverschlüsse stellt die rein endovaskuläre Shuntrevision ebenfalls die bevorzugte Art des Revisionseingriffes zum Erhalt der Funktionalität des Dialyseshunts in der eigenen Studie dar.

Im Untersuchungszeitraum folgten die Ursachen und Eingriffsarten der 599 Shuntrevisionen im jährlichen Verlauf keinem eindeutigen Trendmuster. Eine Auffälligkeit stellte das Jahr 2022 dar, in dem rein endovaskuläre Shuntrevisionen den niedrigsten Wert aufwiesen (21 %), während rein operative Eingriffe sowie Hybrid-Operationen im jährlichen Vergleich deutlich häufiger stattfanden. Dies ist durch den hohen prozentualen Anteil der Shuntverschlüsse im Jahr 2022 zu begründen, der annähernd die Hälfte der Shuntrevisionen ausmachte und zudem das einzige Jahr darstellte, in dem prozentual mehr Shuntverschlüsse als Shunt Dysfunktionen behandelt wurden (43 % vs. 34 %). Ferner wurden in absoluten Zahlen im Jahr 2021 die meisten Shunt Dysfunktionen revidiert, was sich im darauffolgenden Jahr 2022 mehr als halbierte (2021: 63, 2022: 30). Durch die Restriktionen im Gesundheitswesen aufgrund der COVID-19-Pandemie kann es zwischen den Jahren 2020 und 2022 zu einer vorübergehenden Unterversorgung in der Nachsorge von funktionstüchtigen Dialyseshunts gekommen sein [57,60]. Die KDOQI-Leitlinie empfiehlt keine routinemäßigen DUS-Kontrollen zur Überwachung von asymptomatischen Dialyseshunts und keine präemptiven Angioplastien von hämodynamisch nicht relevanten Shuntstenosen. Insbesondere bei AVGs tragen diese Maßnahmen nicht zur Reduktion von Shuntverschlüssen und zum längerfristigen Shunterhalt bei [8,13,61]. Bei klinischen Auffälligkeiten oder bei auftretenden Problemen während der HD sollen weitere Kontrollen beispielsweise mittels DUS zeitnah durchgeführt und hämodynamisch relevante Shuntstenosen zur Vermeidung von daraus resultierenden

Shuntverschlüssen behandelt werden. Diese weiterführenden Kontrollen sollen gemäß KDOQI-Leitlinie innerhalb von zwei Wochen durchgeführt werden, wobei am UKR DUS-Kontrollen innerhalb von zwei Tagen angestrebt werden [13]. Die Restriktionen können dazu geführt haben, dass klinisch auffällige Dialyseshunts nicht zeitnah untersucht wurden und insbesondere hämodynamisch relevante Shuntstenosen nicht rechtzeitig behandelt wurden. In der Folge traten im Jahr 2021 vermehrt Fälle von Shunt Dysfunktionen auf, während sich im darauffolgenden Jahr 2022 vermehrt Patienten mit einem vollständigen Shuntverschluss am UKR vorstellten. Der prozentuale Anteil der Shuntverschlüsse nahm in den Jahren 2023 (32 %) und 2024 (26 %) wieder ab, während Shunt Dysfunktionen prozentual erneut zunahmen (2023: 49 %, 2024: 51 %). Dies legt nahe, dass Shunt Dysfunktionen nach Aufhebung der Restriktionen wieder rechtzeitig diagnostiziert und behandelt wurden und der Entwicklung eines Shuntverschlusses aus einer Shunt Dysfunktion entgegengewirkt werden konnte. Der Zusammenhang ist jedoch nicht kausal belegt, sondern stellt einen Erklärungsansatz für die Beobachtungen während der COVID-19-Pandemie dar.

Bei Shuntverschlüssen ist im jährlichen Verlauf die allgemeine Tendenz zur Hybrid-Operation als führende Art des Revisionseingriffes als vorteilhaft anzusehen, weil sie rekanalisierende Maßnahmen und die Behandlung der zugrundeliegenden Ursache in einer einzigen Sitzung ermöglicht. Dies bedeutet eine Ressourcenschonung sowie eine Zeitersparnis, weil separate Eingriffe durch die gefäßchirurgische und radiologische Fachabteilung entfallen [38].

Zudem ist die Umstellung der intraoperativen Kontrollen von nicht-apparativen und angiographischen auf vermehrt sonographische und kombinierte Kontrollen als Ausdruck einer veränderten Prozessgestaltung zu betrachten. Eine dokumentierte apparative Kontrolle erscheint zur Überprüfung des Revisionsergebnisses grundsätzlich sinnvoll, weshalb die Abnahme der rein nicht-apparativen Kontrolle, wie bei der Shunt-Erstanlage am UKR, wünschenswert ist. Insbesondere bei den Shuntverschlüssen ist die Zunahme der sonographischen und vor allem der kombinierten Kontrollen deutlich erkennbar. Letztere wird standardmäßig bei der Hybrid-Operation durchgeführt und erklärt die Zunahme der kombinierten Kontrollen bei Shuntverschlüssen. Die KDOQI-Leitlinie empfiehlt bei Shuntverschlüssen eine apparative, intraoperative Kontrolle, während die ESVS- und die ERBP-Leitlinie hierzu keine Empfehlung aussprechen [8,13,38,39]. In der gefäßchirurgischen Fachabteilung am UKR nahmen die rein sonographisch durchgeführten Kontrollen von 2021 bis 2024 von 14 % auf 32 % kontinuierlich zu und spiegeln die zunehmende sonographische Expertise in der Fachabteilung wider. Dieser Trend ist in den Leitlinien bisher nicht erfasst,

jedoch wurden inzwischen erste Daten von erfolgreich durchgeführten, rein sonographisch gesteuerten Interventionen an AVFs und AVGs publiziert [8,62].

Periprozedurale CVCs sind im Rahmen der Shuntrevision zu vermeiden und die erste postprozedurale HD ist im optimalen Fall über einen punktablen Dialyseshunt ohne CVC-Einsatz durchzuführen. Bei einer Hyperkaliämie ist die notfallmäßige HD über einen CVC unabdingbar, sodass eine absolute periprozedurale CVC-Freiheit nicht als realistisches Ziel angestrebt werden kann [8,13]. In der eigenen Studie wurde die postprozedurale Punktabilität bis zum Zeitpunkt der Entlassung erweitert und frühpunktierbare Prothesen sowie verzögerte Shuntpunktionen aufgrund individueller Anordnungen des Behandlers weiterhin unter punktablen Dialyseshunts unabhängig vom CVC-Einsatz subsumiert.

In Bezug auf alle 599 Shuntrevisionen im Untersuchungszeitraum nahm die periprozedurale CVC-Freiheit im jährlichen Verlauf prozentual zu, obwohl sich die postprozedurale Punktabilität nicht wesentlich veränderte. Bei den behandelten 175 Shuntverschlüssen steht die annähernde Verdoppelung der periprozeduralen CVC-Freiheit von 37 % (2019) auf 72 % (2024) im zeitlichen Zusammenhang mit den ab dem Jahr 2019 implementierten Maßnahmen und ist als Steigerung der Versorgungsqualität zu bewerten, um Katheter-assoziierte Komplikationen zu reduzieren [8,21–23]. Die postprozedurale Punktabilität nahm zwischen 2019 und 2023 von 74 % auf 62 % kontinuierlich ab, wobei es im Jahr 2024 zu einer deutlichen Erhöhung auf 88 % kam. Die Zunahme der CVC-Freiheit bei gleichzeitig abnehmender Punktabilität zwischen 2019 und 2023 kann bedeuten, dass am Anfang des Untersuchungszeitraumes, insbesondere in den Jahren 2019 und 2021, vermehrt nicht zwingend notwendige CVCs zum Einsatz kamen. Andererseits können in diesen Jahren notfallmäßige, perioperative Dialysen häufiger notwendig gewesen sein, deren Auftreten durch ein verlängertes Zeitintervall zwischen der letzten HD vor dem Shuntverschluss und der Shuntrevision begünstigt wird. Somit kann die Steigerung der CVC-Freiheit eine Optimierung des präklinischen und periprozeduralen Ablaufs widerspiegeln, die zur Reduktion des CVC-Einsatzes beiträgt. Das Jahr 2024 stellt den besten Fall des Untersuchungszeitraumes dar, weil annähernd 90 % der Patienten mit punktablen Dialyseshunts entlassen wurden und rund drei Viertel der Patienten keine periprozeduralen CVCs benötigten. Die Erfassung des punktablen Anteils nach dem Jahr 2024 gibt Aufschluss darüber, ob diese hohen Raten weiterhin erreicht werden können, was der Leitlinie nachkommt [8].

Der Shuntverschluss soll sowohl bei AVFs als auch bei AVGs innerhalb von 48 Stunden revidiert werden. Bei AVGs ist eine Revision von bis zu einer Woche nach Shuntverschluss möglich, was jedoch eine vorübergehende CVC-Anlage bedeutet [37]. Die KDOQI-, ESVS- und ERBP-Leitlinien verweisen ohne Präzisierung eines konkreten Zeitfensters auf einen schnellstmöglichen Revisionseingriff [8,13,39]. Eine Ausnahme hiervon stellten im eigenen Kollektiv Patienten mit einem Shuntverschluss innerhalb der ersten Tage nach Nierentransplantation dar, bei denen ein individuelles Therapiekonzept in Rücksprache mit der nephrologischen Fachabteilung favorisiert wurde. Sadaghianloo et al. zeigen, dass der Beginn der Shuntrevision innerhalb von sechs Stunden nach Diagnosestellung mit einer signifikant höheren technischen Erfolgsrate (86 % vs. 69 %, $p = 0,04$), einer höheren primären Offenheitsrate (55 % vs. 33 %, $p = 0,13$) und einer höheren sekundären Offenheitsrate (67 % vs. 50 %, $p = 0,05$) nach einem Jahr assoziiert ist [63]. In einer weiteren Studie von Hsieh et al. führt eine Shuntrevision innerhalb von 24 Stunden nach Diagnosestellung des Shuntverschlusses bei AVFs zu einer signifikant höheren primären Offenheitsrate nach drei Monaten (68 % vs. 50 %, $p = 0,03$) [64]. In der eigenen Studie wurden AVFs und AVGs zusammen betrachtet und die Shuntrevision wurde bei lediglich sechs von 175 Shuntverschlüssen später als 48 Stunden nach Diagnosestellung durchgeführt. Der Median von sieben Stunden im Untersuchungszeitraum legt nahe, dass eine Shuntrevision bei der überwiegenden Mehrheit der Shuntverschlüsse am selben Tag durchgeführt wurde. Zudem deutet der im jährlichen Verlauf abnehmende Median auf Bestrebungen am UKR hin, das klinische Zeitintervall bis zum Revisionsbeginn im Sinne eines akuten Notfalls zu verringern. Das Jahr 2023 stellte eine Abweichung dar, in dem im Vorjahresvergleich mehr Zeit bis Revisionsbeginn verging, jedoch befindet sich der Median von 16 Stunden ebenfalls deutlich unter dem Richtwert von 48 Stunden [37]. Die Verkürzung des Zeitintervalls wirkt sich in den beiden oben erwähnten Studien positiv auf die postprozeduralen Offenheitsraten und somit auf die Shuntfunktion aus [63,64]. Als Zeichen funktionierender organisatorischer Strukturen wird die zeitnahe Versorgung des Shuntverschlusses ermöglicht und kann ebenfalls zur Verdoppelung der CVC-Freiheit zwischen 2019 und 2024 beigetragen haben, weil dadurch die Zeit bis zur nächstmöglichen Hämodialyse über den Dialyseshunt reduziert wurde. Für die Zukunft kann als Ziel formuliert werden, insbesondere die längeren Zeitintervalle bis Revisionsbeginn zu reduzieren.

Die endovaskuläre Revision und die operative Revision eines Shuntverschlusses zeigen für AVFs und AVGs in der Literatur vergleichbare Ergebnisse. Dabei sind die primäre und die

sekundäre Offenheitsrate nach der Shuntrevision deutlich niedriger als der initiale technische Erfolg, auch wenn ein zeitnahe Revisionsbeginn sich positiv auf die Offenheitsraten auswirkt [8,63–66]. Im Mittel kam es im eigenen Kollektiv bei 30,9 % der Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen und bei 62,3 % innerhalb eines Jahres zu einer erneuten Shuntrevision unabhängig von der Ursache. Ferner waren im Untersuchungszeitraum 14,3 % der Shuntverschlüsse Rezidivverschlüsse, welche innerhalb von 14 Tagen nach einem vorausgegangenen Shuntverschluss auftraten. Im Vergleich dazu waren Rezidivverschlüsse innerhalb eines Jahres mit 18,9 % nur geringfügig höher als die Rezidivverschlüsse innerhalb von 14 Tagen.

Die Entstehung eines Shuntverschlusses soll grundsätzlich verhindert werden, weil nach einem initialen Shuntverschluss mit weiteren Shuntrevisionen unabhängig von der Ursache zu rechnen ist. Wie oben ausgeführt, ist die zeitnahe Diagnostik und Therapie von hämodynamisch relevanten Shuntstenosen eine wichtige präventive Maßnahme [13]. Die Ergebnisse der eigenen Studie stehen im Einklang mit der bestehenden Literatur, die eine niedrige primäre Offenheit nach Revision eines Shuntverschlusses aufzeigt [65,66]. Des Weiteren soll insbesondere die Rate an Rezidivverschlüssen verringert werden. Mehrere Faktoren wie Erfahrungen der behandelnden Operateure oder Komorbiditäten des Patienten beeinflussen die Wahrscheinlichkeit für die Entstehung von Rezidivverschlüssen, welche in der eigenen Studie nicht hinreichend erfasst wurden. Eine individuelle Analyse dieser Rezidivverschlüsse könnte relevante Faktoren identifizieren, die zur Reduktion der Rate beitragen.

Für die beiden Gruppenvergleiche in dieser Arbeit (präterminale NI vs. terminale NI; Unterarm-AVFs vs. Oberarm-AVFs) wurden die am UKR durchgeführten 194 Shunt-Erstanlagen noch einmal separat betrachtet. Im ersten Gruppenvergleich waren Patienten mit terminaler NI zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage signifikant jünger als Patienten mit präterminaler NI und die univariaten Analysen deuten zudem auf weniger kardiovaskuläre Risikofaktoren und Vormedikationen hin. Das weibliche Geschlecht war signifikant häufiger in der Gruppe mit terminaler NI vertreten. Dies spricht gegen die pauschale Annahme eines vermehrt älteren und multimorbiden Patientenkontingents in der Gruppe mit terminaler NI, bei dem eine Shuntanlage aufgrund der Begleiterkrankungen oder der schlechten Gefäßverhältnisse nicht zu realisieren ist. Ein Erklärungsansatz ist, dass die Gruppe mit präterminaler NI vermehrt durch ältere Patienten mit arterieller Hypertonie und Diabetes mellitus als zwei der häufigsten Ursachen für die Dialysepflichtigkeit gekennzeichnet ist. Bei diesen konnte eine rechtzeitige Shuntanlage durch eine längerfristig bestehende ärztliche Vorbetreuung und ein langsames Fortschreiten der

kardiovaskulären Grundproblematik umgesetzt werden. Hingegen können in der Gruppe mit terminaler NI zum Zeitpunkt der Shuntanlage vermehrt weitere Ursachen wie polyzystische Nierenerkrankung oder Autoimmunerkrankungen zur Dialysepflichtigkeit geführt haben, wofür das signifikant jüngere Alter und das weibliche Geschlecht spricht. Somit kann eine mitunter rasche Abnahme der Nierenfunktion nicht absehbar gewesen sein, weshalb keine rechtzeitige Shuntanlage stattfinden konnte und diese Patienten folglich über einen CVC eingeleitet wurden. Zur genaueren Quantifizierung des Einflusses von Alter, Geschlecht, Vorerkrankungen und Vormedikation sind weitere multivariate Regressionsanalysen notwendig.

Von besonderem Interesse ist das signifikant häufigere Auftreten des weiblichen Geschlechts in der Gruppe mit terminaler NI (43,2 % vs. 26,4 %, $p = 0,016$). Eine ERA-EDTA-Registry-basierte Studie zeigt, dass die Dialyseeinleitung über eine AVF bei Frauen signifikant seltener als bei Männern erfolgt (OR: 0,84 [95 %-KI 0,78–0,90], $p < 0,05$). Gleichzeitig ist die Prävalenz verwendeter AVFs bei Frauen ebenfalls signifikant niedriger als bei Männern (OR: 0,62 [95 %-KI 0,58–0,66], $p < 0,05$). Die Autoren begründen dies mit einem geringeren Gefäßdurchmesser und einem höheren primären Fistelversagen bei Frauen [67]. Weitere Publikationen bestätigen das weibliche Geschlecht als signifikanten Prädiktor für eine geringere AVF-Prävalenz und -Inzidenz und eine höhere CVC-Prävalenz und -Inzidenz [12,34,68]. Dem hingegen finden Caplin et al. in ihrer Studienpopulation keine signifikanten Geschlechterunterschiede hinsichtlich des Venendurchmessers, der Prävalenz von AVFs und der anschließenden Dialyseeinleitung über diese. Die Fallzahl dieser Studie ist mit $n = 192$ niedrig, sodass die allgemeine Übertragbarkeit der Ergebnisse kritisch zu hinterfragen ist [69]. Inwiefern das gehäufte Auftreten des weiblichen Geschlechts in der Gruppe mit terminaler NI auf den geringeren Gefäßdurchmesser von Frauen zurückzuführen ist, ist aufgrund der fehlenden Erhebung von diesem nicht eindeutig zu beantworten. Frauen mit schwierigen Gefäßverhältnissen und dünneren Gefäßen wurden bei der Evaluation zur Shuntanlage am UKR beobachtet, jedoch führten Dialyseeinleitungen über einen CVC ohne Shuntanlage zum Nichterfassen dieser Patientinnen in der eigenen Studie. Einzelne Patientinnen wurden erfasst, nachdem sich die Gefäßverhältnisse nach der Dialyseeinleitung über einen CVC verbessert hatten und eine Shuntanlage im Anschluss erfolgt war. Auch wurden in einzelnen Fällen AVG-Anlagen bei jüngeren Frauen nach Dialyseeinleitung über einen CVC durchgeführt, weil eine erfolgreiche AVG-Anlage wahrscheinlicher war als eine AVF-Anlage. Aufgrund dieser Beobachtungen kann der wahre Anteil der Frauen mit schwierigen Gefäßverhältnissen in der eigenen Studie unterschätzt worden sein.

Grundsätzlich soll geschlechtsunabhängig stets ein Shuntmapping zur Evaluation einer Shuntanlage bei allen Patienten mit terminaler NI und Dialyseeinleitung über einen CVC veranlasst werden, um die Dauer des CVC-Einsatzes und somit langfristige Komplikationen von CVCs zu reduzieren [21–23,70]. Auch nach Dialyseeinleitung über einen CVC ist ein Umstieg der HD auf eine AVF signifikant mit einer geringeren Mortalität assoziiert [24,71]. Insbesondere bei Frauen mit schwierigen Gefäßverhältnissen soll dementsprechend die Evaluation der Shuntanlage durch möglichst erfahrene Shuntchirurgen erfolgen.

Die zentralvenöse Stenose als eine mögliche Katheter-assoziierte Komplikation trat als Revisionsursache signifikant häufiger in der Gruppe mit terminaler NI auf (8,6 % vs. 0,0 %, $p = 0,028$). Alle Patienten mit terminaler NI zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage hatten im Vorfeld mindestens einen CVC. In der Literatur wird der CVC als unabhängiger Risikofaktor beschrieben, jedoch ist die Ereigniszahl in der eigenen Studie mit $n = 6$ äußerst niedrig [8,43]. Zudem ist die Ätiologie der zentralvenösen Stenose multifaktoriell und weitere Risikofaktoren wie ein Herzschrittmacherkabel sind zu berücksichtigen [43]. Weitere Analysen mit höheren Ereigniszahlen und eine detaillierte Erfassung der präoperativen CVC-Anlagen sind notwendig, um den Einfluss von CVC auf die Entstehung der zentralvenösen Stenose zu quantifizieren.

Der Einfluss des Zeitpunktes der AVF-Anlage vor oder nach Dialyseeinleitung auf die Offenheitsraten wurde bereits untersucht. Jeong et al. zeigen hierbei keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Verläufe der primären beziehungsweise der sekundären Offenheitsraten zwischen den beiden Gruppen (Log-Rank-Tests: $p = 0,812$ und $p = 0,586$) [72]. Dies deckt sich mit der eigenen Studie, in der die Kaplan-Meier-Analyse keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Verläufe der primären Offenheitsraten zeigte. Auch die Verläufe der primär-assistierten Offenheitsraten unterschieden sich in der Kaplan-Meier-Analyse nicht signifikant voneinander. Es ist zu berücksichtigen, dass im eigenen Vergleich alle 194 Shunt-Erstanlagen untersucht und zehn AVG-Anlagen in die Analyse eingeschlossen wurden. Eine weitere Studie von Azeem et al. berichtet hingegen von einer signifikant höheren primären und einer signifikant höheren sekundären Offenheitsrate von AVFs, die vor Dialysebeginn angelegt wurden (78,2 % vs. 66,1 %, $p = 0,009$ und 88,9 % vs. 75,8 %, $p < 0,0001$) [73]. In der Subgruppenanalyse von Bylsma et al. haben vor Dialysebeginn angelegte AVFs eine höhere sekundäre Offenheitsrate nach einem Jahr als AVFs, die nach Dialysebeginn angelegt wurden (83 % vs. 75 %), wobei kein statistisch signifikanter Unterschied gezeigt werden konnte [58]. Die Studienlage ist nicht eindeutig, jedoch handelt es sich bei Jeong et al., Azeem et al. und der

eigenen Studie jeweils um monozentrische Studien mit einer dreistelligen Fallzahl, was das Risiko für einen Selektionsbias birgt [72,73]. Eine Shuntanlage nach Dialysebeginn bedeutet in der überwiegenden Mehrheit der Fälle eine Dialyseeinleitung über einen CVC, weil die PD und die präemptive Nierentransplantation aufgrund der niedrigen Prävalenz keine wesentliche Rolle spielen [9,44]. In diesem Kontext soll nicht die Offenheitsrate, sondern die Reduktion des CVC-Einsatzes zur Vermeidung von Katheter-assoziierten Komplikationen durch präoperative Versorgungsprozesse und interdisziplinäre Zusammenarbeit den entscheidenden Faktor für eine rechtzeitige Shuntanlage darstellen [8,21–24,71].

Im zweiten Gruppenvergleich zwischen Oberarm-AVFs und Unterarm-AVFs unterschieden sich Alter, Geschlecht, Risikofaktoren und Vormedikation in den univariaten Analysen nicht signifikant voneinander. In der Gruppe mit Unterarm-AVFs wurden hingegen signifikant häufiger fehlende Entwicklungen beobachtet (15,7 % vs. 2,0 %, $p = 0,010$), während der Anteil der fehlenden Entwicklungen für alle AVFs 12,0 % betrug. Aufgrund des tendenziell geringeren Gefäßdurchmessers sind vermehrt Komplikationen im Maturationsprozess wie ein primäres Fistelversagen oder eine Thrombose bei Unterarm-AVFs im Vergleich zu Oberarm-AVFs vorbeschrieben [8,26,29,53,74]. AVFs haben in der Studie von Al-Jaishi et al. ein primäres Fistelversagen von 23 %. Bei Unterarm-AVFs kommt es im Vergleich zu Oberarm-AVFs in der Subgruppenanalyse signifikant häufiger zum primären Fistelversagen (28 % vs. 20 %, $p < 0,001$). Verglichen mit dieser Metaanalyse fallen die Raten der fehlenden Entwicklung für alle AVFs sowie für Oberarm-AVFs und Unterarm-AVFs in der eigenen Studie deutlich geringer aus und befinden sich außerhalb der 95 %-KI der entsprechenden Raten [53]. Rooijens et al. hingegen definieren das primäre Fistelversagen als Thrombose oder unzureichende HD nach sechs Wochen. In ihrer Metaanalyse beträgt es 15,3 % für RCAVFs, was annähernd dem in der eigenen Studie ermittelten Wert von 15,7 % für Unterarm-AVFs entspricht. Der betrachtete Zeitraum von sechs Wochen ist jedoch bei Rooijens et al. nur halb so lang wie in der eigenen Studie [31]. Unter Berücksichtigung eines vergleichbar langen Zeitraumes wäre bei Rooijens et al. vermutlich eine höhere Rate zu erwarten als in der eigenen Studie.

Unterschiedliche Definitionen des primären Fistelversagens und die sehr hohe Heterogenität in den Metaanalysen können die beobachteten Unterschiede mitunter erklären. Das annähernd doppelt so hohe primäre Fistelversagen von Unterarm-AVFs bei Al-Jaishi et al. im Vergleich zu Rooijens et al. (28 % vs. 15,7 %) unterstützt diese These [31,53]. Daher lässt sich der allgemeine Sachverhalt durch die eigene Studie bekräftigen, dass die Lokalisation der AVF zu den relevanten beeinflussenden Faktoren im Maturationsprozess zählt und die distale Lage der

Unterarm-AVF sich ungünstig auf diesen auswirkt. Die Rate der fehlenden Entwicklung ist mit 15,7% in der eigenen Studie nicht zu vernachlässigen. Jedoch wird dieses Risiko insbesondere bei stabiler präterminaler NI und ausreichend Zeit bis zum Eintritt der Dialysepflichtigkeit teilweise bewusst in Kauf genommen, um eine distale AVF in möglichst vielen Fällen zu ermöglichen.

Die Shunt Dysfunktion stellte bei beiden Shuntlokalisationen knapp 60 % der Revisionsursachen dar. Die weiteren Revisionsursachen waren in der Gruppe mit Oberarm-AVFs hingegen heterogener, während Shuntverschlüsse in der Gruppe mit Unterarm-AVFs annähernd alle restlichen Revisionsursachen ausmachten. In der Gruppe mit Oberarm-AVFs trat das Steal-Syndrom hingegen signifikant häufiger auf (18,5 % vs. 2,3 %, $p = 0,008$). Ebenfalls wurde die einzige kardiale Beeinträchtigung bei einer Oberarm-AVF verzeichnet. Dies steht im Einklang mit der Literatur, in der das häufigere Auftreten dieser beiden Komplikationen unter anderem durch den größeren Gefäßdurchmesser und den daraus resultierenden höheren Shuntfluss von Oberarm-AVFs begründet wird [38,41,42]. Nach Shunt-Erstanlage am UKR war der mittlere Shuntfluss der Oberarm-AVFs nach vier bis acht Wochen lediglich 78 ml/min höher als bei Unterarm-AVFs (1037 ml/min vs. 959 ml/min, $p = 0,247$), was einer relativen Differenz von etwa acht Prozent entspricht. Bei einem regelrechten Shuntfluss zwischen 600 und 1500 ml/min und einem Shuntfluss eines High-Flow Shunts ab 1500 bis 2000 ml/min ist dieser Unterschied marginal und klinisch annähernd vernachlässigbar [7,38]. Das signifikant häufigere Auftreten des Steal-Syndroms bei Oberarm-AVFs ist ausschließlich durch diesen gemessenen mittleren Shuntfluss nicht plausibel zu erklären. Die weiteren Risikofaktoren weibliches Geschlecht und Diabetes mellitus unterschieden sich in den univariaten Analysen ebenfalls nicht signifikant voneinander. Der Shuntfluss bei Oberarm-AVFs kann im weiteren Verlauf signifikant zugenommen haben, was zu einer peripheren Minderperfusion führte. Wahrscheinlicher ist ein multifaktorielles Zusammenwirken verschiedener Faktoren, wie ein tendenziell höherer Shuntfluss, die anatomische Gefäßsituation sowie atherosklerotische und diabetesbedingte Gefäßveränderungen wie eine arterielle Verschlusskrankheit [42]. Der Patient mit einer kardialen Beeinträchtigung hatte vor der Shuntrevision einen äußerst hohen Shuntfluss von 5800 ml/min. Ab welchem Zeitpunkt der Dialyseshunt zu einer kardialen Beeinträchtigung führt, hängt maßgeblich mit dem Herzzeitvolumen zusammen, sodass ein absoluter Grenzwert für den Shuntfluss schwierig zu definieren ist. Ein Shuntfluss von über 3000 ml/min oder mehr als 30 % des Herzzeitvolumens korreliert sehr wahrscheinlich mit einer kardialen Beeinträchtigung. Ersteres wurde bei diesem Patienten deutlich überschritten [41].

In der Subgruppenanalyse von Al-Jaishi et al. haben Unterarm-AVFs gegenüber Oberarm-AVFs eine signifikant niedrigere primäre Offenheitsrate nach einem Jahr (55 % vs. 65 %, $p < 0,001$). Die sekundären Offenheitsraten betragen für Unterarm-AVFs 68 % und für Oberarm-AVFs 70 % nach einem Jahr und unterscheiden sich nicht signifikant voneinander [53]. Bylsma et al. berichten von einer niedrigeren primären Offenheitsrate von Unterarm-AVFs im Vergleich zu Oberarm-AVFs (55 % vs. 69 %) und vergleichbaren sekundären Offenheitsraten (Unterarm-AVF: 71 % vs. Oberarm-AVF: 67 %) nach einem Jahr. Sowohl die primären als auch die sekundären Offenheitsraten unterscheiden sich nicht signifikant voneinander [58].

Die Kaplan-Meier-Analyse der eigenen Studie zeigte keine signifikanten Unterschiede in den Verläufen der primären Offenheitsraten zwischen den beiden Gruppen (Log-Rank-Test: $p = 0,41$). Bei Oberarm-AVFs betrug sie 70 % nach einem Jahr und liegt im oberen Bereich der 95 %-KI der primären Offenheitsraten aus den beiden Metaanalysen. Bei Unterarm-AVFs liegt sie hingegen mit 72 % nach einem Jahr deutlich über den primären Offenheitsraten und außerhalb deren 95 %-KI der Metaanalysen. Die geringfügig höhere primäre Offenheitsrate von Unterarm-AVFs gegenüber Oberarm-AVFs nach einem Jahr steht im direkten Widerspruch zu den beiden Metaanalysen [53,58]. Grundsätzlich können die höheren primären Offenheitsraten erneut mit den zuvor dargelegten Gründen für alle 194 Shunt-Erstanlagen erklärt werden. Ein weiterer Erklärungsansatz ist, dass eine höhere Bereitschaft zur Shuntrevision automatisch zu einer niedrigeren primären Offenheitsrate führt und damit regionale Unterschiede erklären kann [75]. Somit spiegelt sich beispielsweise der Verzicht auf präemptive Angioplastien und die Behandlung von ausschließlich hämodynamisch relevanten Shuntstenosen in einer höheren primären Offenheitsrate wider [8,13]. Am UKR kann dies insbesondere auf Unterarm-AVFs zutreffen und zur höheren primären Offenheitsrate beitragen.

In der eigenen Studie wurden alle Shuntverschlüsse bis auf einen ausschließlich in der Gruppe mit Unterarm-AVFs verzeichnet. Die univariate Analyse zeigte, dass Shuntverschlüsse als Revisionsursache signifikant häufiger in der Gruppe mit Unterarm-AVFs auftraten als in der Gruppe mit Oberarm-AVFs (34,1 % vs. 3,7 %, $p < 0,001$). Auch in der Kaplan-Meier-Analyse war ein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Verläufe der primär-assistierten Offenheitsraten zu erkennen (Log-Rank-Test: $p = 0,02$). Diese betrugen für Unterarm-AVFs 86 % und für Oberarm-AVFs 98 % nach einem Jahr. Ein direkter Vergleich mit den Metaanalysen ist aufgrund der dort fehlenden Subgruppenanalysen zur primär-assistierten Offenheitsrate nicht möglich. Eine niederländische Studie von Voorzaat et al. mit 1041 Patienten kommt zu dem Ergebnis, dass die primär-assistierte Offenheitsrate von Unterarm-AVFs im Vergleich zu Oberarm-AVFs nach einem Jahr niedriger ist (59 % vs. 73 %). Unterarm-

AVFs haben in der Kaplan-Meier-Analyse zu jedem Zeitpunkt eine geringere primär-assistierte Offenheitsrate als Oberarm-AVFs, jedoch fehlt ein Log-Rank-Test zur Beurteilung der statistischen Signifikanz dieses Unterschiedes. Auffällig ist die Diskrepanz der primär-assistierten Offenheitsraten von über 20 % zwischen der eigenen Studie und der Studie von Voorzaat et al. [75]. Die Unterarm-AVF wird insbesondere bei Patienten mit präterminaler NI weiterhin als erste Wahl favorisiert, weil dadurch eine möglichst lange Punktionsstrecke gegeben ist [8]. Dies betont in Anbetracht der erhöhten Rate an Shuntverschlüssen bei Unterarm-AVFs in der eigenen Studie einerseits erneut die Wichtigkeit einer rechtzeitigen Shuntanlage vor Eintreten der Dialysepflichtigkeit, damit im Falle eines Shuntverschlusses genügend Zeit für Revisionseingriffe vorhanden ist. Andererseits konnte in der eigenen Studie, wie zuvor dargelegt, das Steal-Syndrom und die kardiale Beeinträchtigung bei Oberarm-AVFs beobachtet werden, was durch die primäre Anlage einer Unterarm-AVF reduziert werden kann [8].

Die sekundären Offenheitsraten betrugen in den beiden bereits aufgeführten Metaanalysen sowohl für Unterarm-AVFs als auch für Oberarm-AVFs rund 70 % [53,58]. Im eigenen Kollektiv betrugen sie nach einem Jahr 97 % für Unterarm-AVFs und 94 % für Oberarm-AVFs. Die Vergleichbarkeit dieser Werte ist aus zuvor erläuterten Gründen nur eingeschränkt möglich.

Aufgrund des demographischen Wandels mit einer alternden Bevölkerung werden kardiovaskuläre Risikofaktoren und Erkrankungen wie arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus, Hyperlipidämie, Atherosklerose und pAVK in der Zukunft voraussichtlich weiter zunehmen [76,77]. Mit einem weiteren weltweiten Anstieg der Prävalenz der CKD und der Zahl der Patienten mit KRT ist dementsprechend zu rechnen. Insbesondere ältere und multimorbide Patienten mit schwierigen Gefäßverhältnissen stellen ein zunehmendes Problem in der Dialyseshuntchirurgie dar [3,48,49]. In der BRD wird in der Zukunft mit einer weiter steigenden Zahl an Dialysepatienten gerechnet, was gleichzeitig zu einem Anstieg der gesundheitsökonomischen Kosten führt [44].

Dies verdeutlicht die Relevanz, die Versorgungsqualität in der Dialyseshuntchirurgie sicherzustellen und zu optimieren. Die Ergebnisse der eigenen Studie zeigen, dass die ab dem Jahr 2019 auf Basis des ClarCert-Erhebungsbogens implementierten Struktur- und Prozessoptimierungen zu positiven Veränderungen führen und auf eine Verbesserung der Versorgungsqualität am UKR hindeuten. Trotz der Zunahme an mutmaßlich komplexeren Patientenfällen kann der jährliche Anteil an Patienten mit präterminaler NI zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage gesteigert werden. Dabei spielt die Verschiebung der Shuntlokalisation von distalen Unterarm-AVFs zu proximal gelegenen AVFs eine wichtige Rolle, um bei komplexen

Gefäßverhältnissen eine Shuntanlage zu versuchen und den CVC-Einsatz zu reduzieren. Der sehr hohe Anteil an AVF-Anlagen ist mit 95 % im Untersuchungszeitraum besonders erstrebenswert. Bei Patienten mit präterminaler NI ist eine rechtzeitige Shunt-Erstanlage mit ausreichendem zeitlichem Abstand vor Eintritt der Dialysepflichtigkeit möglich und konnte im Vergleich zum Jahr 2019 leicht gesteigert werden.

Die Rate an Shuntverschlüssen ist im Verhältnis zu allen Shuntrevisionen niedrig, wobei das Jahr 2022 während der COVID-19-Pandemie eine Ausnahme darstellt. Hier zeigt sich, dass pandemiebedingte Restriktionen im Gesundheitswesen sich unmittelbar negativ auf die Versorgungsqualität auswirken können. Die Steigerung des Anteils an Hybrid-Operationen, die Verkürzung des Zeitintervalls zwischen Diagnosestellung und Revisionsbeginn und die Steigerung der periprozeduralen CVC-Freiheit können als Qualitätssteigerung in der Versorgung von Shuntverschlüssen interpretiert werden. Die Abnahme der postprozeduralen Punktabilität zwischen 2019 und 2023 soll entgegengewirkt und der hohe Anteil des Jahres 2024 in den nachfolgenden Jahren erneut angestrebt werden.

Sowohl bei den Shunt-Erstanlagen als auch bei den Shuntrevisionen lässt die Umstellung der intraoperativen Kontrollen auf Sonographie und kombinierte Kontrollen eine verbesserte Beurteilung des intraoperativen Befundes zu. Insbesondere die Abnahme der nicht-apparativen Kontrollen ist als wünschenswert zu bewerten.

Die konsequente Erfassung aller Shunteingriffe in einem internen Shuntregister führt zu einem kontinuierlichen Monitoring der behandelten Patientenfälle am UKR. Dadurch können Problemfelder mit Optimierungsbedarf identifiziert und die Ergebnisse implementierter Maßnahmen nachverfolgt werden. Zudem ermöglicht ein Shuntregister die Durchführung weiterführender Analysen im Gesamtkollektiv sowie in verschiedenen Subgruppen. Die Offenheitsraten am UKR liegen über den international publizierten Ergebnissen, jedoch müssen diese Offenheitsraten unter Berücksichtigung der bereits erwähnten Einschränkungen kritisch interpretiert werden.

Internationale Unterschiede in der Dialyseversorgung lassen sich bereits an den verschiedenen Prävalenzen und Inzidenzen der drei vaskulären Zugängen AVF, AVG und CVC erkennen [11,12,34]. Somit ist kritisch zu hinterfragen, inwiefern sich internationale Studienergebnisse unmittelbar auf die Versorgungssituation in der BRD übertragen lassen. Ein nationales Register wie das im Jahr 2025 eingeführte Deutsche Shuntregister kann ein erster Schritt zur Schließung dieser Datenlücke darstellen und als Ausgangspunkt für kontinuierliche Qualitätskontrollen dienen.

Eine einheitliche Datenerhebung in einem Register ermöglicht, für die Auswertung auf standardisierte Definitionen und Terminologien zurückzugreifen. Die Autoren der zitierten Metaanalysen verweisen durchgehend auf die unterschiedlichen Definitionen in den zugrundeliegenden Studien, welche deren Vergleichbarkeit und das Pooling erschweren [18,31,35,53,58]. Die standardisierten Definitionen von Sidawy et al. und Lee et al. können für zukünftige Publikationen verwendet werden, um die Vergleichbarkeit zu steigern [30,52].

Zu den Stärken der eigenen Studie zählt die hohe Anzahl von 826 Shunteingriffen in einem sechsjährigen Untersuchungszeitraum. Zudem handelt es sich durch den konsequenten Einschluss von allen durchgeführten Shunteingriffen am UKR um ein ungefiltertes und heterogenes Patientenkollektiv, welches den Versorgungsalltag der Dialyseshuntchirurgie eines Supramaximalversorgers und Transplantationszentrums in der BRD abbildet.

Zu den Schwächen zählt das monozentrische und retrospektive Studiendesign, welches auf der anderen Seite ein gewisses Selektionsbias verursacht und die Generalisierbarkeit der Ergebnisse limitiert. Die Datengrundlage beruht auf Unterlagen im UKR-internen Krankenhausinformationssystem SAP, sodass Revisionseingriffe in anderen Krankenhäusern nicht erfasst wurden. Die im Jahr 2024 durchgeführten Shunteingriffe stellen aufgrund des geringen zeitlichen Abstandes zum Ende des Untersuchungszeitraumes einen einschränkenden Faktor in der Auswertung dar.

5 Zusammenfassung

Die Hämodialyse ist derzeit das häufigste Nierenersatzverfahren bei Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz. Durch den demographischen Wandel ist mit einer Zunahme von multimorbiden Dialysepatienten und schwierigen Gefäßverhältnissen zu rechnen. Die Etablierung eines adäquaten und langfristig funktionstüchtigen vaskulären Zugangs ist von zentraler Bedeutung, um die Verwendung von zentralvenösen Dialysekathetern zu vermeiden und damit das Gesamtüberleben zu verbessern. Die Dialyseshuntchirurgie nimmt hier eine Schlüsselrolle ein, jedoch gibt es hinsichtlich der Qualität der Dialyseshuntchirurgie bislang keine Daten in der Bundesrepublik Deutschland. Nach fächerübergreifendem Konsens wurde im Jahr 2017 mit der Zertifizierung „Interdisziplinärer Zentren für Dialysezugänge“ durch die ClarCert GmbH begonnen. Ab Januar 2025 werden Daten der zertifizierten Zentren zur Erstanlage von Dialysezugängen im Deutschen Shuntregister erfasst. Eine erste Auswertung dieser Daten ist für Ende 2026 geplant.

Ziel dieser monozentrischen, retrospektiven Studie ist es, zu untersuchen, ob die am Universitätsklinikum Regensburg als Supramaximalversorger und nicht-zertifiziertem, universitären Zentrum ab dem Jahr 2019 in der Dialyseshuntchirurgie implementierten Struktur- und Prozessoptimierungen mit einer Verbesserung der Versorgungsqualität assoziiert sind.

Zwischen 2019 und 2024 wurden 398 Patienten mit insgesamt 194 Shunt-Erstanlagen und 599 Shuntrevisionen behandelt. Bei den Shunt-Erstanlagen wurden in der überwiegenden Mehrheit (95 %) native Dialyseshunts angelegt und es zeigte sich im jährlichen Verlauf eine Verschiebung von nativen distalen Unterarm-Shunts zu proximalen Lokalisationen. Der Anteil von Patienten mit präterminaler Niereninsuffizienz zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage stieg von 44 % (2019) auf 63 % (2024) an und das Zeitintervall zwischen Shunt-Erstanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit betrug bei diesen Patienten im Median etwa fünf bis sechs Monate. Präoperativ wurde bei allen Patienten ein Shuntmapping mittels DUS durchgeführt und die intraoperativen Kontrollen wurden von nicht-apparativ und Angiographie auf Sonographie umgestellt. Die primäre, die primär-assistierte und die sekundäre Offenheitsrate der 184 neu angelegten AVFs betrugen 72 %, 89 % und 96 % nach einem Jahr sowie 64 %, 84 % und 93 % nach zwei Jahren.

Von den 599 Shuntrevisionen waren Shunt Dysfunktion (46 %) und Shuntverschluss (29 %) die beiden häufigsten Revisionsursachen. Ursache und Art des Revisionseingriffes folgten keinem

eindeutigen Verlaufsmuster, jedoch wurde im Jahr 2022 während der COVID-19-Pandemie ein erhöhter Anteil an Shuntverschlüssen (43 %) verzeichnet. Ab dem Jahr 2020 erfolgte eine Umstellung der intraoperativen Kontrollen von nicht-apparativ sowie reiner Angiographie auf Sonographie und kombinierte Kontrollen. Im jährlichen Verlauf stieg die periprozedurale Katheterfreiheit bei den Shuntrevisionen von 61 % (2019) auf 79 % (2024) an, während die postprozedurale Punktabilität weitgehend gleich blieb (76 %–83 %).

Die 175 Shuntverschlüsse wurden überwiegend im Rahmen einer offen-chirurgischen Operation (46 %) oder Hybrid-Operation (51 %) versorgt, während die rein endovaskuläre Intervention und die Shuntaufhebung eine untergeordnete Rolle spielten. Der Anteil an Hybrid-Operationen nahm von 48 % (2019) auf 64 % (2024) zu, bei gleichzeitiger Abnahme der offen-chirurgischen Operationen. Die periprozedurale Katheterfreiheit beim Shuntverschluss verdoppelte sich annähernd mit jährlichen Schwankungen von 37 % (2019) auf 72 % (2024). Die postprozedurale Punktabilität nahm von 74 % (2019) bis 62 % (2023) ab, bevor im Jahr 2024 der höchste Wert (88 %) eines Kalenderjahres verzeichnet wurde. Mit Ausnahme des Jahres 2023 war eine Abnahme des medianen Zeitintervalls zwischen Diagnosestellung und Revisionsbeginn von 16 Stunden (2019) auf 7 Stunden (2024) zu beobachten. 14 % der Shuntverschlüsse im Untersuchungszeitraum waren Rezidivverschlüsse innerhalb von 14 Tagen.

Der Vergleich der Gruppe mit präterminaler versus terminaler Niereninsuffizienz zeigte, dass das weibliche Geschlecht in der univariaten Analyse signifikant häufiger in der Gruppe mit terminaler Niereninsuffizienz vertreten war. Zudem hatten Patienten in dieser Gruppe ein signifikant jüngeres Alter und seltener Risikofaktoren in der Voranamnese. Zentralvenöse Stenosen traten in der Gruppe mit terminaler Niereninsuffizienz signifikant häufiger als Revisionsursache auf. Sowohl die primäre Offenheitsrate als auch die primär-assistierte Offenheitsrate und die sekundäre Offenheitsrate unterschieden sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen. Im zweiten Gruppenvergleich zwischen Oberarm-AVFs und Unterarm-AVFs kam es bei Unterarm-AVFs signifikant häufiger zu fehlenden Entwicklungen sowie Shuntverschlüssen und bei Oberarm-AVFs signifikant häufiger zu Steal-Syndromen. Sowohl die primäre als auch die sekundäre Offenheitsrate unterschieden sich nicht signifikant zwischen den beiden Gruppen. Jedoch zeigte die Kaplan-Meier-Analyse einen statistisch signifikant niedrigeren Verlauf der primär-assistierten Offenheitsrate bei Unterarm-AVFs im Vergleich zu Oberarm-AVFs.

Zusammenfassend zeichnen sich am Universitätsklinikum Regensburg mit Implementierung von Struktur- und Prozessoptimierungsmaßnahmen ab dem Jahr 2019 Veränderungen verschiedener Versorgungsparameter in der Dialyseshuntchirurgie ab, die auf eine Verbesserung der Versorgungsqualität hindeuten. Die prospektive Erfassung aller Shunteingriffe in einem Shuntregister ermöglicht ein kontinuierliches Monitoring der behandelten Patientenfälle, die Identifizierung von Problemfeldern sowie die Möglichkeit für weitere Analysen innerhalb verschiedener Subgruppen und ist damit in jedem Fall eine erstrebenswerte Maßnahme. Die Auswertung der Daten aus dem Deutschen Shuntregister mit deutlich höheren Fallzahlen bleibt abzuwarten.

6 Abkürzungsverzeichnis

AVF	Arteriovenöse Fistel (engl. arteriovenous fistula)
AVG	Arteriovenöser Prothesenshunt (engl. arteriovenous graft)
BBAVF	Brachio-basiläre arteriovenöse Fistel
BCAVF	Brachio-cephale arteriovenöse Fistel
BRD	Bundesrepublik Deutschland
COVID-19-Pandemie	Coronavirus-Krankheit-2019-Pandemie
CVC	Zentralvenöser Katheter (engl. centralvenous catheter)
DOPPS	Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study
DSA	Digitale Subtraktionsangiographie
DUS	Duplexultraschall
ERBP	European Renal Best Practice
ESVS	European Society for Vascular Surgery
GFR	Glomeruläre Filtrationsrate
HAIDI	engl. hemodialysis access-induced distal ischemia
HD	Hämodialyse
IQR	Interquartilsabstand
KDOQI	Kidney Disease Outcomes Quality Initiative
KRT	Nierenersatzverfahren (engl. kidney replacement therapy)
NI	Niereninsuffizienz
OAK	Orale Antikoagulation
OR	Odds Ratio
pAVK	Periphere arterielle Verschlusskrankheit
PD	Peritonealdialyse
PTA	Perkutane transluminale Angioplastie
RCAVF	Radio-cephale arteriovenöse Fistel
TAH	Thrombozytenaggregationshemmer
UKR	Universitätsklinikum Regensburg
USA	Vereinigte Staaten von Amerika
95 %-KI	95 %-Konfidenzintervall

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Art des Shunteingriffes des Gesamtkollektivs zwischen 2019 und 2024 (n = 826)	25
Abbildung 2 Geschlechterverteilung des Gesamtkollektivs zwischen 2019 und 2024 (N = 398)	26
Abbildung 3 Risikofaktoren und Vormedikationen des Gesamtkollektivs zwischen 2019 und 2024 (N = 398)	26
Abbildung 4 Ursache für die Dialysepflichtigkeit des Gesamtkollektivs zwischen 2019 und 2024 (N = 398)	28
Abbildung 5 Jährliche Verteilung der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	29
Abbildung 6 Geschlechterverteilung der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	30
Abbildung 7 Risikofaktoren und Vormedikationen der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	30
Abbildung 8 Prä- und terminale Niereninsuffizienz zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	31
Abbildung 9 Jährliche Verteilung der prä- und terminalen Niereninsuffizienzen zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	32
Abbildung 10 Seitenverteilung der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194) ...	32
Abbildung 11 Shuntmaterial der Shunt-Erstanlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	33
Abbildung 12 Lokalisation der AVF-Anlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 184).....	34
Abbildung 13 Jährliche Verteilung der Lokalisationen der AVF-Anlagen zwischen 2019 und 2024 (n = 184)	34
Abbildung 14 Präoperativer Dialysekatheter vor Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	36
Abbildung 15 Jährliche Verteilung der präoperativen Dialysekatheter vor Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	36
Abbildung 16 Intraoperative Kontrolle bei Shunt-Erstanlage in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	37
Abbildung 17 Jährliche Verteilung der intraoperativen Kontrollen bei Shunt-Erstanlage in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 194).....	38
Abbildung 18 Sonographische Flussmessung in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 194)	39

Abbildung 19 Jährliche Verteilung der sonographischen Flussmessungen in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 194).....	39
Abbildung 20 Komplikation innerhalb von sechs Wochen nach Shunt-Erstanlage zwischen 2019 und 2024 (n = 194).....	41
Abbildung 21 Zeitintervall zwischen Shuntplanung und Shunt-Erstanlage (Boxplot).....	43
Abbildung 22 Zeitintervall zwischen Shunt-Erstanlage und Eintritt der Dialysepflichtigkeit (Boxplot)	44
Abbildung 23 Jährliche Verteilung der Shuntrevisionen am UKR zwischen 2019 und 2024 (n = 599).....	45
Abbildung 24 Revisionsursache zwischen 2019 und 2024 (n = 599).....	46
Abbildung 25 Jährliche Verteilung der Revisionsursachen zwischen 2019 und 2024 (n = 599)	47
Abbildung 26 Durchführende Fachabteilung der Shuntrevision zwischen 2019 und 2024 (n = 599).....	48
Abbildung 27 Jährliche Verteilung der durchführenden Fachabteilungen der Shuntrevision zwischen 2019 und 2024 (n = 599)	48
Abbildung 28 Art des Revisionseingriffes zwischen 2019 und 2024 (n = 599).....	49
Abbildung 29 Jährliche Verteilung der Arten des Revisionseingriffes zwischen 2019 und 2024 (n = 599).....	50
Abbildung 30 Intraoperative Kontrolle bei Shuntrevision in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 475)	51
Abbildung 31 Jährliche Verteilung der intraoperativen Kontrollen bei Shuntrevision in der gefäßchirurgischen Fachabteilung zwischen 2019 und 2024 (n = 475).....	52
Abbildung 32 Periprozeduraler Dialysekatheter im Rahmen der Shuntrevision zwischen 2019 und 2024 (n = 599).....	53
Abbildung 33 Jährliche Verteilung der periprozeduralen Dialysekatheter im Rahmen der Shuntrevision zwischen 2019 und 2024 (n = 599).....	53
Abbildung 34 Postprozedurale Punktabilität zwischen 2019 und 2024 (n = 572).....	54
Abbildung 35 Jährliche Verteilung der postprozeduralen Punktabilität zwischen 2019 und 2024 (n = 572).....	54
Abbildung 36 Zeitintervall zwischen Revisionsanmeldung und Shuntrevision (Boxplot).....	56
Abbildung 37 Postprozedurale Komplikation innerhalb von sechs Wochen zwischen 2019 und 2024 (n = 599).....	57

Abbildung 38 Erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen zwischen 2019 und 2024 (n = 599)	58
Abbildung 39 Jährliche Verteilung der erneuten Shuntrevisionen innerhalb von 14 Tagen zwischen 2019 und 2024 (n = 599)	58
Abbildung 40 Ursache für erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen (n = 71)	59
Abbildung 41 Art des Revisionseingriffes im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)	60
Abbildung 42 Jährliche Verteilung der Arten des Revisionseingriffes im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)	61
Abbildung 43 Intraoperative Kontrolle im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)	62
Abbildung 44 Jährliche Verteilung der intraoperativen Kontrollen im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)	63
Abbildung 45 Periprozeduraler Dialysekatheter im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)	64
Abbildung 46 Jährliche Verteilung der periprozeduralen Dialysekatheter im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 175)	64
Abbildung 47 Postprozedurale Punktabilität im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 173)	65
Abbildung 48 Jährlicher Verlauf der postprozeduralen Punktabilität im Rahmen des Shuntverschlusses zwischen 2019 und 2024 (n = 173)	66
Abbildung 49 Zeitintervall bis Revisionsbeginn im Rahmen des Shuntverschlusses (Boxplot)	67
Abbildung 50 Erneute Shuntrevision und erneuter Shuntverschluss innerhalb von 14 Tagen beziehungsweise einem Jahr nach vorausgegangenem Shuntverschluss (n = 175)	68
Abbildung 51 Jährliche Verteilung der erneuten Shuntrevisionen und der erneuten Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen beziehungsweise einem Jahr nach vorausgegangenem Shuntverschluss (n = 175)	69
Abbildung 52 Kaplan-Meier-Analyse der primären Offenheitsrate von prä- und terminaler Niereninsuffizienz	74
Abbildung 53 Kaplan-Meier-Analyse der primär-assistierten Offenheitsrate von prä- und terminaler Niereninsuffizienz	75
Abbildung 54 Kaplan-Meier-Analyse der primären Offenheitsrate von Oberarm- und Unterarm-AVFs	80

Abbildung 55 Kaplan-Meier-Analyse der primär-assistierten Offenheitsrate von Oberarm- und Unterarm-AVFs	81
---	----

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Ursachen für die Dialysepflichtigkeit basierend auf dem European Renal Association Registry Annual Report 2022 [9]	8
Tabelle 2 Prävalenzen und Inzidenzen von AVF, AVG und CVC im internationalen Vergleich (DOPPS V, 2012–2015) [12]	9
Tabelle 3 Übersicht der Arten des Shunteingriffes am UKR (n = 826).....	25
Tabelle 4 Übersicht der Risikofaktoren und Vormedikationen des Gesamtkollektivs (N = 398)	27
Tabelle 5 Übersicht der Shuntpatienten mit Nierentransplantation des Gesamtkollektivs (n = 101)	27
Tabelle 6 Übersicht der Ursachen für die Dialysepflichtigkeit des Gesamtkollektivs (N = 398)	28
Tabelle 7 Übersicht der Shunt-Erstanlagen am UKR (n = 194).....	29
Tabelle 8 Übersicht der Risikofaktoren und Vormedikationen der Shunt-Erstanlagen (n = 194)	31
Tabelle 9 Übersicht der prä- und terminalen Niereninsuffizienzen zum Zeitpunkt der Shunt-Erstanlage (n = 194)	32
Tabelle 10 Übersicht der Seitenverteilungen der Shunt-Erstanlagen (n = 194)	33
Tabelle 11 Übersicht der Shuntmaterialien der Shunt-Erstanlagen (n = 194).....	33
Tabelle 12 Übersicht der Lokalisationen der AVF-Anlagen (n = 184).....	35
Tabelle 13 Übersicht der Lokalisationen der AVG-Anlagen (n = 10).....	35
Tabelle 14 Übersicht der sekundären Vorverlagerungen am UKR (n = 194).....	35
Tabelle 15 Übersicht der präoperativen Dialysekatheter vor Shunt-Erstanlage (n = 194).....	36
Tabelle 16 Übersicht der intraoperativen Kontrollen bei Shunt-Erstanlage in der gefäßchirurgischen Fachabteilung (n = 194).....	38
Tabelle 17 Übersicht der sonographischen Flussmessungen in der gefäßchirurgischen Fachabteilung (n = 194)	40
Tabelle 18 Übersicht der postoperativen Acetylsalicylsäure-Einnahmen für vier Wochen (n = 194)	40
Tabelle 19 Übersicht der Komplikationen innerhalb von sechs Wochen nach Shunt-Erstanlage (n = 194)	41
Tabelle 20 Übersicht der ersten Shuntrevisionen innerhalb von 14 Tagen nach Shunt-Erstanlage (n = 194)	42
Tabelle 21 Übersicht der fehlenden Entwicklungen nach Shunt-Erstanlage (n = 194).....	42

Tabelle 22 Übersicht der Shuntrevisionen am UKR (n = 599)	45
Tabelle 23 Übersicht der Revisionsursachen (n = 599).....	47
Tabelle 24 Übersicht der durchführenden Fachabteilungen (n = 599).....	49
Tabelle 25 Übersicht der Arten des Revisionseingriffes (n = 599)	50
Tabelle 26 Übersicht der intraoperativen Kontrollen bei Shuntrevision in der gefäßchirurgischen Fachabteilung (n = 475).....	52
Tabelle 27 Übersicht der periprozeduralen Dialysekatheter (n = 599)	53
Tabelle 28 Übersicht der postprozeduralen Punktabilität (n = 572).....	55
Tabelle 29 Übersicht der postprozeduralen Komplikationen innerhalb von sechs Wochen (n = 599)	57
Tabelle 30 Übersicht der erneuten Shuntrevisionen innerhalb von 14 Tagen (n = 599)	59
Tabelle 31 Übersicht der Ursachen für erneute Shuntrevision innerhalb von 14 Tagen (n = 71)	59
Tabelle 32 Übersicht der Arten des Revisionseingriffes im Rahmen des Shuntverschlusses (n = 175)	61
Tabelle 33 Übersicht der intraoperativen Kontrollen im Rahmen des Shuntverschlusses in der gefäßchirurgischen Fachabteilung (n = 175).....	63
Tabelle 34 Übersicht der periprozeduralen Dialysekatheter im Rahmen des Shuntverschlusses (n = 175)	65
Tabelle 35 Übersicht der postprozeduralen Punktabilität im Rahmen des Shuntverschlusses (n = 173)	66
Tabelle 36 Übersicht der erneuten Shuntrevisionen und der erneuten Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen (n = 175)	69
Tabelle 37 Übersicht der erneuten Shuntrevisionen und der erneuten Shuntverschlüsse innerhalb von einem Jahr (n = 175)	69
Tabelle 38 Vergleich der basisdemographischen Parameter, Risikofaktoren und Vormedikationen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz	70
Tabelle 39 Vergleich der Shuntmaterialien zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz	71
Tabelle 40 Vergleich der Lokalisationen der AVF-Anlagen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz	71
Tabelle 41 Vergleich der postoperativen Shuntflüsse nach vier bis acht Wochen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz	71
Tabelle 42 Vergleich der fehlenden Entwicklungen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz	72

Tabelle 43 Vergleich des Patientenanteils mit mindestens einer Shuntrevision am UKR zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz	72
Tabelle 44 Vergleich der Revisionsursachen zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz	73
Tabelle 45 Vergleich der ersten Shuntrevisionen und der ersten Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen nach Shunt-Erstanlage zwischen prä- und terminaler Niereninsuffizienz.....	73
Tabelle 46 Primäre Offenheitsraten von prä- und terminaler Niereninsuffizienz nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren	74
Tabelle 47 Primär-assistierte Offenheitsraten von prä- und terminaler Niereninsuffizienz nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren.....	75
Tabelle 48 Sekundäre Offenheitsraten von prä- und terminaler Niereninsuffizienz nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren	76
Tabelle 49 Vergleich der basisdemographischen Parameter, Risikofaktoren und Vormedikationen zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs	76
Tabelle 50 Vergleich der postoperativen Shuntflüsse nach vier bis acht Wochen zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs.....	77
Tabelle 51 Vergleich der fehlenden Entwicklungen zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs	78
Tabelle 52 Vergleich des Patientenanteils mit mindestens einer Shuntrevision nach AVF-Anlage zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs	78
Tabelle 53 Vergleich der Revisionsursachen zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs.....	79
Tabelle 54 Vergleich der ersten Shuntrevisionen und der ersten Shuntverschlüsse innerhalb von 14 Tagen nach AVF-Anlage zwischen Oberarm- und Unterarm-AVFs	79
Tabelle 55 Primäre Offenheitsraten von Oberarm- und Unterarm-AVFs nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren.....	80
Tabelle 56 Primär-assistierte Offenheitsraten von Oberarm- und Unterarm-AVFs nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren	81
Tabelle 57 Sekundäre Offenheitsraten von Oberarm- und Unterarm-AVFs nach sechs Monaten, einem Jahr und zwei Jahren	82

9 Literaturverzeichnis

- [1] Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int* 2024; 105 (Suppl. 4): S117–S314. doi:10.1016/j.kint.2023.10.018
- [2] Brodmann D. Niereninsuffizienz. In: Klingele M, Brodmann D, Hrsg. Einführung in die Nephrologie und Nierenersatzverfahren. Berlin, Heidelberg: Springer; 2017: 19–51
- [3] Jager KJ, Kovesdy C, Langham R, et al. A single number for advocacy and communication—worldwide more than 850 million individuals have kidney diseases. *Kidney Int* 2019; 96: 1048–1050. doi:10.1016/j.kint.2019.07.012
- [4] GBD 2017 Disease and Injury Incidence and Prevalence Collaborators. Global, regional, and national incidence, prevalence, and years lived with disability for 354 diseases and injuries for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet* 2018; 392: 1789–1858. doi:10.1016/S0140-6736(18)32279-7
- [5] Foreman KJ, Marquez N, Dolgert A, et al. Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death: reference and alternative scenarios for 2016–40 for 195 countries and territories. *Lancet* 2018; 392: 2052–2090. doi:10.1016/S0140-6736(18)31694-5
- [6] Brodmann D, Klingele M. Dialyse: physikalische und technische Grundlagen. In: Klingele M, Brodmann D, Hrsg. Einführung in die Nephrologie und Nierenersatzverfahren. Berlin, Heidelberg: Springer; 2017: 85–117
- [7] Kellersmann R. Dialyseshunt: Grundzüge der Shuntchirurgie. In: Hoffmann U, Weiss N, Czihal M, et al., Hrsg. Klinische Angiologie. Berlin, Heidelberg: Springer; 2024: 253–259
- [8] Schmidli J, Widmer MK, Basile C, et al. Editor’s Choice – Vascular Access: 2018 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2018; 55: 757–818. doi:10.1016/j.ejvs.2018.02.001
- [9] Boenink R, Bonthuis M, Boerstra BA, et al. The ERA Registry Annual Report 2022: Epidemiology of Kidney Replacement Therapy in Europe, with a focus on sex comparisons. *Clin Kidney J* 2025; 18: sfae405. doi:10.1093/ckj/sfae405
- [10] Kraus D, Wanner C. Epidemiologie chronischer Nierenerkrankungen – werden es immer mehr Patienten? *Dtsch Med Wochenschr* 2017; 142: 1276–1281. doi:10.1055/s-0043-113464
- [11] Pisoni RL, Zepel L, Fluck R, et al. International Differences in the Location and Use of Arteriovenous Accesses Created for Hemodialysis: Results From the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). *Am J Kidney Dis* 2018; 71: 469–478. doi:10.1053/j.ajkd.2017.09.012
- [12] Pisoni RL, Zepel L, Port FK, et al. Trends in US Vascular Access Use, Patient Preferences, and Related Practices: An Update From the US DOPPS Practice Monitor With International Comparisons. *Am J Kidney Dis* 2015; 65: 905–915. doi:10.1053/j.ajkd.2014.12.014

- [13] Lok CE, Huber TS, Lee T, et al. KDOQI Clinical Practice Guideline for Vascular Access: 2019 Update. *Am J Kidney Dis* 2020; 75 (Suppl. 2): S1–S164. doi:10.1053/j.ajkd.2019.12.001
- [14] Gibbons CP. Primary Vascular Access. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2006; 31: 523–529. doi:10.1016/j.ejvs.2005.10.006
- [15] Brescia MJ, Cimino JE, Appel K, et al. Chronic Hemodialysis Using Venipuncture and a Surgically Created Arteriovenous Fistula. *N Engl J Med* 1966; 275: 1089–1092. doi:10.1056/NEJM196611172752002
- [16] Gracz KC, Ing TS, Soung L-S, et al. Proximal forearm fistula for maintenance hemodialysis. *Kidney Int* 1977; 11: 71–75. doi:10.1038/ki.1977.9
- [17] Dagher F, Gelber R, Ramos E, et al. The use of basilic vein and brachial artery as an A-V fistula for long term hemodialysis. *J Surg Res* 1976; 20: 373–376. doi:10.1016/0022-4804(76)90029-9
- [18] Almasri J, Alsawas M, Mainou M, et al. Outcomes of vascular access for hemodialysis: A systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg* 2016; 64: 236–243. doi:10.1016/j.jvs.2016.01.053
- [19] Murad MH, Elamin MB, Sidawy AN, et al. Autogenous versus prosthetic vascular access for hemodialysis: A systematic review and meta-analysis. *J Vasc Surg* 2008; 48 (Suppl. 5): S34–S47. doi:10.1016/j.jvs.2008.08.044
- [20] Antoniou GA, Lazarides MK, Georgiadis GS, et al. Lower-extremity Arteriovenous Access for Haemodialysis: A Systematic Review. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2009; 38: 365–372. doi:10.1016/j.ejvs.2009.06.003
- [21] Ravani P, Palmer SC, Oliver MJ, et al. Associations between Hemodialysis Access Type and Clinical Outcomes: A Systematic Review. *J Am Soc Nephrol* 2013; 24: 465–473. doi:10.1681/ASN.2012070643
- [22] Xue H, Ix JH, Wang W, et al. Hemodialysis Access Usage Patterns in the Incident Dialysis Year and Associated Catheter-Related Complications. *Am J Kidney Dis* 2013; 61: 123–130. doi:10.1053/j.ajkd.2012.09.006
- [23] Perl J, Wald R, McFarlane P, et al. Hemodialysis Vascular Access Modifies the Association between Dialysis Modality and Survival. *J Am Soc Nephrol* 2011; 22: 1113–1121. doi:10.1681/ASN.2010111155
- [24] Roberts DJ, Clarke A, Elliott M, et al. Association Between Attempted Arteriovenous Fistula Creation and Mortality in People Starting Hemodialysis via a Catheter: A Multicenter, Retrospective Cohort Study. *Can J Kidney Health Dis* 2021; 8: 1–10. doi:10.1177/20543581211032846
- [25] Lee T. Fistula First Initiative: Historical Impact on Vascular Access Practice Patterns and Influence on Future Vascular Access Care. *Cardiovasc Eng Technol* 2017; 8: 244–254. doi:10.1007/s13239-017-0319-9

- [26] Farber A, Imrey PB, Huber TS, et al. Multiple preoperative and intraoperative factors predict early fistula thrombosis in the Hemodialysis Fistula Maturation Study. *J Vasc Surg* 2016; 63: 163–170. doi:10.1016/j.jvs.2015.07.086
- [27] Robbin ML, Chamberlain NE, Lockhart ME, et al. Hemodialysis Arteriovenous Fistula Maturity: US Evaluation. *Radiology* 2002; 225. doi:10.1148/radiol.2251011367
- [28] Ravani P, Brunori G, Mandolfo S, et al. Cardiovascular Comorbidity and Late Referral Impact Arteriovenous Fistula Survival: A Prospective Multicenter Study. *J Am Soc Nephrol* 2004; 15: 204–209. doi:10.1097/01.ASN.0000103870.31606.90
- [29] Salih SSM, Mohamed KO, Mohamedali AOO, et al. Predictors of early arteriovenous fistula failure in patients with end stage renal disease on hemodialysis: a systematic review and meta-analysis. *Patient Saf Surg* 2025; 19: 1–12. doi:10.1186/s13037-025-00449-9
- [30] Lee T, Mokrzycki M, Moist L, et al. Standardized Definitions for Hemodialysis Vascular Access. *Semin Dial* 2011; 24: 515–524. doi:10.1111/j.1525-139X.2011.00969.x
- [31] Rooijens PPGM, Tordoir JHM, Stijnen T, et al. Radiocephalic Wrist Arteriovenous Fistula for Hemodialysis: Meta-analysis Indicates a High Primary Failure Rate. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2004; 28: 583–589. doi:10.1016/j.ejvs.2004.08.014
- [32] Wong V, Ward R, Taylor J, et al. Factors associated with early failure of arteriovenous fistulae for haemodialysis access. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 1996; 12: 207–213. doi:10.1016/S1078-5884(96)80108-0
- [33] Shechter SM, Skandari MR, Zalunardo N. Timing of Arteriovenous Fistula Creation in Patients With CKD: A Decision Analysis. *Am J Kidney Dis* 2014; 63: 95–103. doi:10.1053/j.ajkd.2013.06.021
- [34] Ethier J, Mendelssohn DC, Elder SJ, et al. Vascular access use and outcomes: an international perspective from the dialysis outcomes and practice patterns study. *Nephrol Dial Transplant* 2008; 23: 3219–3226. doi:10.1093/ndt/gfn261
- [35] Al-Jaishi AA, Liu AR, Lok CE, et al. Complications of the Arteriovenous Fistula: A Systematic Review. *J Am Soc Nephrol* 2017; 28: 1839–1850. doi:10.1681/ASN.2016040412
- [36] Kellersmann R, Kickuth R. Stenosen von arteriovenösen Dialysefisteln: Typ-1-, Typ-2- und Typ-3-Stenosen. *Gefässchirurgie* 2014; 19: 718–725. doi:10.1007/s00772-014-1382-2
- [37] MacRae JM, Dipchand C, Oliver M, et al. Arteriovenous Access Failure, Stenosis, and Thrombosis. *Can J Kidney Health Dis* 2016; 3: 1–11. doi:10.1177/2054358116669126
- [38] Regus S. Dialyseshunt: Management von Komplikationen. In: Hoffmann U, Weiss N, Czihal M, et al., Hrsg. *Klinische Angiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer; 2022: 267–272
- [39] Gallieni M, Hollenbeck M, Inston N, et al. Clinical practice guideline on peri- and postoperative care of arteriovenous fistulas and grafts for haemodialysis in adults. *Nephrol Dial Transplant* 2019; 34 (Suppl. 2): ii1–ii42. doi:10.1093/ndt/gfz072

- [40] Ryan SV, Calligaro KD, Dougherty MJ. Management of Hemodialysis Access Infections. *Semin Vasc Surg* 2004; 17: 40–44. doi:10.1053/j.semvascsurg.2003.11.004
- [41] Padberg FT, Calligaro KD, Sidawy AN. Complications of arteriovenous hemodialysis access: Recognition and management. *J Vasc Surg* 2008; 48 (Suppl. 5): S55–S80. doi:10.1016/j.jvs.2008.08.067
- [42] Malik J, Tuka V, Kasalova Z, et al. Understanding the Dialysis access Steal Syndrome. A Review of the Etiologies, Diagnosis, Prevention and Treatment Strategies. *J Vasc Access* 2008; 9: 155–166. doi:10.1177/112972980800900301
- [43] Echefu G, Stowe I, Lukan A, et al. Central vein stenosis in hemodialysis vascular access: clinical manifestations and contemporary management strategies. *Front Nephrol* 2023; 3:1280666. doi:10.3389/fneph.2023.1280666
- [44] Häckl D, Kossack N, Schoenfelder T. Prävalenz, Kosten der Versorgung und Formen des dialysepflichtigen chronischen Nierenversagens in Deutschland: Vergleich der Dialyseversorgung innerhalb und außerhalb stationärer Pflegeeinrichtungen. *Gesundheitswesen* 2021; 83: 818–828. doi:10.1055/a-1330-7152
- [45] Statistisches Bundesamt. Bevölkerung in Deutschland: 82,8 Millionen zum Jahresende 2017 (14.09.2018). Im Internet: https://www.destatis.de/DE/Presse/Pressemitteilungen/2018/09/PD18_347_12411.html; Stand: 09.09.2025
- [46] Bundesministerium für Gesundheit. Gesetzliche Krankenversicherung (GKV). Im Internet: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/gkv.html>; Stand: 28.12.2025
- [47] Kellersmann R, Hollenbeck M, Mickley V. Qualität am Hämodialysezugang – die Perspektive des Gefäßchirurgen. *Gefäßchirurgie* 2021; 26: 497–501. doi:10.1007/s00772-021-00827-4
- [48] Mickley V. Bedeutung von Shunt-Zentren und deren Zertifizierung. *Gefäßchirurgie* 2012; 17: 323–326. doi:10.1007/s00772-012-1015-6
- [49] ClarCert. Erhebungsbogen Interdisziplinäre Zentren für Dialysezugänge Regionale Shuntzentren, Shunt-Referenzzentren (18.09.2025). Im Internet: https://www.clarcert.com/_Resources/Persistent/d/7/8/f/d78fd6aed893ac4828fc105698275b35d789889a/_eb%20zentren%20f%C3%BCr%20dialysezug%C3%A4nge-Q2%20%28250918%29.docx; Stand: 09.12.2025.
- [50] Thomas SD, Ip EC, Katib N, et al. A comprehensive renal vascular access clinic results in improved patient outcomes and reduced costs. *ANZ J Surg* 2018; 88: 185–190. doi:10.1111/ans.13794
- [51] ClarCert. Zentrum für Dialysezugänge. Im Internet: <https://www.clarcert.com/systeme/interdisziplinare-zentren-fur-dialysezugange/system.html>; Stand: 01.12.2025
- [52] Sidawy AN, Gray R, Besarab A, et al. Recommended standards for reports dealing with arteriovenous hemodialysis accesses. *J Vasc Surg* 2002; 35: 603–610. doi:10.1067/mva.2002.122025

- [53] Al-Jaishi AA, Oliver MJ, Thomas SM, et al. Patency Rates of the Arteriovenous Fistula for Hemodialysis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Am J Kidney Dis* 2014; 63: 464–478. doi:10.1053/j.ajkd.2013.08.023
- [54] Georgiadis GS, Charalampidis DG, Argyriou C, et al. The Necessity for Routine Pre-operative Ultrasound Mapping Before Arteriovenous Fistula Creation: A Meta-analysis. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2015; 49: 600–605. doi:10.1016/j.ejvs.2015.01.012
- [55] Ferring M, Claridge M, Smith SA, et al. Routine Preoperative Vascular Ultrasound Improves Patency and Use of Arteriovenous Fistulas for Hemodialysis: A Randomized Trial. *Clin J Am Soc Nephrol* 2010; 5: 2236–2244. doi:10.2215/CJN.02820310
- [56] Won T, Jang JW, Lee S, et al. Effects of Intraoperative Blood Flow on the Early Patency of Radiocephalic Fistulas. *Ann Vasc Surg* 2000; 14: 468–472. doi:10.1007/s100169910082
- [57] Gerlinger T. Rückblick auf das deutsche Gesundheitssystem in der Corona-Pandemie (15.06.2024). Im Internet: <https://www.bpb.de/themen/gesundheit/gesundheitspolitik/549768/rueckblick-auf-das-deutsche-gesundheitssystem-in-der-corona-pandemie/>; Stand: 07.12.2025
- [58] Bylsma LC, Gage SM, Reichert H, et al. Arteriovenous Fistulae for Haemodialysis: A Systematic Review and Meta-analysis of Efficacy and Safety Outcomes. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2017; 54: 513–522. doi:10.1016/j.ejvs.2017.06.024
- [59] Thorlund K, Imberger G, Johnston BC, et al. Evolution of Heterogeneity (I²) Estimates and Their 95% Confidence Intervals in Large Meta-Analyses. *PLoS One* 2012; 7: e39471. doi:10.1371/journal.pone.0039471
- [60] Landeszentrale für politische Bildung Baden-Württemberg. Coronavirus - COVID-19: Die Pandemie in Deutschland. Im Internet: <https://www.lpb-bw.de/coronavirus-covid-19/>; Stand: 07.12.2025
- [61] Tonelli M, James M, Wiebe N, et al. Ultrasound Monitoring to Detect Access Stenosis in Hemodialysis Patients: A Systematic Review. *Am J Kidney Dis* 2008; 51: 630–640. doi:10.1053/j.ajkd.2007.11.025
- [62] Leskovar B, Furlan T, Poznič S, et al. Ultrasound-guided percutaneous endovascular treatment of arteriovenous fistula/graft. *Clin Nephrol* 2017; 88 (Suppl. 1): S61–S64. doi:10.5414/CNP88FX15
- [63] Sadaghianloo N, Jean-Baptiste E, Gaid H, et al. Early surgical thrombectomy improves salvage of thrombosed vascular accesses. *J Vasc Surg* 2014; 59: 1377–1384. doi:10.1016/j.jvs.2013.11.092
- [64] Hsieh M-Y, Lin L, Chen T-Y, et al. Timely thrombectomy can improve patency of hemodialysis arteriovenous fistulas. *J Vasc Surg* 2018; 67: 1217–1226. doi:10.1016/j.jvs.2017.08.072
- [65] Tordoir JHM, Bode AS, Peppelenbosch N, et al. Surgical or endovascular repair of thrombosed dialysis vascular access: Is there any evidence? *J Vasc Surg* 2009; 50: 953–956. doi:10.1016/j.jvs.2009.06.058

- [66] Kuhan G, Antoniou GA, Nikam M, et al. A Meta-analysis of Randomized Trials Comparing Surgery versus Endovascular Therapy for Thrombosed Arteriovenous Fistulas and Grafts in Hemodialysis. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2013; 36: 699–705. doi:10.1007/s00270-013-0564-8
- [67] Noordzij M, Jager KJ, van der Veer SN, et al. Use of vascular access for haemodialysis in Europe: a report from the ERA-EDTA Registry. *Nephrol Dial Transplant* 2014; 29: 1956–1964. doi:10.1093/ndt/gfu253
- [68] Beaumier M, Ficheux M, Couchoud C, et al. Is there sex disparity in vascular access at dialysis initiation in France? A mediation analysis using data from the Renal Epidemiology and Information Network registry. *Clin Kidney J* 2022; 15: 2144–2153. doi:10.1093/ckj/sfac179
- [69] Caplin N, Sedlacek M, Teodorescu V, et al. Venous access: Women are equal. *Am J Kidney Dis* 2003; 41: 429–432. doi:10.1053/ajkd.2003.50052
- [70] Ng LJ, Chen F, Pisoni RL, et al. Hospitalization risks related to vascular access type among incident US hemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2011; 26: 3659–3666. doi:10.1093/ndt/gfr063
- [71] Ko GJ, Rhee CM, Obi Y, et al. Vascular access placement and mortality in elderly incident hemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant* 2020; 35: 503–511. doi:10.1093/ndt/gfy254
- [72] Jeong S, Kwon H, Chang JW, et al. Patency rates of arteriovenous fistulas created before versus after hemodialysis initiation. *PLoS One* 2019; 14: e0211296. doi:10.1371/journal.pone.0211296
- [73] Azeem SM, Ehsan O, Khan MI. Patency and Complications of Arterio-venous Fistula Created in Pre- and Post-dialysis Settings. *J Coll Physicians Surg Pak* 2022; 32: 510–513. doi:10.29271/jcpsp.2022.04.510
- [74] Bashar K, Conlon PJ, Kheirelseid EAH, et al. Arteriovenous fistula in dialysis patients: Factors implicated in early and late AVF maturation failure. *Surgeon* 2016; 14: 294–300. doi:10.1016/j.surge.2016.02.001
- [75] Voorzaat BM, Janmaat CJ, van der Bogt KEA, et al. Patency Outcomes of Arteriovenous Fistulas and Grafts for Hemodialysis Access: A Trade-Off between Nonmaturation and Long-Term Complications. *Kidney360* 2020; 1: 916–924. doi:10.34067/KID.0000462020
- [76] Mohebi R, Chen C, Ibrahim NE, et al. Cardiovascular Disease Projections in the United States Based on the 2020 Census Estimates. *J Am Coll Cardiol* 2022; 80: 565–578. doi:10.1016/j.jacc.2022.05.033
- [77] Zhou M, Zhao G, Zeng Y, et al. Aging and Cardiovascular Disease: Current Status and Challenges. *Rev Cardiovasc Med* 2022; 23: 135–149. doi:10.31083/j.rcm2304135

10 Danksagung

Zuerst möchte ich Prof. Dr. med. Wilma Schierling meinen herzlichen Dank aussprechen, die mir das Promotionsthema überließ und mich während der gesamten Promotionsphase als Doktormutter fachlich begleitete. Besonders bedanke ich mich für die exzellente Betreuung, die stets zeitnahen Rückmeldungen bei Unklarheiten und die konstruktiven und detaillierten Verbesserungsvorschläge, die maßgeblich für das Gelingen des Promotionsvorhabens beitrugen.

Ich möchte Herrn Dipl.-Ing. André Truong für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung und bei inhaltlich-technischen Fragen rund um die Datenbank danken. Dank seiner fachlichen Expertise war eine Datenauswertung des Shuntregisters reibungslos möglich.

Ferner möchte ich mich bei meinen Freunden und meiner Familie bedanken, die mich während des Promotionsvorhabens stets unterstützten. Ihre hilfreichen Anmerkungen und Feedbacks sowie das Korrekturlesen der finalen Arbeit habe ich sehr geschätzt.

11 Eidesstattliche Erklärung

Ich, Daniel Lude Qian, erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe. Die aus anderen Quellen direkt oder indirekt übernommenen Daten und Konzepte sind unter Angabe der Quelle gekennzeichnet. Insbesondere habe ich nicht die entgeltliche Hilfe von Vermittlungs- bzw. Beratungsdiensten (Promotionsberater oder andere Personen) in Anspruch genommen. Niemand hat von mir unmittelbar oder mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeit erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen. Die Arbeit wurde bisher weder im In- noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Regensburg, Januar 2026

Daniel Lude Qian