

**Institut für Röntgendiagnostik
des Klinikums rechts der Isar
der Technischen Universität München
(Direktor: Univ.-Prof. Dr. E. Rummeny)**

**Abteilung für Interventionelle Radiologie
(Leiter: Univ.-Prof. Dr. H. Berger)**

**Wertigkeit der perkutanen transluminalen Angioplastie bei
Dialyse-Shunt-Dysfunktion**

Veronika Düweling

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Medizin
der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Medizin genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr. D. Neumeier

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr. H. Berger
2. Univ.-Prof. Dr. H.-H. Eckstein

Die Dissertation wurde am 01.02.2005 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Medizin am 11.05.2005
angenommen.

meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	9
1.1	Allgemeiner Überblick.....	9
1.2	Historischer Überblick.....	11
1.3	Pathophysiologie	12
1.4	Problemstellung.....	13
1.5	Diagnostik der Shunt Dysfunktion.....	15
1.6	Therapie der Shunt Dysfunktion.....	17
1.6.1	Shuntchirurgie.....	17
1.6.2	Perkutane transluminale Angioplastie.....	17
1.7	Komplikationen.....	19
1.8	Kontraindikationen.....	20
1.9	Ausschlußkriterien.....	21
2	Patienten, Material und Methoden.....	22
2.1	Patientenkollektiv.....	22
2.1.1	Alters- und Geschlechtsverteilung.....	22
2.1.2	Renale Erkrankung/ Ursache für dialysepflichtige Niereninsuffizienz..	23
2.1.3	Shuntalter.....	24
2.1.4	Shunttypen und Lokalisationen.....	24
2.1.5	Vorkommen von Stenosen und Thrombosen.....	26
2.2	Voruntersuchungen.....	27
2.2.1	Klinische Untersuchung.....	27
2.2.2	Ultraschall-Doppler-Untersuchung.....	27
2.2.3	Digitale Subtraktionsangiographie.....	27
2.3	Material.....	27
2.3.1	Katheter und Führungsdrähte	27
2.3.2	Ballonkatheter.....	28
2.3.3	Stents.....	28
2.3.4	Das hydrodynamische Thrombektomiesystem.....	30
2.3.5	Medikamente.....	30
2.3.5.1	recombinant tissue-type plasminogen activator.....	30
2.3.5.2	Heparin.....	31
2.4	Methodik.....	31
2.4.1	Punktion.....	31
2.4.2	Lysetherapie bei Shuntthrombose.....	33
2.4.3	Ballondilatation.....	33
2.4.4	Stentimplantation.....	36
2.4.5	Hydrodynamische Thrombektomie zur Fragmentierung von Thrombusmaterial.....	36
2.4.6	Periinterventionelle Medikation.....	37
2.4.7	Medikamentöse Nachbehandlung.....	37
2.4.8	Definition: Erfolg der Intervention	38

2.4.9	Definition: Offenheitsraten	39
2.4.10	Statistische Methoden.....	40
3	Ergebnisse.....	41
3.1	Allgemeines.....	41
3.2	Technischer Erfolg der Intervention.....	41
3.2.1	Thrombosen/ Stenosen.....	41
3.2.2	AV-Shunts/ Graftshunts.....	43
3.3	Stenosen.....	45
3.3.1	Lokalisationen.....	45
3.3.2	Stenosegrade bei Shunt Dysfunktion.....	48
3.3.3	Reststenose.....	49
3.3.4	Komplikationen.....	51
3.4	Offenheitsraten	52
3.4.1	Kollektiv der Patienten mit dauerhaftem Primärerfolg.....	52
3.4.1.1	Primäre Offenheitsraten aller AV-Shunts und Graftshunts nach Interventionen bei Stenosen und Thrombosen.....	53
3.4.1.2	Primäre Offenheitsraten nach Interventionen bei Stenosen und Thrombosen in AV-Shunts und Graftshunts.....	54
3.4.1.3	Primäre Offenheitsrate bei Shunt Dysfunktion mit Stenose >50% in Abhängigkeit vom Shunttyp: autologer Shunt/ Graftshunt.....	55
3.4.1.4	Primäre Offenheitsraten bei Shuntthrombosen in Abhängigkeit vom Shunttyp: autologer Shunt/ Graftshunt.....	56
3.4.2	Primäre unterstützte Offenheitsrate.....	57
3.4.2.1	Primäre unterstützte Offenheitsrate bei Patienten mit Shunt Dysfunktion mit Stenosen >50% Lumeneinengung bei autologen Shunts/ Graftshunts.....	58
3.4.2.2	Primäre unterstützte Offenheitsraten bei Patienten mit kompletten Shuntthrombosen bei autologen Shunts/Graftshunts.....	60
3.4.3	Sekundäre Offenheitsrate.....	61
3.4.3.1	Sekundäre Offenheitsrate bei Shunt Dysfunktion mit Stenosen >50% Lumeneinengung bei autologen Shunts/ Graftshunts.....	62
3.4.3.2	Sekundäre Offenheitsrate bei Shuntthrombosen bei autologen Shunts/Graftshunts.....	64
3.4.4	Ergebnisse der Shuntrekonstruktion nach Stentimplantation: Berechnung der Offenheitsraten	65
3.4.4.1	Dauerhafter Primärerfolg nach Stentangioplastie	65
3.4.4.2	Primäre unterstützte Offenheitsrate nach Stentangioplastie.....	66
3.4.4.3	Sekundäre Offenheitsrate nach Stentangioplastie.....	67
3.4.5	Offenheitsraten bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern.....	68
3.4.5.1	Diabetiker und Nicht-Diabetiker mit dauerhaftem Primärerfolg.....	68
3.4.5.2	Primäre unterstützte Offenheitsraten.....	69
3.4.5.3	Sekundäre Offenheitsraten.....	70
4	Diskussion.....	72

4.1 Shuntchirurgie und radiologische Interventionen.....	72
4.2 Patientenkollektiv.....	74
4.3 Diagnostik.....	75
4.4 Punktionstechnik.....	76
4.5 Hydrodynamische Thrombektomie.....	76
4.6 Thrombolyse.....	77
4.7 Komplikationen.....	77
4.8 Technischer Erfolg.....	77
4.9 Offenheitsraten.....	82
4.10 Stents.....	84
4.11 Offenheitsraten bei Diabetikern.....	85
5 Zusammenfassung	87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Historische Entwicklungen in der endovaskulären Diagnostik.....	
Tabelle 2: Historische Errungenschaften in der endovaskulären Therapie.....	
Tabelle 3: Verteilung der Grunderkrankungen.....	
Tabelle 4: Anzahl nativer AV-Shunts und Graftshunts.....	
Tabelle 5: Lokalisationen der Shunts.....	
Tabelle 6: Technischer Erfolg bei nativen AV-Shunts.....	
Tabelle 7: Technischer Erfolg bei Graftshunts.....	
Tabelle 8: Lokalisationen der Stenosen in nativen AV-Shunts.....	
Tabelle 9: Lokalisationen der Stenosen in Graftshunts.....	
Tabelle 10: Häufigkeiten des Stenosierungsgrades bei 72 nur mit Ballondilatation behandelten Shunts.....	
Tabelle 11: Reststenosen nach allen primären Interventionen (technisch erfolgreich und nicht erfolgreich).....	
Tabelle 12: Auflistung der aufgetretenen Komplikationen.....	
Tabelle 13: Primäre Offenheitsrate bei Patienten mit Shunt Dysfunktion (mit Stenose >50%) in Abhängigkeit vom Shunttyp	
Tabelle 14: Primäre Offenheitsraten nach Interventionen bei Shuntthrombosen in Abhängigkeit vom Shunttyp.....	
Tabelle 15: Primäre unterstützte Offenheitsrate bei Patienten mit Shunt Dysfunktion (mit Stenosen >50% Lumeneinengung) in Abhängigkeit vom Shunttyp.....	
Tabelle 16: Primär unterstützte Offenheitsraten nach Interventionen bei Patienten mit Shuntthrombosen in Abhängigkeit vom Shunttyp.....	
Tabelle 17: Sekundäre Offenheitsraten nach Interventionen bei Patienten mit Shunt Dysfunktion (Stenosen >50%) in Abhängigkeit vom Shunttyp.	
Tabelle 18: Sekundäre Offenheitsraten nach Interventionen bei Patienten mit Shuntverschlüssen in Abhängigkeit vom Shunttyp.....	
Tabelle 19: Dauerhafter Primärerfolg nach Stentangioplastie.	

Tabelle 20: Primäre unterstützte Offenheitsraten nach Stentangioplastie.....	
Tabelle 21: Sekundäre Offenheitsraten nach Stentangioplastie.....	
Tabelle 22: Diabetiker und Nicht-Diabetiker mit dauerhaftem Primärerfolg.....	
Tabelle 23: Primäre unterstützte Offenheitsraten nach PTA bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern.....	
Tabelle 24: Sekundäre Offenheitsraten nach PTA bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern.....	
Tabelle 25: Patientenkollektive verschiedener vergleichbarer Studien.....	
Tabelle 26: Definitionen des technischen Erfolgs in verschiedenen Studien.....	
Tabelle 27: Technische Erfolgsraten verschiedener Studien mit Graftshunts und nativen AV-Shunts.....	
Tabelle 28: Technische Erfolgsraten verschiedener Studien mit nativen AV-Shunts.....	
Tabelle 29: Literaturvergleich: dauerhafter Primärerfolg in anderen Studien.....	
Tabelle 30: Literaturvergleich: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren unterstützenden endovaskulären Behandlungen (primäre unterstützte Offenheitsraten) bei anderen Studien	
Tabelle 31: Literaturvergleich: Sekundäre Offenheitsraten in einer anderen Studie.....	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Verteilung der Patienten in Altersgruppen	
Abbildung 2: Verteilung der renalen Erkrankungen/ Ursachen für die terminale Niereninsuffizienz.....	
Abbildung 3: Shuntangiogramm eines Loopshunts.....	
Abbildung 4: Shuntangiogramm einer Ciminofistel.....	
Abbildung 5: Punktion der Arteria brachialis.....	
Abbildung 6: Ante- und retrograde Punktion eines Unterarm-Loopshunts.....	
Abbildung 7: und	
Abbildung 8: und	
Abbildung 9: Thrombosierte Ciminofistel am distalen Oberarm vor und nach der Dilatation einer Stenose.....	
Abbildung 10: Hydrodynamisches Thrombektomiesystem im endovaskulären Gebrauch.....	
Abbildung 11: Rekonstruktionsergebnisse der endovaskulären Behandlung bei Stenosen und Thrombosen	
Abbildung 12: Rekonstruktionsergebnis bei Shuntthrombosen im Vergleich autologe Shunts/Graftshunts	
Abbildung 13: Anteil der Stenosen und Thrombosen an gesamten Interventionen.....	
Abbildung 14: und	
Abbildung 15: Rekonstruktionsergebnisse bei AV-Shunts und Graft-Shunts	

Abbildung 16: und	
Abbildung 17: Rekonstruktionsergebnisse bei Thrombosen im Vergleich zwischen AV-Shunts und Graft-Shunts	
Abbildung 18: Lokalisationen der Stenosen in AV-Shunts und Graft-Shunts.....	
Abbildung 19: und	
Abbildung 20: und	
Abbildung 21: Verteilung der Lokalisationen der Stenosen in verschiedenen Shunttypen	
Abbildung 22: Häufigkeiten der Stenosierungsgrade von Stenosen (ohne Shuntthrombosen).....	
Abbildung 23: Reststenosen aller Interventionen.....	
Abbildung 24: Reststenosen nach erfolgreichen Shuntrekonstruktionen bei Stenosen, ohne Thrombosen.....	
Abbildung 25: Offenheitsraten von Dialyseshunts nach endovaskulärer Behandlung mit dauerhaftem Primärerfolg bei Stenosen und Thrombosen	
Abbildung 26: Offenheitsraten bei AV-Shunts und Graftshunts mit primärem Dauererfolg.....	
Abbildung 27: Offenheitsrate mit primärem Dauererfolg bei autologen Shunts und Graft-Shunts nach Dilatation einer Stenose >50% Lumeneinengung	
Abbildung 28: Offenheitsrate mit primärem Dauererfolg nach Interventionen bei Thrombosen bei autologen Shunts und Graftshunts.....	
Abbildung 29: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren unterstützenden endovaskulären Behandlungen nach Dilatation von Stenosen >50% bei autologen und Graftshunts	
Abbildung 30: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren unterstützenden endovaskulären Behandlungen nach Interventionen bei Thrombosen bei autologen und Graftshunts ...	
Abbildung 31: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren endovaskulären Behandlungen und chirurgischen Maßnahmen bei autologen Shunts und Graftshunts nach Dilatation von Stenosen >50%.....	
Abbildung 32: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren endovaskulären Behandlungen und chirurgischen Maßnahmen bei autologen Shunts und Graftshunts nach Interventionen bei Thrombosen	
Abbildung 33: Reststenosen nach Stentangioplastie	
Abbildung 34: Primäre Offenheitsraten nach Stentangioplastie.....	
Abbildung 35: Primäre unterstützte Offenheitsraten nach Stentangioplastie.....	
Abbildung 36: Sekundäre Offenheitsraten nach Ballondilatation und Stentimplantation.....	
Abbildung 37: Offenheitsraten von Shunts nach PTA mit primärem Dauererfolg	

bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern
Abbildung 38: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren
unterstützenden endovaskulären Behandlungen bei Diabetikern
und Nicht-Diabetikern
Abbildung 39: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren
endovaskulären Behandlungen und chirurgischen Maßnahmen
bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern.....

1 Einleitung

1.1 Allgemeiner Überblick

Für einen terminal niereninsuffizienten Menschen ist die Hämodialyse zur Elimination von harnpflichtigen Substanzen und Wasser eine lebensnotwendige Maßnahme. Dazu muss ein Blutvolumen von mindestens 100-300 ml pro Minute dialysiert werden, was bedeutet, dass diese Blutmenge pro Minute durch das Dialysegerät und mindestens die gleiche Blutmenge pro Minute durch zwei punktierbare Gefäße oder Gefäßabschnitte fließen muss. Die erfolgreiche Durchführung der Dialyse kann nur mit einem adäquaten und funktionierenden Gefäßzugang gewährleistet werden. Ein zentralvenöser Katheter als Zugang für die Hämodialyse kann grundsätzlich nur als temporäre, nie als dauerhafte Lösung betrachtet werden, da die Infektions- und Thrombosegefahr nicht zu unterschätzen und die Durchgängigkeit nicht von ausreichender Dauer ist (17,26). 1965 kreierte James Cimino (N.Y., USA) eine innere Gefäßfistel, indem er in Höhe des Handgelenkes die A. radialis an die V. cephalica anastomosierte und sich die Vene nach der Anastomose durch den erhöhten Blutfluß kaliberstark ausbildete und so zur Punktion für die Dialyse geeignet war. Die Schaffung einer für die chronische Hämodialyse regelmäßig punktierbaren inneren arteriovenösen Gefäßfistel setzt jedoch das Vorhandensein von Venen in geeigneter Lokalisation und von einem gewissen Kaliber voraus, außerdem muß sich die arterialisierte Vene nach der Anastomose zu einer kaliberstarken Shuntvene ausbilden, sie muß „reifen“. Eine Engstelle im Bereich der Anastomose oder die Ausbildung mehrerer venöser Kollateralen stört die Reifung der Shuntvene. Prinzipiell wird versucht eine Anastomose möglichst peripher anzulegen um Reservestrecke nach proximal zu haben. Treten nämlich Probleme mit der Anastomose oder der Shuntvene an der distalen Fistel auf, so kann man an den gleichen Gefäßen

weiter proximal eine Fistel anlegen, deren An- und Abstrom über noch unberührte Gefäße läuft. Bei der Anlage eines Shunts bieten sich zwei Möglichkeiten. Bei guten Venenverhältnissen kann eine direkte Anastomose zwischen einer Arterie und einer Vene geschaffen werden (nach Möglichkeit zwischen der A. radialis und der V. cephalica). Bei gering ausgebildeten oder bereits verbrauchten Gefäßen kann ein Stück eines Kunststoffinterponates zwischengeschaltet werden, das entweder gerade (Straight-Shunt) oder als Schlaufe (Loop-Shunt) verläuft. Für den Dialysepatienten ergeben sich jedoch neben den vielfältigen Problemen die die Nierenerkrankung und die Dialyse mit sich bringen, häufig Schwierigkeiten mit dem Gefäßzugang, die die Dialysefähigkeit gefährden und so die Therapie erschweren. Die Ausbildung von Stenosen vermindert den Shuntfluss und die Dialyse kann nicht effektiv durchgeführt werden. Der Verschluss des Gefäßzuges droht. Die Effizienz der Dialyse ist abhängig von der Flussstärke, welche wiederum durch den Shunt limitiert ist. Ist sie nicht ausreichend hoch für die Elimination der harnpflichtigen Substanzen und des überschüssigen Wassers im Körper, muß die Shuntfunktion verbessert werden.

1.2 Historischer Überblick

Seit dem Jahre 1929 trugen verschiedene Spezialisten aus den Gebieten der Chirurgie, der Radiologie und der Kardiologie zur Entwicklung der diagnostischen endovaskulären Technologie bei.

Entwickler	Jahr	Instrument	Anwendung
Dos Santos	1929	Nadel	bildgebende Darstellung
Forssman	1929	Koaxialer Katheter	physiologische Untersuchung
Cournand	1941	Koaxialer Katheter	kardiale Diagnostik
Seldinger	1953	Führungskatheter	perkutaner Zugang
Sones	1959	Koaxialer Katheter	Koronarangiographie

Tabelle 1: Historische Entwicklungen in der endovaskulären Diagnostik

Seit den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts lag und liegt der Schwerpunkt der Entwicklung der endovaskulären Technologie auf der therapeutischen Kathetervermittelten Vorgehensweise zur Behandlung von Gefäßkrankheiten. Thomas J. Fogarty entwickelte 1963 mit einem Ballonkatheter für die Embolektomie bei akutem Gefäßverschluss die erste therapeutische Kathetermethode, die auf breiter Ebene klinische Anwendung fand (14). Charles Dotter benutzte Fogartys Ballonkatheter ab 1965 zur Dilatation stenosierter Gefäße bei chronischer arterieller Verschlusskrankheit (11). A. Grüntzig weitete die klinische Anwendung des Ballonkatheters auf atherosklerotische Koronargefäße und periphere Gefäße durch weniger dehnbare Ballons aus (16). 1988 entwickelte J. Simpson ein Gerät zur endoluminalen Atherektomie.

Palmaz entwickelte 1985 ein Konzept für einen ballon-expandierbaren Stent (endoluminale Gefäßstütze aus Metall). Ein Jahr später dokumentierte er anhand weiterer Studien die Nutzbarkeit endoluminaler vaskulärer Grafts.

1991 berichtete J. Parodi über den Einsatz vaskulärer Stentgrafts. Der Stentgraft ist ein von Prothesenmaterial ummantelter Stent, der, analog üblicher ballon-expandierbarer Stent, mittels Katheter in das Gefäß eingebracht wird.

Entwickler	Jahr	Instrument	Anwendung
Fogarty	1963	Koaxialer Ballon	Thromb- od. Embolektomie
Dotter	1964	Koaxialer Katheter	Dilatation
Grüntzig	1974	Koaxialer Ballon	Dilatation
Palmaz	1985	Stent	Gefäßstütze
Simpson	1988	Koaxiales Schneidegerät	Atherektomie
Parodi	1991	Stentgraft	Gefäßprothese mit Stützfunktion

Tabelle 2: Historische Errungenschaften in der endovaskulären Therapie, Tab. 1 und 2 aus *Advances in Vascular Surgery*®, vol. 4, 1996, Mosby-Year Book, Inc.

1.3 Pathophysiologie

Ursächlich für die Ausbildung von Stenosen ist eine Hyperplasie der Gefäßintima, ausgelöst durch turbulente Strömung, erhöhten (arteriellen) Druck und wiederholte Traumata (Punktionen) und Hämatome als Folge der Traumata. Die charakteristische intimal hyperplastische Stenose ist eine konzentrische fokale Verdickung der Venenwand, die aus glatten Muskelzellen und extrazellulärer Matrix besteht (36). Verglichen mit atherosklerotischen Läsionen sind diese Intimahyperplasien schwieriger zu dilatieren und neigen dazu schneller und aggressiver zu rezidivieren. Auch die künstlich geschaffenen Anastomosen zwischen nativen Gefäßen oder zwischen nativem Gefäßabschnitt und Prothesenabschnitt sind Prädilektionsstellen für Stenosen. Hier ist die optimale Anastomosengeometrie von Bedeutung um deutliche Knickbildungen oder Kalibersprünge zu vermeiden. Engstellen im Bereich der Punktionsstrecke sind häufig auf die rezidivierenden Traumata in Form der Punktion zurückzuführen. Durch narbige Fibrosierung der Gefäßwand kommt es zur Stenosenbildung.

1.4 Problemstellung

Die perkutane transluminale Angioplastie (PTA) gilt seit Jahren als Methode der Wahl zur Behandlung von peripheren, cerebralen und coronaren Gefäßveränderungen. International anerkannt für die Behandlung von permanenten Gefäßzugängen für die chronische Hämodialyse sind die Empfehlungen der National Kidney Foundation (NKF-K/DOQI clinical practice guidelines for vascular access). Da es sich bei Dialysepatienten jedoch um ein sehr heterogenes Kollektiv handelt, mit verschiedenen Morbiditäten, die die Niereninsuffizienz verursachen oder aber Folgen der Niereninsuffizienz sind, gibt es kein generelles Regime für die Behandlung der Shundysfunktionen.

Diese Arbeit untersucht retrospektiv den Verlauf von 166 radiologisch kontrollierten, kathetergestützten Interventionen bei Shundysfunktionen. Kriterien für die Beurteilung des Erfolgs sind die Längen der Zeiträume ab der Intervention, während derer der Shunt einen ausreichenden Fluß für die Dialyse bietet, bis zum Zeitpunkt an dem durch jegliche Form der Shundysfunktion keine suffiziente Dialyse mehr möglich ist. Dann wird differenziert, ob die Shuntfunktion durch endovaskuläre Behandlungsmethoden wiederhergestellt werden kann und für welchen Zeitraum die Funktion weiter besteht, oder ob chirurgische Maßnahmen oder etwa eine Shuntneuanlage angezeigt sind. Die Zeiträume der Shuntfunktion nach endovaskulären Behandlungen werden in Abhängigkeit von verschiedenen Einflussfaktoren z.B. dem Shunttyp, der Art der Dysfunktion oder vaskulären Risikofaktoren miteinander verglichen.

Für die Analyse wurden Daten von 93 Patienten mit 103 Dialyseshunts ausgewertet. Einige Patienten hatten im untersuchten Zeitraum mehrere Shunts. Für die Datenerfassung wurden retrospektiv Akten ausgewertet. Nachuntersuchungen der Patienten wurden nicht durchgeführt. Durch die enge Anbindung der Patienten an das Dialysezentrum oder die Praxis lag eine gute Dokumentation vor.

Bei jeder Dialysesitzung wird ein Protokoll angefertigt, in dem die Flussstärke (in ml/min) durch den Shunt und das Gerät und die Dauer der Sitzung festgehalten wird. Anhand dieser Protokolle, der Berichte eventuell durchgeführter endovaskulärer Behandlungen, der Befunde von Ultraschall-Doppler-Untersuchungen und OP-Berichten der Gefäßchirurgie konnte der Verlauf untersucht und auftretende Dysfunktionen und deren Therapie registriert werden.

Der Erfolg einer endovaskulären Behandlung wird in dieser Arbeit primär anhand des angiographischen Ergebnisses beurteilt, sekundär muß jedoch auch die Funktion des Shunts in Betracht gezogen werden. Oftmals korreliert das angiographische nicht mit dem funktionellen Ergebnis der endovaskulären Behandlung. Auch bei angiographisch verbleibender Reststenose ist bei guter klinischer Funktion das therapeutische Ziel erreicht. Die behandelten Patienten haben entweder native arteriovenöse Shunts, die meistens als Cimino-Fistel distal am Unterarm zwischen A. radialis und V. cephalica angelegt sind, oder Kunststoffshunts, die als Loop-Shunt in Schlaufenform oder als Straight-Shunt mit gerade verlaufendem Interponat zwischen Arterie und Vene angelegt sind. Anatomie, Material und Strömungsverhältnisse sind bei nativen AV-Shunts und Kunststoffprothesenshunts verschieden und so ergeben sich auch verschiedene Charakteristika und Probleme bei den beiden Shunttypen. Diese Arbeit soll den Einfluß dieser Unterschiede auf das unmittelbare Ergebnis und den Langzeiterfolg der endovaskulären Behandlung verdeutlichen. Der präinterventionelle Status, der Ablauf der Intervention und der postinterventionelle Verlauf wurden statistisch erfasst bezüglich des Erfolgs der Intervention und des Zeitraums nach der Intervention, in dem neue Probleme auftraten. Der prozentuale Anteil von Shunts, der nach der endovaskulären Behandlung eine gute Funktion aufweist, wird als Offenheitsrate bezeichnet.

Analysiert wurden die Offenheitsraten über einen mittleren Nachbeobachtungsraum von 20,7 ($\pm 18,5$) Monaten.

In Zusammenarbeit mit Mitarbeitern des Instituts für Medizinische Statistik und Epidemiologie (IMSE) wurden die Methoden zur Datenerfassung und Auswertung erarbeitet.

Ziel dieser Arbeit ist es, die Wertigkeit der lokalen Lysetherapie, der perkutanen transluminalen Angioplastie und des endovaskulären Stenting im Hinblick auf die Erhaltung der Shuntfunktion zu untersuchen.

1.5 Diagnostik der Shundysfunktion

Bei Verdacht auf eine Shundysfunktion stellt sich der Patient im interdisziplinären Gefäßzentrum vor.

Bei der klinischen Untersuchung können durch Inspektion, Palpation und Auskultation erste Hinweise auf Art und Grad der Shundysfunktion erkennbar sein. Folgende Untersuchungsbefunde und Symptome bei den Patienten weisen auf eine Verschlechterung der Shuntfunktion hin und geben somit Anlaß zur Durchführung weiterer diagnostischer Maßnahmen: erhöhter arterieller Sog oder venöser Einlaufdruck mit Rezirkulation während der Dialyse, hochfrequente Strömungsgeräusche, fehlendes Shuntschwirren oder Pulsation im Bereich des Shunts, Schwierigkeiten bei der Punktion, Schmerzen in der Hand, verlängerte Blutungszeit aus den Punktionsstellen, verzögerte Heilung der Punktionsstellen, Entwicklung von Kollateralen, Armödem.

Bei der Ultraschall-Doppler-Untersuchung können erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten als Folge von Stenosen objektiviert und messbar gemacht werden und fehlende Strömungssignale eine Thrombose und deren Ausdehnung anzeigen. Die Bedeutung der Ultraschall-Doppler-Untersuchung ist hier noch nicht vollständig geklärt (29). Invasive Angiographien könnten durch sie unter Umständen vermieden werden, es sollte jedoch nicht zur Verzögerung einer notwendigen Behandlung kommen. Gesicherte Indikationen für die

Ultraschalluntersuchung sind die noch gering ausgebildete Fistel und ein mangelhafter arterieller Zustrom zur Unterarmfistel. Bei der noch unreifen Fistel liegt die Fistelvene häufig zu tief im Gewebe, sie kann chirurgisch in eine oberflächennähere Gewebsschicht verlegt werden. Im letzteren Fall liegt das Problem im Bereich der Anastomose, eine chirurgische Korrektur ist in solchen Fällen erfolgversprechender.

Als nächster Schritt in der Diagnostik steht die Shuntangiographie in digitaler Subtraktionstechnik (DSA) mit Kontrastmittel zur Verfügung. Diese Untersuchung gilt als Goldstandard für die Diagnostik beim dysfunktionellen Dialysehunt. Die Angiographie kann die Gefäßsituation der gesamten Extremität von der Arteria brachialis bis zur Hand bzw. Fistel/ Anastomose und von der Fistel/Anastomose bis zur Vena cava superior darstellen und bietet so die Möglichkeit Stenosen und Verschlüsse zu diagnostizieren und in gleicher Sitzung zu behandeln.

Jede DSA wird grundsätzlich in Interventionsbereitschaft durchgeführt bzw. so geplant.

Nach der Punktion des Shunts, der vorgeschalteten Arterie oder der nachgeschalteten Vene wird Kontrastmittel injiziert und unter Durchleuchtung das Gefäßlumen beurteilt; eventuelle Engstellen oder Thrombosen können lokalisiert werden.

Die CT-Angiographie und die Magnet-Resonanz-Angiographie stehen als neuere Methode zur Diagnostik zur Verfügung. Mit ihrer Hilfe können auch dreidimensionale Bilder von Gefäßabschnitten erstellt werden. Die Applikation von Kontrastmitteln ist zwar auch bei der CT- und der MR-Angiographie notwendig, sie sind jedoch weniger invasiv, als die konventionelle Angiographie. Identisch zur DSA können ohne besonderen Mehraufwand die Peripherie und der zentrale Abstrom beurteilt werden. Bei der MR-Angiographie können Artefakte durch Metallstents verursacht werden, die die Beurteilung des Angiogramms erschweren (10).

Verglichen mit der CT- und der MR-Angiographie ist die DSA billiger, leicht durchführbar und es kann die Diagnostik und die Therapie in gleicher Sitzung erfolgen. Nach wie vor gilt deshalb die DAS als Goldstandard in der Diagnostik der Shunddysfunktion.

1.6 Therapie der Shunddysfunktion

Prinzipiell können einerseits gefäßchirurgische Maßnahmen, andererseits Methoden der interventionellen Radiologie angewandt werden.

1.6.1 Shuntchirurgie

Gefäßchirurgische Eingriffe haben meistens eine Veränderung der Shuntanatomie zur Folge, es können zum Beispiel Engstellen durch Patch-Plastiken erweitert, Aneurysmen ausgeschnitten oder Kunststoff-Interponate eingefügt werden oder es werden Gefäßanastomosen revidiert, die ungünstige Strömungseigenschaften bieten. Operativ können Thrombektomien durchgeführt werden ohne den Shunt an sich zu verändern. Die Ultima Ratio bei einem Shunt, bei dem keine Möglichkeit zur Wiederherstellung einer ausreichenden Funktion besteht, ist die Shuntneuanlage.

1.6.2 Perkutane transluminale Angioplastie (PTA)

Dieser Begriff umfasst alle endovaskulären Therapiemöglichkeiten zur Gefäßrekonstruktion wie z.B. die lokale Lysetherapie, die Ballondilatation oder das Einbringen von Stents. In Abhängigkeit vom Befund aus den vorher genannten diagnostischen Methoden wird der Zugang geplant und erfolgt über die perkutane Punktion.

Der interventionelle Radiologe hat die Möglichkeit Hindernisse im Shuntlumen durch minimal-invasive Methoden zu beseitigen und bessere Flussbedingungen wiederherzustellen, ohne die Shuntanatomie zu verändern. Stenosen können

durch Ballondilatation und Stenting beseitigt werden und Thromben mit fibrinolytisch wirksamen Medikamenten aufgelöst oder mit speziellen endovaskulären Thrombektomiesystemen entfernt werden.

Zur **Lyse einer Shuntthrombose** wird das Verfahren der mechanisch unterstützten Spraylyse angewendet (5).

Nach zunächst retrograder Punktion wird versucht, den Verschuß mit Hilfe eines hydrophilen Führungsdrahtes zu überwinden. Ein Mehrlochlysekatheter wird im Thrombus (bei langem Thrombussegment im distalen Teil) platziert und das Fibrinolytium über Seitenlöcher manuell unter Druck in den Thrombus injiziert. Bei langem Verschlusssegment wird der Katheter um die Länge des Spraysegments zurückgezogen und Fibrinolytikum in den proximalen, noch nicht therapierten Thrombusabschnitt injiziert. Bei noch unzureichender Thrombolyse wird der Vorgang nach 5-10 Minuten wiederholt. Zur Kontrolle wird 20-30 Minuten später nach KM- Injektion durchleuchtet.

Zur **Ballondilatation** wird ein Ballonkatheter über den Führungsdraht in das Gefäß vorgeführt und in der Stenose hydraulisch manuell oder mittels Manometer mit einem Druck von 8- 25 atm inflatiert. Auf diese Weise wird das hyperplastische Material z.T. an die Gefäßwand gepresst und die Gefäßwand aufgeweitet. Die Indikation zur Ballondilatation wird aufgrund klinischer und anatomisch-funktioneller Parameter gestellt.

Die Indikation zur **Stentimplantation** wird gestellt bei elastischen Stenosen außerhalb der Punktionsstrecke des Shunts mit unzureichendem Ergebnis nach wiederholter Ballondilatation, z.B. Stenosen der zentralen Venen, die innerhalb weniger Wochen rezidivieren und chirurgisch nur sehr aufwändig angegangen werden könnten.

Die Lokalisation der Stenose schränkt die Implantation von Stents stark ein. Kontraindiziert ist ein Stent bei Stenosen der Punktionsstrecke, in Bewegungssegmenten, z.B. der regio cubiti/Ellenbeuge und in Lokalisationen, die eine spätere Höherverlagerung der Anastomose oder eine Shunt- Neuanlage

beeinträchtigen bzw. verhindern. Kurze ballonexpandierbare Stents können in der Anastomose platziert werden.

1.7 Komplikationen

Nach den Richtlinien für Dialysegefäßzugänge der Society of Cardiovascular and Interventional Radiology (1) zur Qualitätsverbesserung wird unterschieden zwischen Minor- und Major-Komplikationen. Minor-Komplikationen bedürfen keiner oder einer konservativen Therapie. Major-Komplikationen erfordern einen invasiven Eingriff (operativ oder endovaskulär rekonstruktiv) oder führen zum endgültigen Funktionsverlust des Shunts.

Es können lokale Blutungen auftreten, die durch Kompression der Punktionsstelle zum Stillstand gebracht werden. Bei stärkerer Einblutung und Hämatombildung ist die chirurgische Ausräumung erforderlich, da die Raumforderung den Shunt komprimieren und so den Shuntfluß beeinträchtigen kann. Ein Auftreten von allergischen Reaktionen auf Alteplase wurde nicht beobachtet. Distale arterielle Embolien bedürfen einer wiederholten lokale Lyse im embolisierten Gefäß oder einer perkutanen Aspirationsthrombembolektomie (PAT). Mechanische Irritationen der Gefäßwand, vor allem nach PTA können zum Spasmus mit transientser Ischämie der Akren führen und den lokalen Einsatz von Nitraten erforderlich machen. Bei der Dilatation rigider Stenosen mit hohen Drucken im Katheterballon kann das Gefäß rupturieren. Um eine massive Einblutung ins umgebende Gewebe zu verhindern, kann ein ummantelter Stent (Stent- Graft, covered stent) in das verletzte Gefäß eingebracht und die Läsion abgedichtet werden.

Auch durch den Führungsdraht kann die Gefäßwand verletzt werden und eine Dissektion kann zur Aneurysmabildung oder zur Ruptur führen und muß mit einem Stent versorgt werden. Wie bei jedem invasiven Eingriff kann auch bei der transluminalen Intervention eine Infektion verursacht werden.

1.8 Kontraindikationen

Eine perkutane transluminale Intervention gilt bei Shuntinfektionen, Aneurysmabildung im Shunttrakt, primär nicht oder mangelhaft ausgebildeten Shunts und solchen, die vor weniger als 6 Wochen angelegt wurden und noch nicht kräftig genug ausgebildet sind, als kontraindiziert (5). Ein koexistentes Steal-Syndrom verbietet die Dilatation einer venösen Stenose, da sich die Situation der Extremität dadurch verschlechtern würde (29).

Für die lokale Fibrinolysetherapie bestehen folgende allgemein gültige absolute Kontraindikationen:

- große Operation/ Unfall vor < 10 Tagen
- gastrointestinale Blutung vor < 10 Tagen
- bestehende Blutung oder nicht therapierbare Gerinnungsstörung
- unkontrollierte Hypertonie
- zerebrale Blutung in der Anamnese oder zerebrovaskuläre Zwischenfälle in den letzten 2 Monaten, Hirntumor
- floride Pankreatitis

Als relative Kontraindikationen zur Fibrinolysetherapie sind anzuführen:

- Schwangerschaft
- Leberfunktionsstörungen (hepatische Elimination)
- Bakterielle Endokarditis
- Hämorrhagische diabetische Retinopathie
- Ulkuskrankheit
- i.m. Injektion < 10 Tagen
- Marcumarisierung
- Große Operation > 10 Tagen < 6 Wochen
- Tumorleiden

1.9 Ausschlusskriterien

Als Grundlage für differentialtherapeutische Entscheidungen gelten die NKF-K/DOQI- Richtlinien.

Von einer radiologisch kontrollierten Intervention wurde abgesehen, wenn der Shunt langstreckig stenosiert und nicht mehr sanierbar war.

AV-Fisteln, jünger als 6 Wochen, wurden ebenfalls von der interventionellen Behandlung ausgeschlossen.

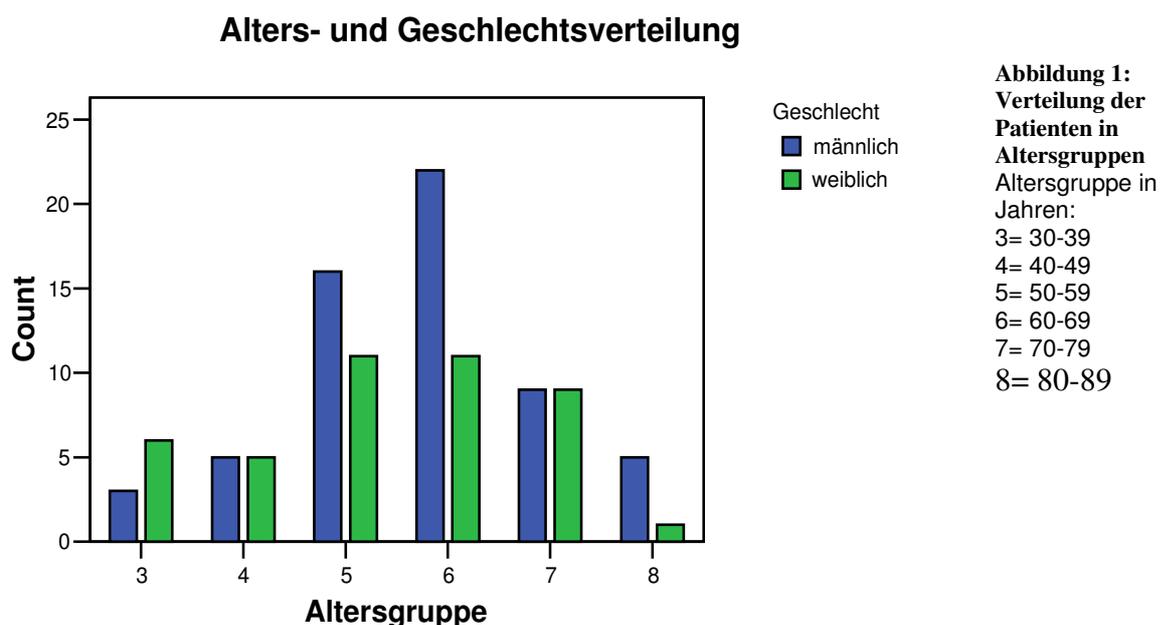
2 Patienten, Material und Methoden

2.1 Patientenkollektiv

Im Zeitraum zwischen 01.01.1997 und 31.12.2001 wurden bei chronisch niereninsuffizienten Patienten mit dysfunktionellen Dialyseshunts endovaskuläre Behandlung durchgeführt. Bei einigen Patienten mussten im Behandlungszeitraum mehrere Shunts angelegt werden. Bei jedem Patienten wurde die jeweils erste endovaskuläre Behandlung an einem neuen Shunt beurteilt. Der postinterventionelle Verlauf wurde bis zum Oktober 2003 beobachtet. Bei mehreren aufeinander folgenden endovaskulären Behandlungen an einem Shunt wurde der Verlauf in Bezug auf die jeweils erste hier durchgeführte (Ballondilatation/ Stent/ Lyse) beurteilt.

2.1.1 Alters- und Geschlechtsverteilung

93 Personen wurden behandelt und im Verlauf kontrolliert. 52 Patienten waren männlich, 41 weiblich. Das Durchschnittsalter betrug 60,12 Jahre, der Median 61 Jahre (31-83 Jahre).



2.1.2 Renale Erkrankung/ Ursache für die dialysepflichtige Niereninsuffizienz

Ursächlich für die Niereninsuffizienz waren: in 25 Fällen eine diabetische Nephropathie, in 24 Fällen ein entzündlicher Prozess (Glomerulonephritis n=16, interstitielle Nephritis n=7, chronische Pyelonephritis n=1), Schrumpfnieren n=6, polyzystische Nierenerkrankungen n=11, maligne Nierentumoren n=5, Amyloidose n=3, Nephrosklerose n=3, akutes Nierenversagen n=5, Nieren-Tbc n=1 und in 10 Fällen blieb die Ätiologie unklar.

Ursächliche Erkrankung	Anzahl der Patienten
Diabet. Nephropathie	25
Glomerulonephritis	16
Polyzystische Nierenerkrankung	11
Interstitielle Nephritis	7
Schrumpfnieren	6
Akutes Nierenversagen	5
Maligne Nierentumoren	5
Nephrosklerose	3
Amyloidose	3
Chronische Pyelonephritis	1
Nierentuberkulose	1
Unklare Ätiologie	10
Patienten gesamt	93

Tabelle 3: Verteilung der renalen Erkrankungen/ Ursachen für die terminale Niereninsuffizienz

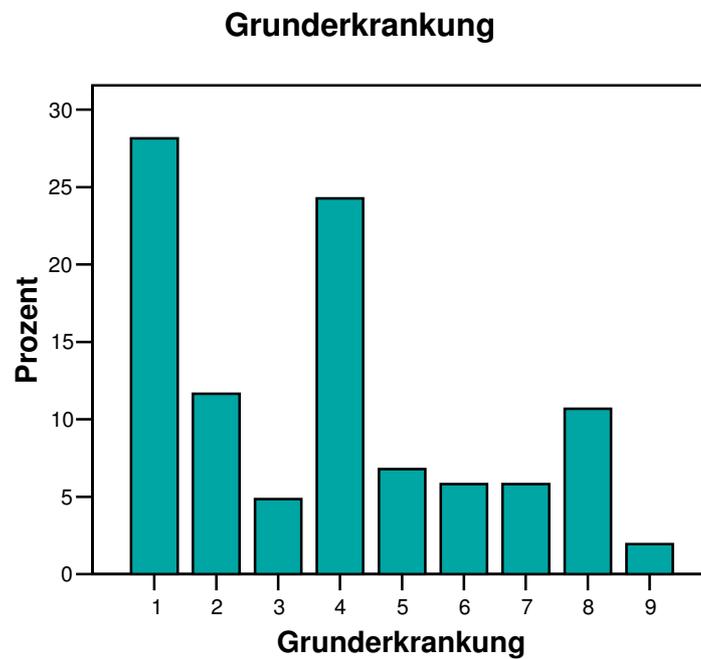


Abbildung 2: Verteilung der renalen Erkrankungen/ Ursachen für die terminale Niereninsuffizienz:
 1=Diabetische Nephropathie (28,2%), 2=Polyzystische Nierendegeneration (11,7%) , 3=Tumor,
 4=entzündliche Erkrankung (Glomerulonephritis, interstitielle Nephritis, chron. Pyelonephritis) (24,3%)
 , 5=Schrumpfnieren, 6=Multiorganversagen, akutes Nierenversagen, 7=Nephrosklerose, Amyloidose,
 8=unklar (10,7%) , 9=Nieren-Tbc

2.1.3 Shuntalter

Das Alter der behandelten Shunts bewegte sich zwischen 15 und 9730 Tagen und betrug im Mittel 999,7 Tage.

2.1.4 Shunttypen und Lokalisationen

Bei den 103 behandelten Shunts handelte es sich um 54 native AV-Fisteln, meist als typische Cimino-Fistel angelegt, z.T. mit Veneninterponat, 49 Shunts waren mit Prothesenmaterial angelegt (=Graft-Shunt).

Shunttyp	Anzahl der Shunts
AV-Fistel	54
Graftshunt	49
gesamt	103

Tabelle 4: Anzahl nativer AV-Shunts und Graftshunts

101 Shunts waren an der oberen Extremität lokalisiert (Unterarm: n=73, Oberarm: n=27, Subclavio-subclavial n=1), eine Person hatte einen Dekolleté-Shunt, eine Person hatte einen Oberschenkel-Shunt rechts.

Lokalisation	Anzahl der Shunts
Unterarm	73
Oberarm	27
Subclavia	1
Dekolleté	1
Oberschenkel	1
Gesamt	103

Tabelle 5: Lokalisationen der Shunts

24 der Graft-Shunts waren als Schlaufe (=Loop) angelegt, 23 mit einem geraden Interponat (=Straight-Shunt) und bei 2 Shunts war eine Kunststoffschlaufe mit einem geraden Interponat auf der venösen Seite kombiniert (=Straight-loop).



Abbildungen 3 und 4: li. Bild: Shuntangiogramm eines Loopshunts am Unterarm: antegrade Punktion, kräftige antegrade Injektion zur Darstellung der venösen Anastomose; → Shuntvene, ← venöse Anastomose, ▼PTFE-Loop

re. Bild: Shuntangiogramm einer Cimino fistel: venöse retrograde Punktion, der Katheter wurde transanastomotisch in die Arterie vorgeführt. ▼Shuntvene, ◀Anastomose

2.1.5 Vorkommen von Stenosen und Thrombosen

In 31 von 103 (30 %) Fällen zeigte sich eine komplette Thrombose des Shunts, bei 72 Shuntangiographien (70%) wurde eine hämodynamisch relevante Stenose diagnostiziert. Die 103 endovaskulären Behandlungen wurden bei 93 Patienten durchgeführt, 8 Patienten wurden an zwei verschiedenen Shunts behandelt, ein Patient an drei verschiedenen Shunts.

2.2 Voruntersuchungen

2.2.1 Klinische Untersuchung

Patienten mit klinische oder funktionell auffällig gewordenem Shunt stellten sich im interdisziplinären Gefäßzentrum des Klinikums rechts der Isar vor. Zunächst erfolgte die klinische Untersuchung des Shunts durch den aufnehmenden Arzt.

2.2.2 Ultraschall-Doppler-Untersuchung

Im Anschluss an die klinische Untersuchung wurde die Ultraschall-Doppler-Untersuchungen durchgeführt. Es wurden die Strömungsgeschwindigkeiten in den verschiedenen Shuntabschnitten gemessen, wobei besonderes Augenmerk auf klinisch auffällige Abschnitte gelegt wurde. In stenosierte Segmenten ergibt sich eine erhöhte Flussgeschwindigkeit, in thrombosierte Abschnitten ist kein Blutfluss messbar.

2.2.3 Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)

Entsprechend dem angiographischen Befund wurden Thrombosen von Stenosen unterschieden. Bei Stenosen wurden nach dem angiographischen Aspekt der Grad der Stenose und die Lokalisation festgestellt.

2.3 Material

2.3.1 Katheter und Führungsdrähte

Es wurden hydrophil beschichtete, steuerbare Führungsdrähte mit einer Stärke von 0,014 bis 0,035 inches (Terumo®, Tokyo, Japan., Boston Scientific®, Waterton, USA., Guidant®, Biegem, Belgien) verwendet. Der Vorteil des hydrophil beschichteten Drahtes gegenüber einem konventionellen Draht besteht darin, dass er leichter durch das Gefäß und auch über Stenosen hinweg gleitet.

Über den Führungsdraht wurde der Katheter eingeführt. Verwendet wurden gerade 4 F Radifocus Glidecath Endlochkatheter oder 4 F Cobra C1 Glidecath Endlochkatheter (beide Terumo®, Tokyo, Japan).

Katheter und Führungsdrähte wurden über primär eingelegte Schleusen von 4 F oder 5 F (Fa. Terumo®, Tokyo, Japan) eingeführt.

Für die mechanisch unterstützte Spraylyse kamen folgende Spray-Lyse-Katheter zum Einsatz: der 5 F 5-LOG bzw. 5 F 10-LOG-Katheter (Opti Med®, Ettlingen, D.) oder später der 4 F Fountain (Fa. Merrit Medical®, Galway, Ireland).

2.3.2 Ballonkatheter

Zur PTA wurde über einen Führungsdraht ein Ballonkatheter eingeführt. Zum Einsatz kamen der 3,6 F Katheter JOCATH®O.P.E.R.A, der 5 F Ballonkatheter Fox (jeweils Fa. JOMED AG, Beringen, CH) und der 5 F Ballonkatheter Smash (Fa. Boston Scientific, Waterton, USA.) in den jeweils erforderlichen Maßen (Länge und Durchmesser des Ballons).

Zur Dilatation sehr rigider Stenosen, z.B. narbiger Stenosen an mehrfach voroperierten Shunts, stand noch ein besonderer Ballonkatheter zur Verfügung, der 3,5 F Cutting balloon® Katheter (Boston Scientific). Radiär um den Ballon angeordnet befinden sich 3 Mikroklingen, die bei der Inflation die Intima der

zirkulär umgebenden Stenose kontrolliert einschneiden und so eine leichte Dilatation ermöglichen.

2.3.3 Stents

Unterschieden werden ballonexpandierbare und selbstexpandierbare Stents. Der **ballonexpandierbare** Stent wird aus einem rostfreien Stahlrohr gefräst. Er wird in komprimiertem Zustand geliefert und muss auf einen Ballonkatheter montiert werden. Er wird unter Durchleuchtung in der Stenose platziert und durch Inflation des Ballons an die Gefäßwand gepresst. Diese Stents sind starr und besitzen sehr hohe Radialkräfte. Werden sie durch Kräfte von außen komprimiert, besitzen sie keine Rückstellkraft. Von Vorteil ist, dass er sich bei der Entfaltung, im Gegensatz zum selbstexpandierbaren Stent, kaum verkürzt. Dies ermöglicht eine genauere Platzierung in der Stenose.

Verwendet wurden Palmaz-Stents (Cordis® Europa, Roden, Niederlande) und Herkulink Stents (Fa. Guidant®, Biegem, Belgien).

Selbstexpandierbare Stents bestehen z.B. aus den Materialien Elgiloy und Nitinol. Sie bestehen aus verflochtenen oder verlöteten Drahtfilamenten und sind bereits auf einem Trägerkatheter montiert. Zusammengehalten werden sie von einer Außenhülle, die, wenn der Katheter im Gefäß korrekt platziert ist, abgezogen wird. Nun entfaltet sich der Stent durch seine eigene Elastizität und drückt sich an die Gefäßwand. Er passt sich durch seine Flexibilität auch Biegungen oder Kaliberunterschieden im Gefäß gut an. Aufgrund der physikalischen Eigenschaften verkürzt sich ein Wallstent bei der Entfaltung abhängig vom Durchmesser, den er annimmt, was bei der Auswahl des passenden Stents zu berücksichtigen ist. Nitinol-Stents bestehen aus einer Nickel-Titan-Legierung mit temperaturabhängigem Memory-Effekt. Das Design entspricht im Wesentlichen einer Zick-Zack-Konfiguration, die nur eine geringe Verkürzung bei der Freisetzung aufweist. Unterschiedlich ausgeprägt ist das Risiko der Intimahyperplasie mit konsekutiver Stenosenbildung, wobei physikalische Eigenschaften des Stents wie die Längenveränderung und die

elastische Verformbarkeit bei Bewegung und Kompression der Extremität eine Rolle spielen.

Der Stent hat seinen Zweck in der Beseitigung von Stenosen durch endoluminale Aufweitung. In-Stent-Stenosen im Bereich des gestenteten Abschnitts oder Stenosen an den Stentenden stellen ein klinisches Problem im Langzeitverlauf dar.

Im Punktionsbereich des Shunts sollte die Implantation von Stents vermieden werden, da im gestenteten Abschnitt nicht mehr punktiert werden kann und somit die Punktionsstrecke verkürzt würde.

2.3.4 Das hydrodynamische Thrombektomiesystem

Zur hydrodynamischen Thrombektomie kam der Hydrolizer®, ein hydromechanisches Thrombektomiesystem (Cordis® Europa, Roden, NL.) zum Einsatz. Die Erklärung des Wirkungsmechanismus dieses Gerätes folgt im Abschnitt 2.4.5 Hydrodynamische Thrombektomie.

2.3.5 Medikamente

Zur Fibrinolysetherapie, die in 25 Fällen durchgeführt wurde, wurde das Fibrinolytikum Alteplase (=rt-PA) (Actilyse®, Boehringer-Ingelheim, Ingelheim, D.) eingesetzt. Während der Interventionen erhielten die Patienten einen i.v. Bolus Heparin, in Korrelation zum Körpergewicht. Es wurde unfraktioniertes Heparin (Liquemin®, Hoffmann-La Roche, Grenzach-Whylen, D.) verabreicht.

2.3.5.1 Recombinant tissue-type plasminogen activator (rt-PA)

t-PA (Alteplase) ist eine Protease und kommt in vielen menschlichen Organen und Geweben vor. Zu therapeutischen Zwecken steht gentechnologisch hergestellter (rekombinanter) rt-PA zur Verfügung. Er überführt Plasminogen in seine aktive Form, das Plasmin, welches Fibrinmoleküle aufspaltet und so einen Thrombus auflöst. In Abwesenheit von Fibrin sind t-PA und rt-PA kaum

wirksam, ist jedoch Fibrin vorhanden, steigt ihre Aktivität um 2 bis 3 Zehnerpotenzen. Ursächlich ist die hohe Affinität von (r)t-PA zu fibrin gebundenem Plasminogen. Beide Moleküle bilden bei der Anlagerung am Fibrin einen Komplex miteinander. Dies bewirkt eine effektive Aktivierung der Fibrinolyse am Thrombus, während die systemische Plasminogenaktivierung bei Dosen <50 mg/h gering ist.

(r)t-PA wird in einer initialen schnellen (α)-Phase mit einer Halbwertszeit (HWZ) von 3-5 min und einer langsameren, für die Fibrinolyse weniger bedeutsamen, β -Phase (HWZ = 46 min) in der Leber durch proteolytische Spaltung eliminiert.

2.3.5.2 Heparin

Das negativ geladene unfraktionierte Heparinmolekül (Molekülmasse 6000-30000 D) bindet an Antithrombin III und bewirkt hier eine Konformationsänderung, die zu einer schnellen Interaktion mit dem Thrombinmolekül führt. Thrombin und AT III bilden einen stabilen, antikoagulatorisch wirksamen Komplex, der durch das retikulo-endotheliale System abgebaut wird. Heparin wird aus dem Komplex wieder freigesetzt und kann erneut weitere AT III-Moleküle binden. Der Heparin-AT III-Komplex inaktiviert zudem Faktor Xa der Gerinnungskaskade. Etwa 40 % einer einmalig i.v. injizierten Heparindosis werden initial schnell mit einer HWZ von 5-10 min eliminiert, die weiteren 60 % in einer langsameren Phase mit einer HWZ von 60-90 min. Der größere Anteil wird beim Gesunden renal ausgeschieden, ein kleinerer Anteil wird durch heparinabbauende Enzyme in Leber und Plasma inaktiviert. Bei gestörter Nieren- oder Leberfunktion ist auch die Elimination beeinträchtigt und die Dosis muss entsprechend angepasst werden. Die Wirkung des Heparins kann in solchen Fällen auch durch die Gabe von Protaminsulfat antagonisiert werden.

2.4 Methoden

2.4.1 Punktion

Prinzipiell können zur diagnostischen Angiographie folgende Punktionszugänge gewählt werden: es kann arteriell antegrad, retrograd oder transfemorale punktiert werden oder von venöser Seite aus antegrad oder retrograd. Therapeutisch kann für die Angioplastie ein venöser oder ein arterieller Zugang gewählt werden.

In nahezu allen Fällen konnte durch die klinische Untersuchung, durch die Auswertung der Dialyse- Parameter oder durch eine Ultraschalluntersuchung festgestellt werden, ob ein Verschluss vorlag, oder in welchem Abschnitt des Shunts eine Stenose lokalisiert war bzw., ob es sich um ein Problem des arteriellen Einstroms oder des venösen Ausstroms handelte. Die exakte Kenntnis der anatomischen Verhältnisse war die Voraussetzung für die Zugangsplanung zur Intervention.

In den seltenen, unklaren Situationen ohne Anhaltspunkte für die Lokalisation der pathologischen Veränderung wurde über eine Punktion der Arteria brachialis eine Shuntangiographie durchgeführt, um die Pathologie angiographisch sichtbar zu machen. Bei bereits bekannter Stenose punktierte man die venöse Shuntstrecke antegrad und/oder retrograd. Wurde die Stenose in oder nahe der arteriellen Anastomose vermutet, wurde retrograd der venöse Schenkel punktiert, bei Stenosen im venösen Abfluß wurde mit größtmöglicher Vorlaufstrecke antegrad punktiert, entweder vom arteriellen Schenkel aus oder bei weiter zentral gelegenen venösen Stenosen möglichst distal und shuntnah im venösen Schenkel. Bei vermuteter oder klinisch oder sonographisch gesicherter kompletter Shuntthrombose war die antegrade und retrograde Punktion der venösen Shuntstrecke erforderlich, um das verschlossene Segment von beiden Seiten überlappend erreichen zu können (Therapie siehe 2.4.2). Bei prothetischen Shunts war so sowohl die arterio-prothetische als auch die

protheto-venöse Anastomose erreichbar. Der Zugang wurde mit je einer Schleuse, die über einen Führungsdraht eingeführt wurde, gesichert. Wenn nicht arteriell punktiert wurde und trotzdem der arterielle Zustrom dargestellt werden musste, konnte dies durch Angiographie mit forcierter KM-Injektion nach Anlegen einer Staumanschette mit suprasystolischem Druck erreicht werden. Es stellten sich dadurch in der Regel die arterielle Anastomose retrograd und der venöse Abstrom antegrad dar. Ein Verschluß oder eine Stenose konnten definitiv diagnostiziert werden.

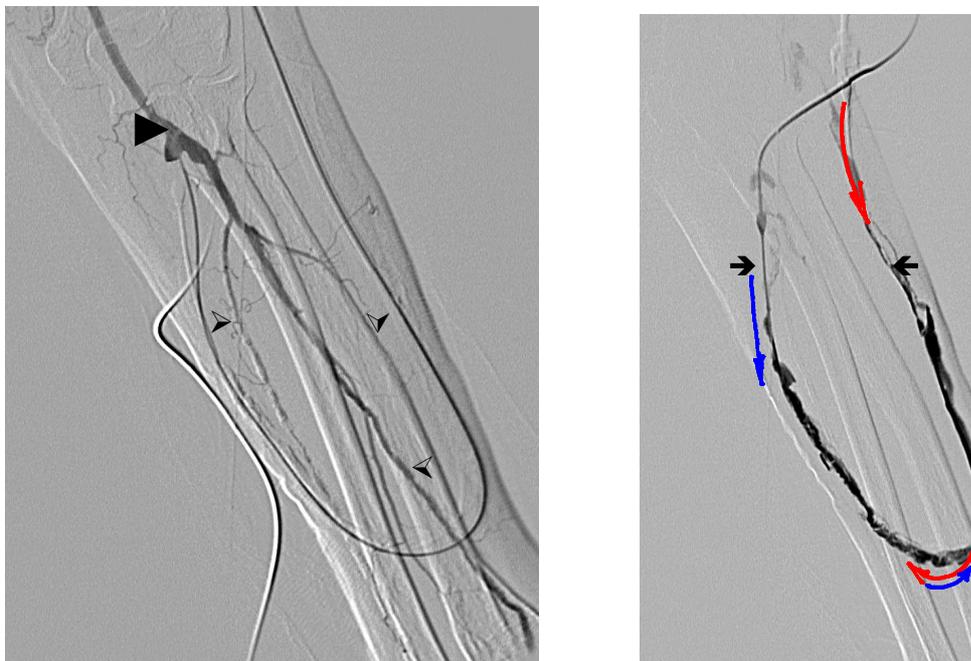


Abbildung 5: Punktion der Arteria brachialis, ►Punktionsstelle, ➤Arteria ulnaris, stark verkalkt, ▼Arteria radialis, ◀Arteria interossea

Abbildung 6: Ante- (➔) und retrograde (◀) Punktion eines Unterarm-Loopshunts. Der gesamte Shunt ist mit thrombotischem Material gefüllt.

2.4.2 Lysetherapie bei Shuntthrombose

Voraussetzung für die endovaskuläre Behandlung einer Thrombose war, dass die Shuntvene subkutan identifizierbar und gut palpabel war. Dieses Problem trat bei der Ciminofistel häufiger auf, beim Graft-Shunt dagegen war die Prothese in der Regel gut punktierbar.

Es wurde die mechanisch unterstützte manuelle Spraylyse, bei langen Verschlussstrecken mit Rückzugtechnik durchgeführt (siehe Therapie der Shunt dysfunktion).

2.4.3 Ballondilatation

Ein Ballonkatheter wurde über den Führungsdraht in das Gefäß vorgeführt und in der Stenose hydraulisch manuell oder mittels Manometer mit einem Druck von 8- 25 atm inflatiert. Die Indikation zur Ballondilatation wurde gestellt, wenn eine hämodynamisch relevante Lumeneinengung vorlag (in der Regel > 70%) und die Dialysefunktion signifikant beeinträchtigt war.

Nach venös retrograder oder antegrader, selten arterieller Punktion auf die Stenose zu, jedoch weit genug von ihr entfernt (mindestens 3 cm), Einführen einer Schleuse und angiographischer Darstellung wurde das stenosierte Segment mit einem steuerbaren Führungsdraht mit flexibler Spitze zu passiert. Der Durchmesser des gewählten Ballons wurde kaliberadaptiert gewählt. Bei Inflation des Ballons wurde der Druck langsam solange erhöht, bis die Taillierung im Ballon verschwand. Für bis zu 3 min wurde der Ballon in Position belassen. Bei unzureichender Dilatation wurde ein Ballon mit größerem Durchmesser gewählt und der Vorgang wiederholt. Bei extrem rigiden Stenosen mit unzureichender Aufweitung wurde ein Cutting-balloon verwendet.



Abbildung 7: Dialysefistel am distalen Oberarm: Punktion kurz nach der arteriellen Anastomose und antegrade Katheterisierung des venösen Schenkels, der Führungsdraht ist im Lumen sichtbar. Nach Kontrastmittelinjektion ist ein umspülter Thrombus in einem Aneurysma mit nachgeschalteter Stenose zu erkennen. <Vena brachialis, →Aneurysma mit nachgeschalteter Stenose

Abbildung 8: Dilatation der postaneurysmatischen Stenose mit kaliberadaptiertem Ballonkatheter nach erfolgreicher Lyse des Thrombus. > Dilatationsballon, ⇨Anastomose

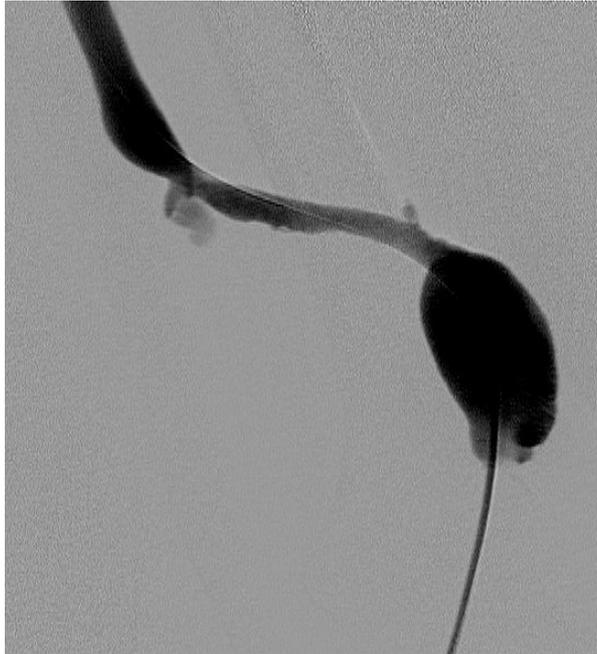


Abbildung 9: Der Shunt ist nach erfolgreicher Lyse und Dilatation frei perfundiert.

2.4.4 Stentimplantation

Bei 11 Interventionen (11 %) und 10 Patienten wurde ein Stent in der Stenose platziert, davon 2 in native Unterarm-AV-Fisteln, 2 in Unterarm-Gore-Shunts und 7 mal in Oberarmgraftshunts. Dabei wurde 5 mal eine Stenose der venösen Anastomose (4 mal bei Graftshunts und 1 mal an der venösen Anastomose eines autologen Vena saphenna magna-Interponates) und 6 mal eine Stenose des venösen Abstroms (5 mal im Abstrom von Graftshunts und einmal im Abstrom eines nativen AV-Shunts) mit einem Stent versorgt.

2.4.5 Hydrodynamische Thrombektomie zur Fragmentierung von Thrombusmaterial

Diese Kathetersysteme besitzen drei Lumina, eines für den Führungsdraht, eines für den Hochdruck- Flüssigkeitseinstrom und eines für den Flüssigkeitsausstrom. Durch den distal um 180° gebogenen Hochdruckkanal wird heparinisierte Kochsalzlösung unter einem Druck von 40 atm in das System gepumpt, tritt aus einer distalen Öffnung aus, passiert eine wenige

Millimeter lange seitliche Öffnung zum Gefäßlumen und wird in einem kaliberstarken Lumen mit den aspirierten Thrombusfragmenten nach extrakorporal abgesaugt, ohne direkt mit der Gefäßwand in Kontakt zu treten. Es entsteht ein starker Sog in der Umgebung der seitlichen Katheteröffnung, der Venturi-Effekt genannt wird. Durch diesen wird weiches Thrombusmaterial fragmentiert, in den Katheter gesaugt und entfernt (s. Abbildung 1)

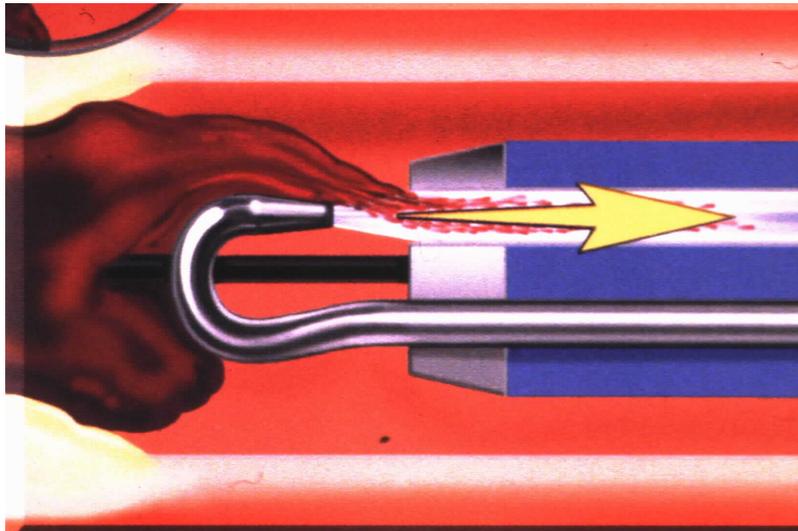


Abbildung 10: Hydrodynamisches Thrombektomiesystem im endovaskulären Gebrauch

2.4.6 Periinterventionelle Medikation

Für die thrombolytische Therapie wurden intraarteriell 3-15 mg rt-PA bei einer Interventionsdauer von 60-300 min. gegeben.

Die Dosis wurde in Abhängigkeit von der Thrombusmenge, des Organisationsgrades und des Fortschritts des Thrombolyseeffekts angepasst. Periinterventionell wurden 2000-3000 I.E. Heparin lokal gegeben.

2.4.7 Medikamentöse Nachbehandlung

In Abhängigkeit vom Behandlungsergebnis wurde an die lokale Fibrinolyse Therapie eine 24-stündige PTT-gesteuerte Heparinisierung angeschlossen.

Bei allen Stent-Patienten wurde die prophylaktische Gabe von Thrombozytenaggregationshemmern (Acetylsalicylsäure/Clopidogrel) angestrebt.

2.4.8 Definition: Erfolg des endovaskulären Eingriffs

Der Erfolg des endovaskulären Eingriffs wurde in drei Gruppen unterteilt:

1. technisch erfolgreich
2. nicht erfolgreich
3. diagnostisch

Das primäre Erfolgsziel der Intervention war es, für die Dialyse suffiziente Flußverhältnisse wieder herzustellen. Klinisch wurde anhand eines palpablen Shuntschwirrens die Funktion unmittelbar nach der Intervention überprüft. In Kontrollangiogrammen, die während und nach der Intervention angefertigt wurden, wurde das Ergebnis objektiviert und dokumentiert. Obwohl die vollständige Beseitigung der Stenosen angestrebt wurde, wurden maximale Reststenosen von 30% toleriert. **Technisch erfolgreich** war der Eingriff, wenn die Stenose auf max. 30% reduziert werden konnte, ein deutliches Shuntschwirren tastbar war und die klinischen Anzeichen einer Stenose verschwunden waren. Damit wurden die in den Clinical Practice Guidelines der National Kidney Foundation (NKF-K DOQI) empfohlenen Kriterien erfüllt. In einigen Fällen wurde der technische Erfolg nicht nach metrischen Kriterien wie der verbleibenden Reststenose in Prozent definiert, sondern unter funktionellen Aspekten betrachtet, wenn der Shuntfluss ausreichend gut war, die klinische Symptome der Stenose verschwunden waren und/ oder im Anschluss an die Intervention wieder problemlos dialysiert werden konnte. Als lediglich **diagnostischer Eingriff** wurde definiert, wenn durch diesen die Ursache der Dysfunktion geklärt, nicht jedoch interventionell behoben werden konnte. Voraussetzung war die erfolgreiche Punktion, Katheterisierung und angiographische Darstellung des Shunts, die die Problematik der Dysfunktion

und deren Lokalisation genau aufdeckte und die dazu führen konnte, dass der Shunt der gezielten chirurgischen Therapie zugeführt wurde, ohne dass eine Shuntneuanlage durchgeführt werden musste.

Nicht erfolgreich war ein Eingriff, wenn keine Punktion, Katheterisierung oder Angiographie möglich war und der Eingriff abgebrochen werden musste, ohne dass für die weitere Therapie ein Benefit aus der versuchten endovaskulären Behandlung entstanden war.

2.4.9 Definition: Offenheitsraten

Die Offenheitsrate der behandelten Dialyseshunts wurde in Abhängigkeit von der Zeit nach der Intervention und unter verschiedenen Bedingungen angegeben.

Die **primäre Offenheitsrate (primary patency)** ist definiert als der Prozentsatz der Patienten, bei denen der endovaskulär rekonstruierte Shunt nach der ersten Intervention bis zum Beobachtungszeitpunkt offen bleibt, also der Anteil der Shunts *mit interventionellem Dauererfolg*.

Die **primäre unterstützte Offenheitsrate (primary assisted patency)** ist der Anteil der Patienten, deren Shunts nach einer endovaskulären Rekonstruktion *durch wiederholte endovaskuläre Behandlungen* bis zum Beobachtungszeitpunkt funktionsfähig sind.

Die **sekundäre Offenheitsrate (secondary patency)** ist der Prozentsatz der Patienten mit endovaskulär behandelten Shunts, die *mit weiterer endovaskulärer Rekonstruktion und chirurgischer Unterstützung* bis zum Betrachtungszeitpunkt offen bleiben. Ist ein Shunt weder endovaskulär noch chirurgisch sanierbar, führt dies zum endgültigen Funktionsverlust mit konsekutiver Neuanlage.

2.4.10 Statistische Methoden

Die Daten wurden zur statistischen Bearbeitung in die Programme Microsoft Excel und SPSS (Statistical Package for Social Science) übertragen.

Häufigkeitsverteilungen und vergleichende Nebeneinanderstellungen verschiedener Gruppen wurden in Graphiken mit Hilfe von Microsoft Excel dargestellt.

Mit dem Programm SPSS wurden Life-table-Analysen nach Kaplan-Meier erstellt. Hier wurde zum Teil durch Darstellung zweier Life-tables in einer Graphik der Einfluss verschiedener Faktoren auf die Offenheitsraten gezeigt. Untersucht wurden die primären, die primären unterstützten und die sekundären Offenheitsraten nach endovaskulären Behandlungen. Um den Einfluß verschiedener Faktoren auf die Offenheitsraten zu objektivieren wurden die Offenheitsraten der verschiedenen Gruppen miteinander verglichen. Es wurden verglichen die Ergebnisse der Patienten mit nativen AV-Shunts mit den Patienten mit Graft-Shunts sowie Patienten, bei denen eine Shuntstenose der Dysfunktion zu Grunde lag mit denen, die eine Shuntthrombose hatten. Außerdem wurden die Offenheitsraten bei Patienten mit Diabetes mellitus verglichen mit denen von Nicht-Diabetikern.

3 Ergebnisse

3.1 Allgemeines

Soweit keine Einschränkungen explizit genannt werden gelten alle angegebenen Ergebnisse für das gesamte Kollektiv, bei dem präinterventionell die Absicht zu einem therapeutischen Vorgehen bestand („intention to treat“).

3.2 Technischer Erfolg der Intervention

3.2.1 Thrombosen/ Stenose

Bei **72** von 103 primären Interventionen zeigte das angefertigte Angiogramm eine oder mehrere hämodynamisch signifikante Stenosen, die zum entsprechenden klinischen Problem bzw. zur Dialysedysfunktion geführt hatten. 47mal waren AV-Shunts von Stenosen betroffen, 25 Graftshunts wiesen eine oder mehrere Stenosen als Ursache für die Shunt Dysfunktion auf. Fasst man die Ergebnisse für die Behandlungen der stenosierten AV- und Graftshunts zusammen, lassen sich folgende Aussagen machen: 82% (59/72) der Interventionen führten primär zum Erfolg, in 12,5% (9/72) der Eingriffe wurde das Problem interventionell nicht rekonstruierbar eingestuft und als eine diagnostische Shuntangiographie beendet. Der Patient wurde einer gezielten chirurgischen Therapie zugeführt. 5,5% (4/72) der Eingriffe verliefen erfolglos, diese 4 Stenosen betrafen ausschließlich AV-Shunts. In 3 Fällen konnte eine rigide Stenose auch mit hohem Druck nicht dilatiert werden. Die vierte erfolglose Prozedur wurde an einem AV-Shunt durchgeführt, der langstreckig mehrere Stenosen aufwies, eine interventionelle Therapie schien nicht sinnvoll, es erfolgte eine Shunt- Neuanlage.

In **31** von 103 (30%) Shuntangiogrammen wurde eine akute Shuntthrombose als Ursache für die Shunt Dysfunktion diagnostisch gesichert, 7mal waren AV-Shunts betroffen, 24mal Graftshunts. Für die Thrombosen zeigen sich folgende Ergebnisse: In 78% der Fälle (24/31) konnte durch die durchgeführte

Fibrinolysetherapie die Shuntfunktion wieder hergestellt werden. In 6% der Fälle (2/31) konnte der Verschluss durch die Lysetherapie rekanalisiert werden, die zugrunde liegende Stenose ließ sich aber nicht zufriedenstellend rekonstruieren und wurde einer chirurgischen Behandlung zugeführt.

16% verschlossene Shunts (5/31) konnten nicht interventionell rekanalisiert werden. Bei einem AV-Shunt konnte nach der Punktion die Anastomose nicht sondiert werden, in 3 AV-Shunts und einem Graftshunt war der Thrombus nicht oder nur teilweise lysierbar.

Autologe Shunts

	Stenosen (n=47)	Verschlüsse (n=7)
technisch erfolgreich	78,7% (37)	42,9% (3)
Diagnostisch	12,8% (6)	0% (0)
technisch nicht erfolgreich	8,5% (4)	57,1% (4)

Tabelle 6: Rekonstruktionsergebnisse der endovaskulären Behandlung bei nativen AV-Shunts, Angaben in Prozent, absolute Zahlen in Klammern

Graftshunts

	Stenosen (n=25)	Verschlüsse (n=24)
technisch erfolgreich	88% (22)	87,5% (21)
diagnostisch	12% (3)	8,3% (2)
technisch nicht erfolgreich	0% (0)	4,2% (1)

Tabelle 7: Rekonstruktionsergebnisse der endovaskulären Behandlung bei Graftshunts, Angaben in Prozent, absolute Zahlen in Klammern

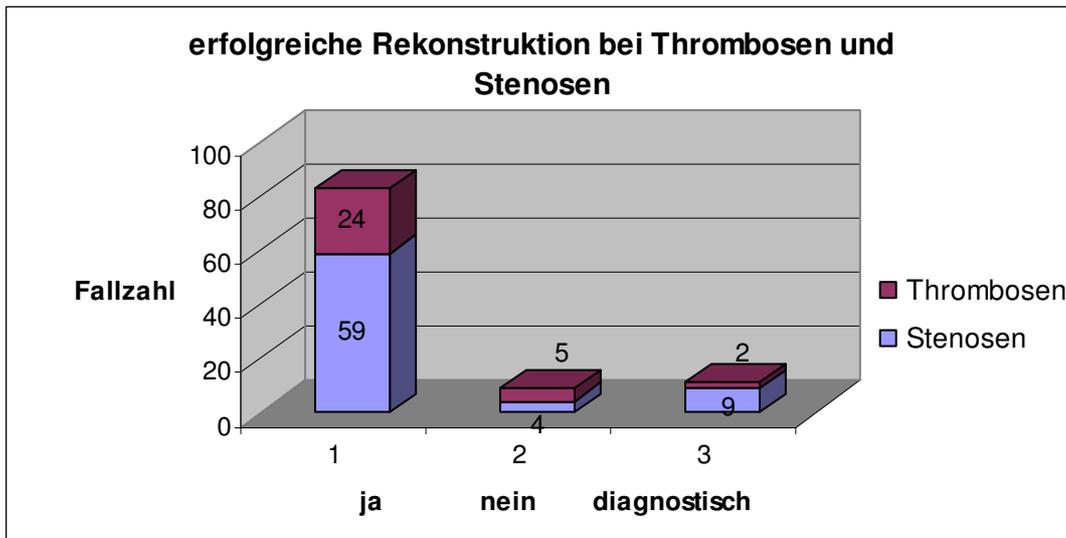


Abbildung 11: Rekonstruktionsergebnisse der endovaskulären Behandlung bei Stenosen und Thrombosen

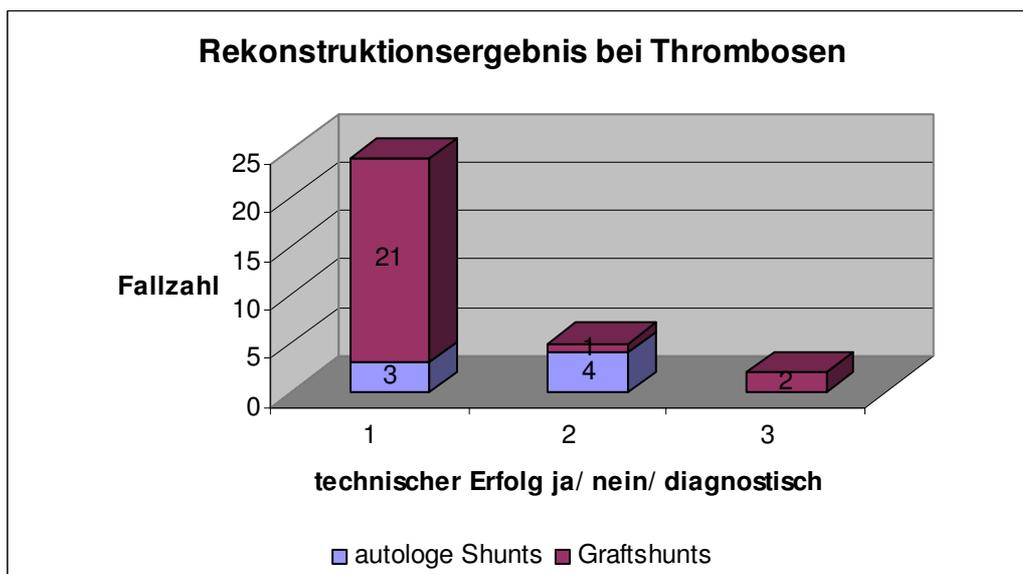


Abbildung 12: Rekonstruktionsergebnis bei Shuntthrombosen im Vergleich autologe Shunts (n=7)/Graftshunts (n=24); 1=technisch erfolgreich, 2=nicht technisch erfolgreich, 3=diagnostisch

3.2.2 AV-Shunt/ Graft-Shunt

Insgesamt lag die technische Erfolgsrate bei allen Interventionen an AV-Shunts bei 72% (39 von 54 Interventionen an nativen AV-Shunts), als diagnostische

Shuntdarstellung ohne Indikation für eine interventionelle Rekonstruktion wurde die Shuntangiographie bei weiteren 9% (5/54) durchgeführt. Bei 19% (10/ 54) konnte keine Verbesserung der Situation durch eine endovaskuläre Behandlung erzielt werden, da keine Punktion, Sondierung, Angiographie oder Rekonstruktion möglich war.

Bei den dysfunktionellen Graft-Shunts lag die Erfolgsquote bei 88% (43 von 49 Interventionen an Graft-Shunts), nur diagnostisch war der Eingriff bei 10% (5/49) und ohne therapeutischen Erfolg blieb lediglich 1 Patient (2%).

Die Rate akuter Thrombosen lag bei den AV-Shunts niedriger (7 Thrombosen bei 54 behandlungsbedürftigen AV-Shunts= 13%) als bei den Graft-Shunts (24 Thrombosen bei 49 Graft-Shunts= 49%), 77% aller Shuntthrombosen traten bei den Prothesenshunts auf. Die Rekanalisierungsrate eines verschlossenen Shunts lag bei den (häufiger verschlossenen) Prothesenshunts deutlich höher (21 erfolgreiche Rekanalisierungen bei 24 Thrombosen) als bei den AV-Shunts (3 mal erfolgreich bei 7 Thrombosen).

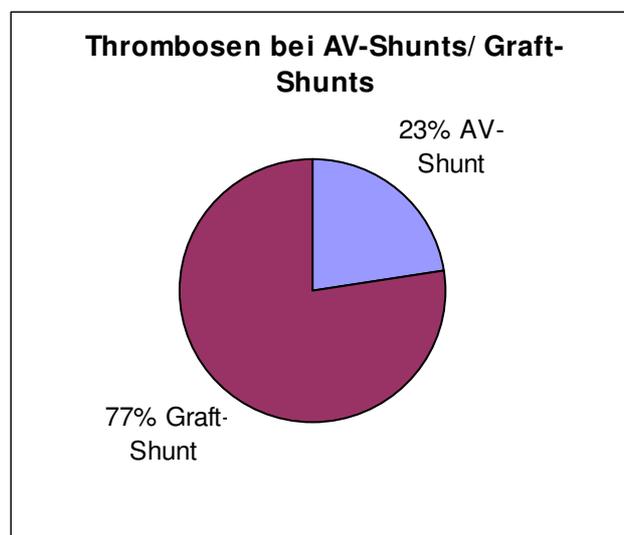


Abbildung 13: Anteil der Stenosen und Thrombosen an gesamten Interventionen

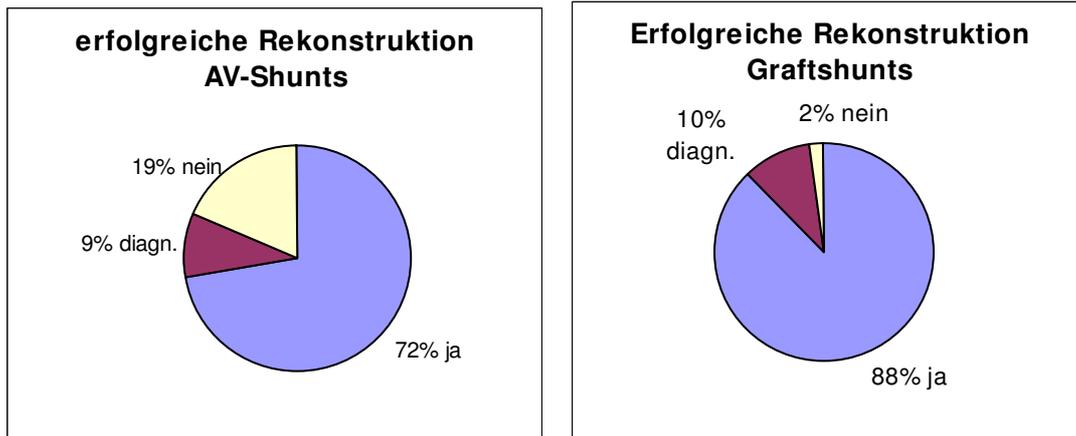


Abbildung 14 u. 15: Rekonstruktionsergebnisse bei AV-Shunts und Graft-Shunts

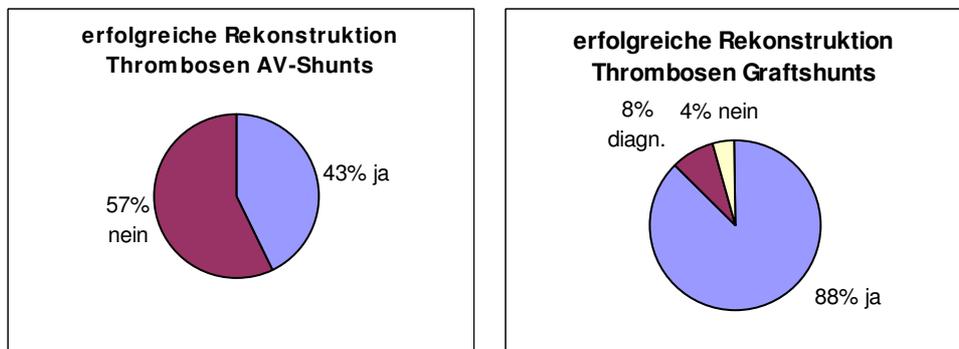


Abbildung 16 u. 17: Rekonstruktionsergebnisse bei Thrombosen im Vergleich zwischen AV-Shunts und Graft-Shunts

3.3 Stenosen

3.3.1 Lokalisation

In 81 von 103 Fällen (79 %) war ein isoliertes Shuntsegment stenotisch, bei 19 von 103 Shunts wurden mehrere Stenosen behandelt, bei zwei erfolglosen Rekanalisierungsversuchen wurde keine Stenose demaskiert und bei einem Patienten wurde die Lokalisation nicht dokumentiert. Es wurden 5 Lokalisationen der Stenosen unterschieden: Stenosen im arteriellen Einstrom, Stenosen an der arteriellen Anastomose, Stenosen an der venösen Anastomose, Stenosen im Loop selbst und Stenosen im venösen Abstrom.

Lokalisation der Stenosen in nativen Shunts

	Gesamt	Unterarm	Oberarm	Oberschenkel
Anzahl Shunts	54	42	11	1
Anastomose	11 (20%)	8 (18%)	3 (27%)	0
venöser Abstrom	42 (75%)	35 (78%)	7 (64%)	1
arterieller Einstrom	3 (5%)	2 (4%)	1 (9%)	0

Tabelle 8: Lokalisation der Stenosen in nativen AV-Shunts

Lokalisation der Stenosen in Graft-Shunts

Anzahl der Shunts	49
arterielle Anastomose	11 (17%)
venöse Anastomose	23 (37%)
venöser Abstrom	27 (43%)
im Loop	2 (3%)

Tabelle 9: Lokalisation der Stenosen in Graftshunts

In den meisten Fällen lag die Stenose im venösen Abstrombereich des Shuntraktes. An den autologen Unterarm-Shunts waren 35 Stenosen (78%) und an den autologen Oberarm-Shunts waren 7 Stenosen (64%) in diesem Bereich lokalisiert. In 43% der Fälle (27/49) waren bei Prothesen-Shunts Stenosen im venösen Abstrombereich lokalisiert. Der Anastomosenbereich war bei 49 Prothesenshunts insgesamt 34 mal (54%) von Stenosen betroffen, wobei 17% (11/49) auf die arterio-prothetale Anastomose (Übergang von der Arterie zum Kunststoffinterponat) und 37% (23/49) auf die protheto-venöse Anastomose (Übergang vom Kunststoffinterponat zur Vene) fielen. Der arterielle Einstrom war nur in 5% der Fälle (3/54) bei nativen AV-Shunts der Problembereich, bei zwei Prothesen-Loop-Shunts (2/49) war eine Stenose im Loop lokalisiert (3%). Bei einem autologen Shunt, der am Oberschenkel angelegt war, lag die Stenose im venösen Ausstrom. Bei den Graftshunts war keine Stenose im arteriellen Einstrombereich lokalisiert.

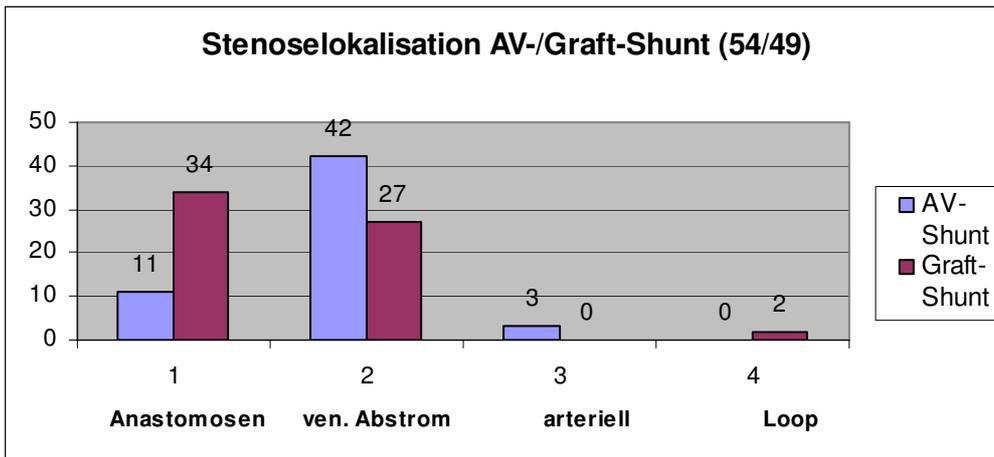


Abbildung 18: Lokalisationen der Stenosen in AV-Shunts (blau) und Graft-Shunts (rot), 1=Anastomose, 2=venöser Abstrom, 3=arterieller Einstrom, 4= im Loop

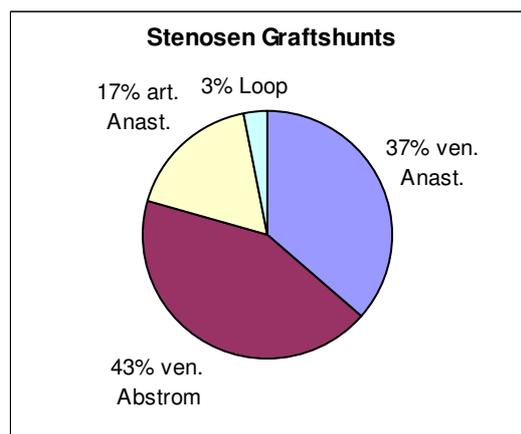
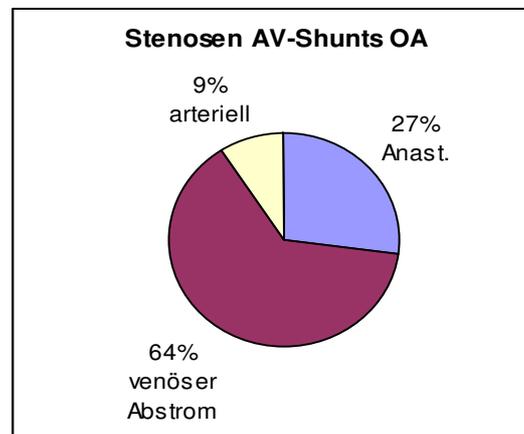
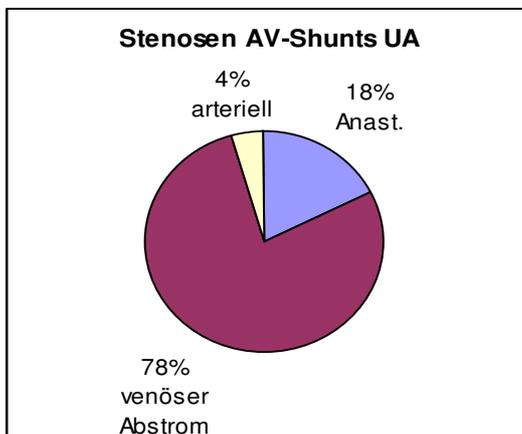


Abbildung 19, 20, 21: Verteilung der Lokalisationen der Stenosen in verschiedenen Shunttypen

3.3.2 Stenosegrade bei Shunt dysfunktion

Stenosierung

		Häufigkeit	Prozent
Stenose grad	50%	1	1,4
	60%	3	4,2
	70%	9	12,5
	75%	1	1,4
	80%	8	11,1
	90%	31	43,1
	95%	17	23,6
	99%	2	2,8
	Total	72	100,0

Tabelle 10: Häufigkeiten der Stenosierungsgrade bei 72 nur durch Ballondilatation behandelten Stenosen

In 72 von 103 primär angefertigten Angiogrammen war eine hämodynamisch wirksame Stenose als Ursache für die Shuntproblematik sichtbar. Als hochgradig wurden Stenosen von 80% Lumeneinengung und mehr angesehen. Eine hochgradige Stenose wurde in 80,6% der Fälle registriert. 69,4% aller Stenosen engten 90% und mehr des Lumens ein. Die geringste dargestellte Stenose wurde in einem Fall mit 50% dokumentiert.

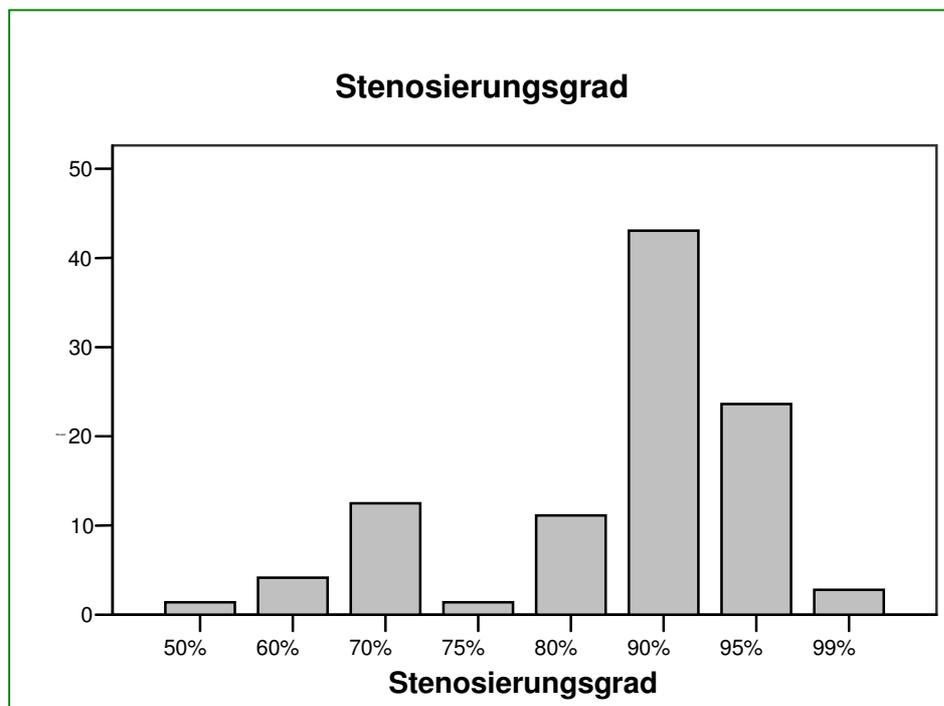


Abbildung 22: Häufigkeiten der Stenosierungsgrade von Stenosen (ohne Shuntthrombosen)

3.3.3 Reststenose

Bei 101 Interventionen wurde das Ergebnis als Graduierung der Reststenose nach der Rekonstruktion dokumentiert, von 2 Interventionen konnte retrospektiv diese Angabe nicht mehr eruiert werden.

21 Interventionen konnten keinen therapeutischen Erfolg erzielen. Es resultierte postinterventionell kein adäquater Lumenzugewinn. Eine anschließende chirurgische Therapie war obligat.

82 Interventionen führten zum gewünschten Erfolg, der Shuntfluss konnte für die Dialysefunktion wiederhergestellt werden.

Nach erfolgreicher Intervention bei 80 Patienten mit 56 Stenosen und 24 Shuntthrombosen ergab sich ein mittlerer Reststenosegrad von 22,3% ($\pm 13,3\%$) Lumeneinengung, die Reststenosenangaben nach zwei Rekonstruktionen bei Stenosen sind nicht mehr verfügbar. Bei 71% der Patienten resultierte nach der Rekonstruktion ein Reststenosegrad unter 30% des Gefäßquerschnitts. Nur in 5% (5/101) verblieb keine Reststenose nach Rekonstruktion.

		Fallzahl	Prozent
Stenose grad	0%	5	5,0
	10%	22	21,8
	15%	1	1,0
	20%	19	18,8
	25%	1	1,0
	30%	24	23,8
	35%	1	1,0
	40%	7	6,9
	50%	6	5,9
	60%	4	4,0
	70%	3	3,0
	80%	1	1,0
	90%	2	2,0
	99%	1	1,0
	100%	4	4,0
	Total	101	100,0

Tabelle 11: Reststenosen aller primären Interventionen (nach erfolgreicher und nicht erfolgreicher Rekonstruktion)

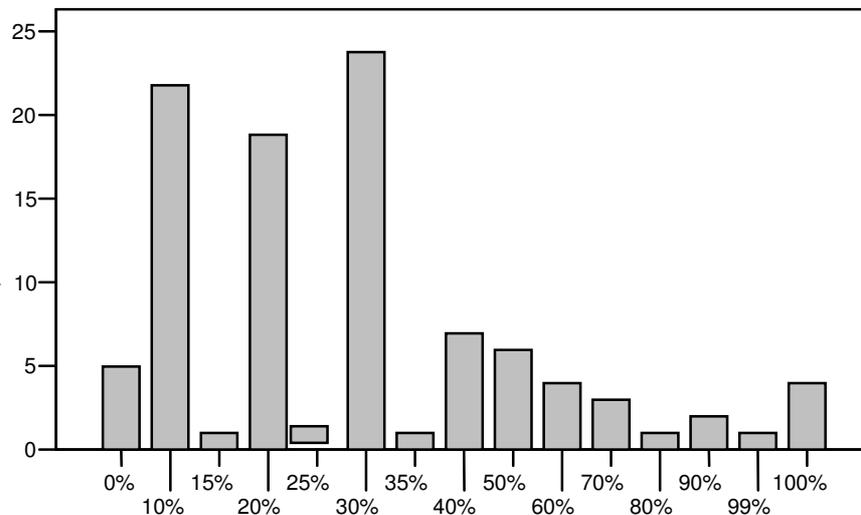


Abbildung 23: Reststenosen aller Interventionen

Bei den 58 Patienten mit erfolgreich dilatierten Stenosen ergab sich eine mittlere Reststenose von 20,4% (Median 20%, $\pm 12,5\%$). Bei 89,3% der Patienten lag das Ausmaß der Lumenreduktion bei max. 30%. Die maximale tolerierte Reststenose betrug 50% in 3 Fällen (5,4%), da die Shuntfunktion postinterventionell gut war.

Reststenose

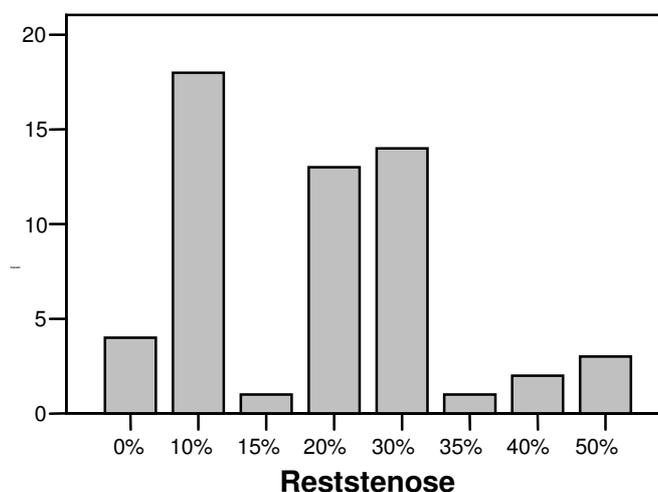


Abbildung 24: Reststenosen nach erfolgreichen Shuntrekonstruktionen bei Stenosen, ohne Thrombosen

Werden auch sekundäre Interventionen berücksichtigt, so ergeben sich insgesamt 174 Eingriffe. Bei allen Interventionen, eingeschlossen derer, die keinen technischen Erfolg brachten, verblieb bei 72,6% eine Reststenose bis 30%, bei 88,1% eine maximale Reststenose bis zu 50%. Die Quantifizierung des mittleren Reststenosegrades betrug 29,9% ($\pm 24,3\%$). Betrachtet man nur die Interventionen, die als technisch erfolgreich beurteilt wurden (79,6% aller Interventionen), so ergab sich für 85% der Eingriffe eine maximaler Reststenosegrad von 30% (mittlerer Reststenosegrad 22% ($\pm 13,9\%$)).

3.3.4 Komplikationen

Bei 103 primären Gefäßeingriffen kam es in zwei Fällen zu umschriebenen Dissektionen, die nicht therapiebedürftig waren. Bei einer Patientin kam es nach der Lysetherapie zu einer protrahierten Blutung aus den Punktionsstellen. Es wurde Protamin zur Antagonisierung der Heparinwirkung verabreicht und die Punktionsstellen wurden erfolgreich manuell komprimiert.

Betrachtet man alle 174 primär und sekundär durchgeführten Interventionen, ereignete sich in zwei Fällen nach lokaler Thrombolyse eine Embolie in eine distale Arterie der Hand, die mit rtPA erfolgreich lysiert wurden. Insgesamt kam es bei 7 Patienten zu protrahierten Blutungen aus Punktionsstellen, zwei Patienten wurde Protamin i.v. verabreicht, bei den anderen 5 Patienten ließ sich durch manuelle Kompression die Blutung stillen.

In keinem Fall kam es zu einer behandlungsbedürftigen Dissektion, Hämatombildung oder Ausbildung eines Pseudoaneurysmas. Betrachtet man die Fälle, in denen die Komplikation behandlungsbedürftig war (Protamin bei protrahierter Blutung, Lyse bei distaler Embolie), so ergibt sich bei 174 Interventionen eine Komplikationsrate von 2,3% (4/174), bei den 103 primären Interventionen ergibt sich eine Komplikationsrate von 1% (1/103). Es trat keine

Major-Komplikation auf (Komplikation, die einer invasiven Therapie bedarf, Definition siehe Kap.1, Komplikationen).

	Prim. Interventionen (n=103)	alle Interventionen (n=174)
Distale Embolie	0	2(→Lyse mit rtPA)
Protrah. Blutung	1 (→Protamin, Kompression)	5(→2x Protamin, 3x nur Kompression)

Tabelle 12: Auflistung der aufgetretenen Komplikationen bei endovaskulären Behandlungen

3.4 Offenheitsraten

3.4.1 Kollektiv der Patienten mit dauerhaftem Primärerfolg

Die Offenheitsrate für alle primären endovaskulären Behandlungen (nur die erste an einem Shunt durchgeführte Intervention innerhalb des Behandlungszeitraums von 01/97 bis 12/01) *ohne weitere unterstützende Maßnahmen* betrug nach einem Monat 66% ($\pm 4,7$), nach 6 Monaten 28,2% ($\pm 4,4$), nach 12 Monaten 17,5% ($\pm 3,7$), nach 24 Monaten 12,6% ($\pm 3,3$) und nach 36 Monaten 8,1% ($\pm 2,8$).

Im Folgenden werden die primären Offenheitsraten in Abhängigkeit von bestimmten Kriterien bzw. möglichen Prognosefaktoren angegeben.

3.4.1.1 Primäre Offenheitsraten aller autologer Shunts und Graftshunts nach Interventionen bei Stenosen (n=72) und Thrombosen (n=31)

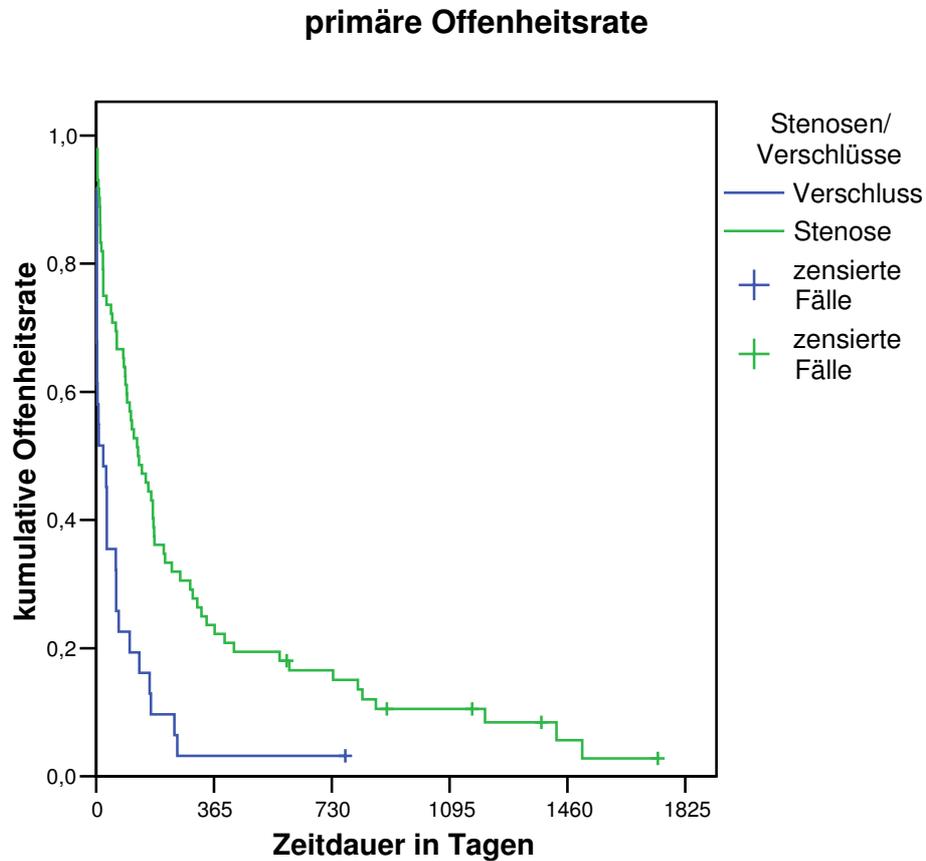


Abbildung 25: Offenheitsraten von Dialyseshunt nach endovaskulärer Behandlung mit dauerhaftem Primärerfolg bei Stenosen und Thrombosen

In dieser Analyse wird nicht berücksichtigt, ob es sich um einen autologen Shunt oder einen Graftshunt handelte.

Die durchschnittliche Offenheitsdauer nach einer primären Intervention nach Stenosen betrug 320 Tage, nach Thrombosen 73 Tage.

3.4.1.2 Primäre Offenheitsraten nach Interventionen bei Stenosen und Thrombosen in autologen Shunts (n=54) und Graftshunts (n=49)

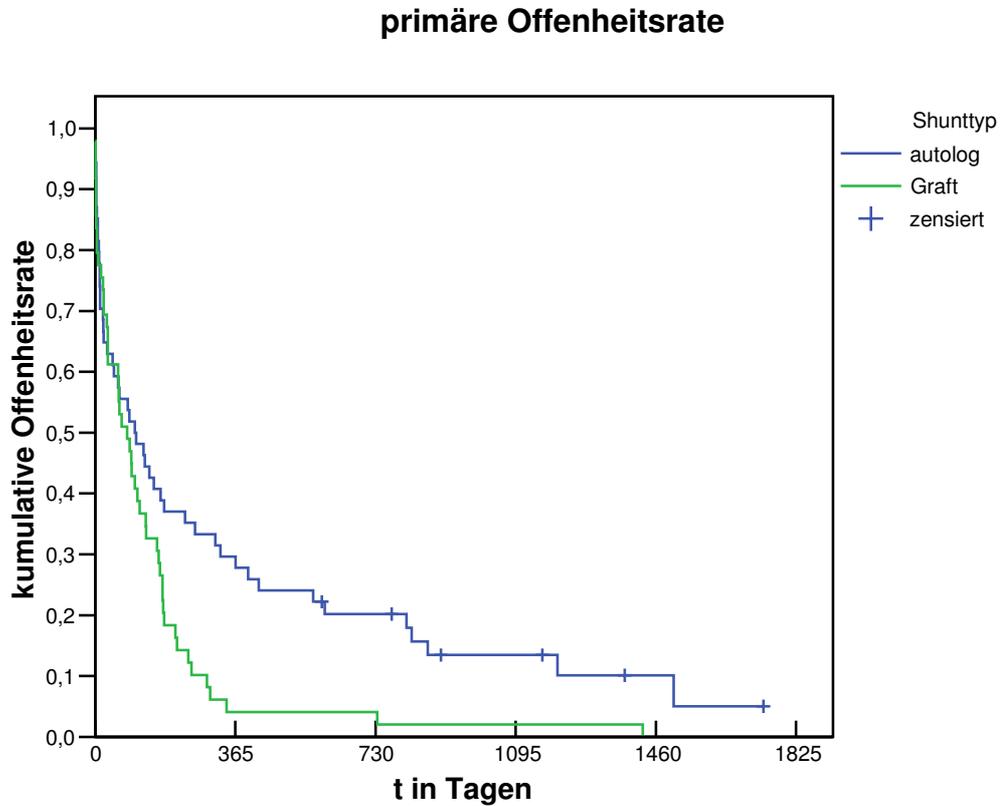


Abbildung 26: Offenheitsraten bei autologen Shunts und Graftshunts mit primärem Dauererfolg

In dieser Analyse wird nicht berücksichtigt, ob eine Stenose oder eine Shuntthrombose vorlag.

3.4.1.3 Primäre Offenheitsrate bei Patienten mit Shunt Dysfunktion (Stenosegrad >50%) in Abhängigkeit vom Shunttyp: autologer Shunt (n=47)/ Graftshunt (n=25):

	Autologe Shunts	Graftshunts
1 Monat	72,3% ($\pm 6,5$)	80% ($\pm 8,0$)
3 Monate	57,5 % ($\pm 7,2$)	68% ($\pm 9,3$)
6 Monate	40,4% ($\pm 7,2$)	28% (± 9)
9 Monate	36,2% ($\pm 7,0$)	20% ($\pm 8,0$)
12 Monate	31,9% ($\pm 6,8$)	8% ($\pm 5,4$)
18 Monate	25,5% ($\pm 6,4$)	4% ($\pm 3,9$)
24 Monate	21,1% ($\pm 6,0$)	0%
36 Monate	14,0% ($\pm 5,2$)	0%

Tabelle 13

primäre Offenheitsrate

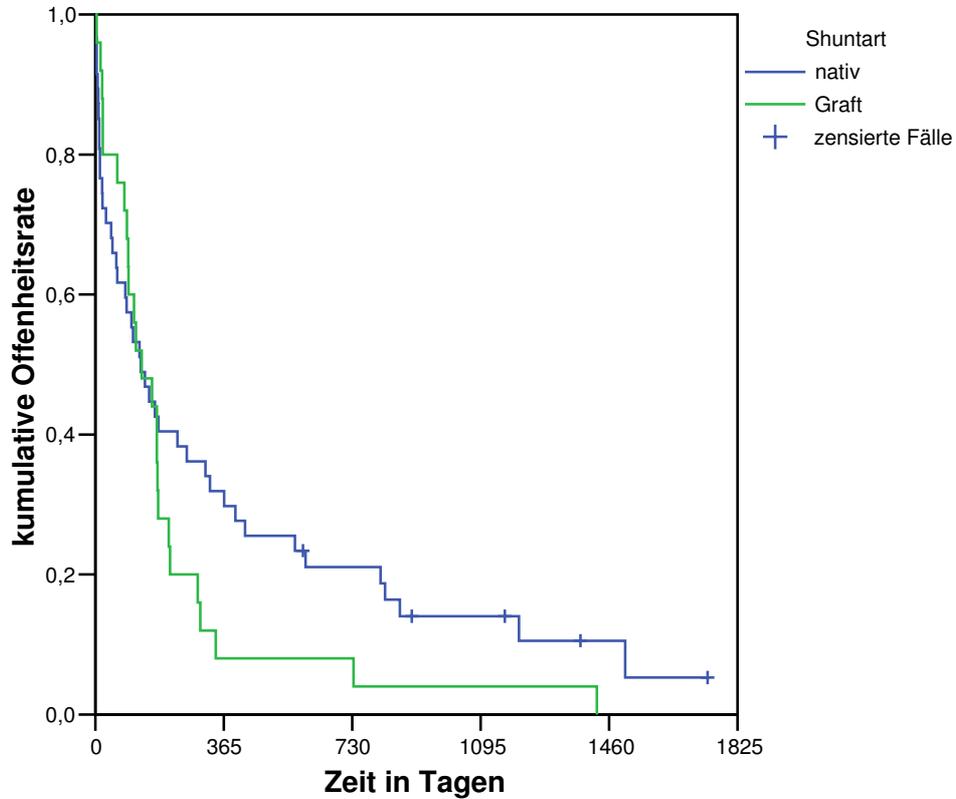


Abbildung 27: Offenheitsrate mit primärem Dauererfolg bei autologen Shunts (blau) und Graft-Shunts (grün) nach Dilatation einer Stenose >50% Lumeneinengung

3.4.1.4 Primäre Offenheitsraten bei Patienten mit Shuntthrombosen in Abhängigkeit vom Shunttyp: autologer Shunt n=7/ Graftshunt n=24

	autologe Shunts	Graftshunts
1 Monat	14,3% ($\pm 13,2$)	54,2% ($\pm 10,2$)
6 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	8,3% ($\pm 5,6$)
12 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	0%
24 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	0%
36 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	0%

Tabelle 14

primäre Offenheitsrate

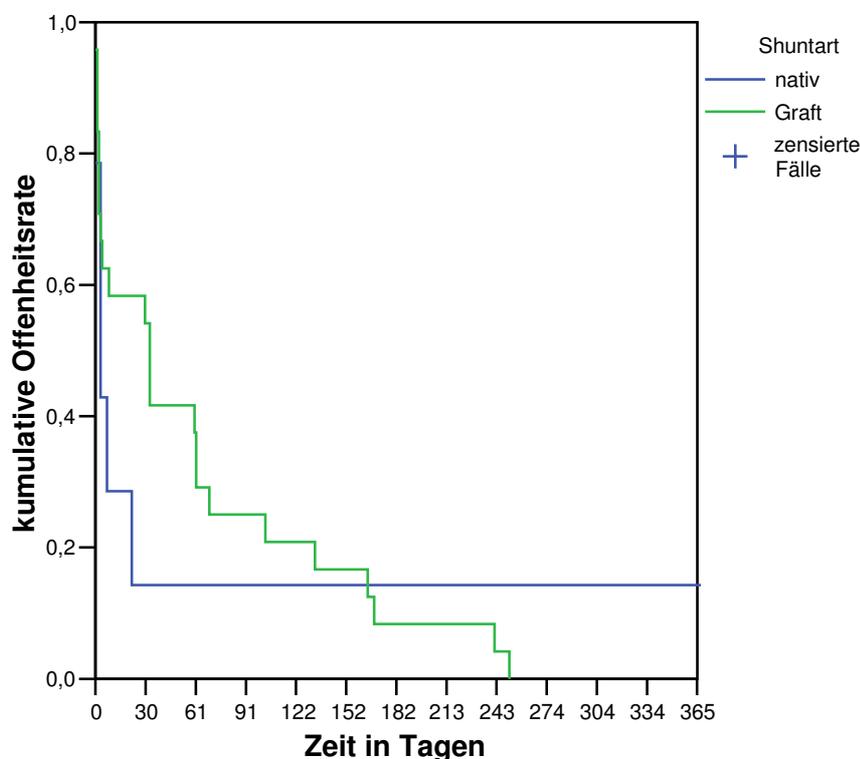


Abbildung 28: Offenheitsrate mit primärem Dauererfolg nach Interventionen bei Thrombosen bei autologen Shunts (blau) und Graftshunts (grün)

3.4.2 Primäre unterstützte Offenheitsrate

Die Offenheitsrate *nach weiteren endovaskulär rekonstruierenden Maßnahmen (primär unterstützte Offenheitsrate)* nach der primären Intervention betrug bei allen Shunts (erste Intervention pro Shunt) nach einem Monat 70% ($\pm 4,6$), nach 3 Monaten 55,9% ($\pm 4,9$), nach 6 Monaten 38,5% ($\pm 4,8$), nach 12 Monaten 30,4% ($\pm 4,6$), nach 24 Monaten 15,5% ($\pm 3,6$) und nach 36 Monaten 11,1% ($\pm 3,2$).

Die durchschnittliche Offenheitsdauer nach endovaskulär rekonstruierenden Interventionen bei Stenosen betrug 413 Tage, nach Interventionen bei Thrombosen 122 Tage.

3.4.2.1 Primäre unterstützte Offenheitsrate bei Patienten mit Shunt Dysfunktion (Stenosegrad >50% Lumeneinengung) bei autologen Shunts (n=47)/ Graftshunts (n=25):

	Autologe Shunts	Graftshunts
1 Monat	80,5% ($\pm 5,8$)	84% ($\pm 7,3$)
3 Monate	63,1% ($\pm 7,1$)	80% ($\pm 8,0$)
6 Monate	45,7% ($\pm 7,4$)	48% ($\pm 10,0$)
9 Monate	43,5% ($\pm 7,3$)	44% ($\pm 9,9$)
12 Monate	39,2% ($\pm 7,2$)	28% ($\pm 8,9$)
18 Monate	32,6% ($\pm 6,9$)	12% ($\pm 6,5$)
24 Monate	28,1% ($\pm 6,7$)	12% ($\pm 6,5$)
36 Monate	21,1% ($\pm 6,1$)	8% ($\pm 5,4$)

Tabelle 15

primäre unterstützte Offenheitsrate

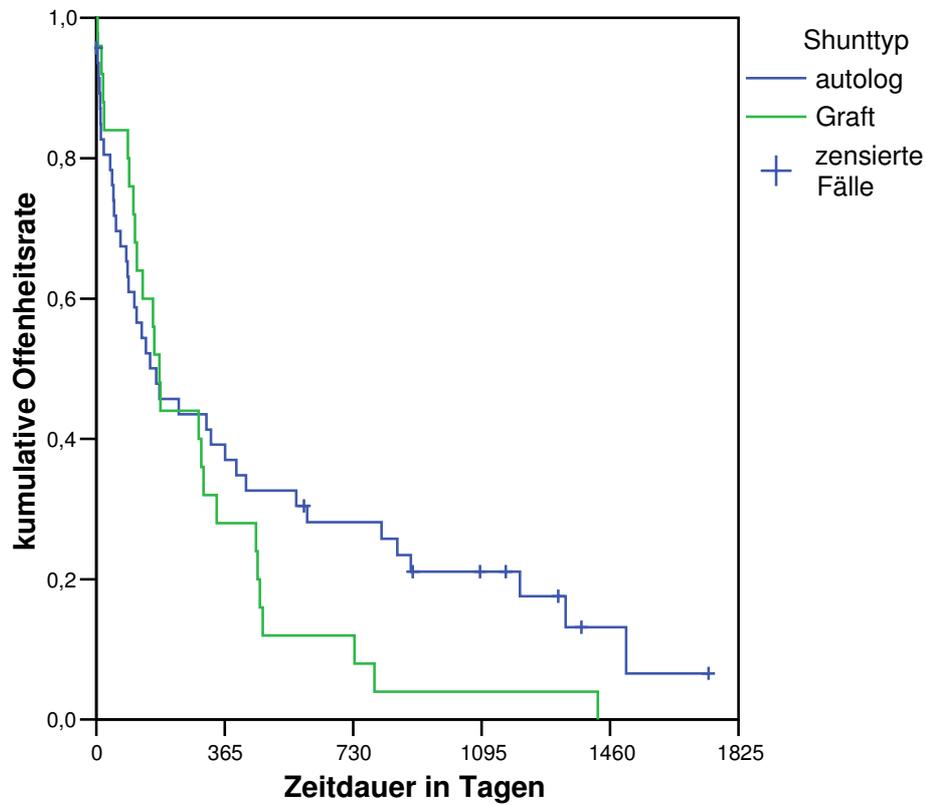


Abbildung 29: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren unterstützenden endovaskulären Behandlungen nach Dilatation von Stenosen >50% bei autologen (blau) und Graftshunts (grün)

3.4.2.2 Primäre unterstützte Offenheitsraten bei Patienten mit kompletten Shuntthrombosen bei autologen Shunts (n=7)/Graftshunts (n=24):

	autologe Shunts	Graftshunts
1 Monat	14,3% ($\pm 13,2$)	54,2% ($\pm 10,2$)
3 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	29,2% ($\pm 9,3$)
6 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	20,8% ($\pm 8,3$)
12 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	20,8% ($\pm 8,3$)
18 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	4,2% ($\pm 4,1$)
24 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	4,2% ($\pm 4,1$)
36 Monate	14,3% ($\pm 13,2$)	4,2% ($\pm 4,1$)

Tabelle 16

primäre unterstützte Offenheitsrate

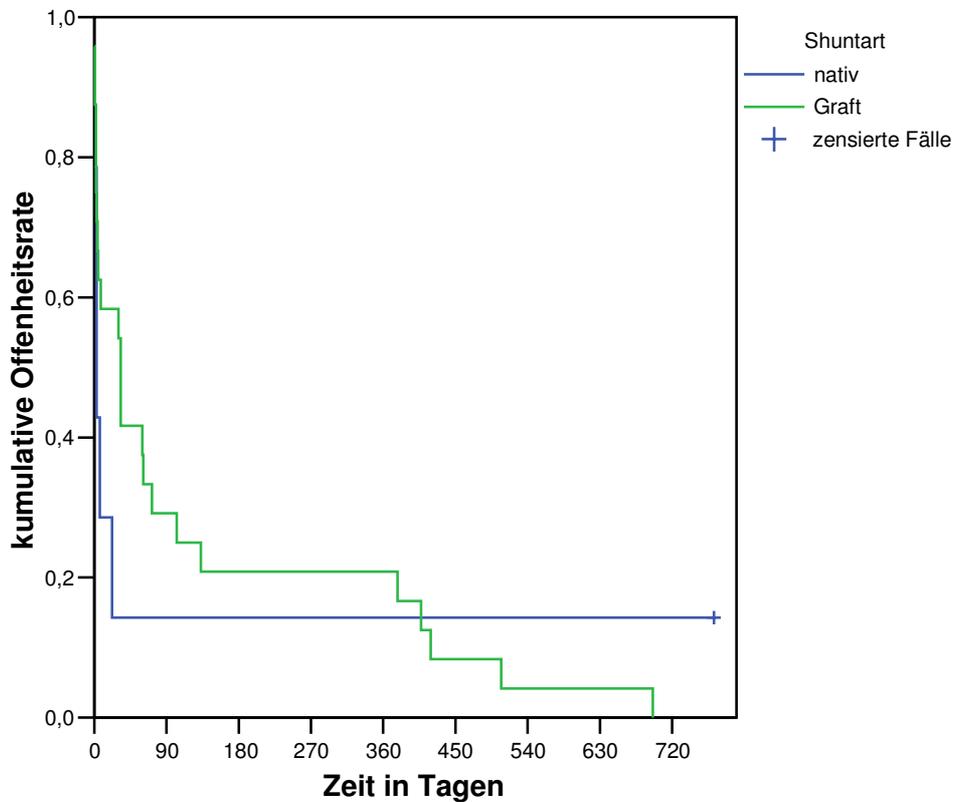


Abbildung 30: Offenheitsraten von thrombosierte Shunts nach primärer PTA und weiteren unterstützenden endovaskulären Behandlungen bei autologen (blau) und Graftshunts (grün)

3.4.3 Sekundäre Offenheitsrate

Die Offenheitsrate bei Patienten *mit weiteren endovaskulären Interventionen und chirurgischen Maßnahmen* nach der primären endovaskulären Behandlung betrug nach einem Monat 93,2% ($\pm 2,5$), nach 3 Monaten 79,6% (± 4), nach 6 Monaten 68% ($\pm 4,6$), nach 12 Monaten 56,2% ($\pm 4,9$), nach 24 Monaten 41,2% ($\pm 4,9$) und nach 36 Monaten 26,1% ($\pm 4,5$).

3.4.3.1 Sekundäre Offenheitsrate bei Patienten mit Shunt Dysfunktion (Stenosegrad >50% Lumeneinengung) bei autologen Shunts (n=47)/ Graftshunts (n=25):

	autologe Shunts	Graftshunts
1 Monat	93,6% ($\pm 3,6$)	96% ($\pm 3,9$)
3 Monate	80,8% ($\pm 5,7$)	92% ($\pm 5,4$)
6 Monate	72,3% ($\pm 6,5$)	68% ($\pm 9,3$)
9 Monate	70,2% ($\pm 6,7$)	60% ($\pm 9,8$)
12 Monate	61,4% ($\pm 7,1$)	48% (± 10)
18 Monate	52,7% ($\pm 7,3$)	40% ($\pm 9,8$)
24 Monate	50,5% ($\pm 7,4$)	32% ($\pm 9,3$)
36 Monate	32,6% ($\pm 7,0$)	24% ($\pm 8,5$)

Tabelle 17

sekundäre Offenheitsrate

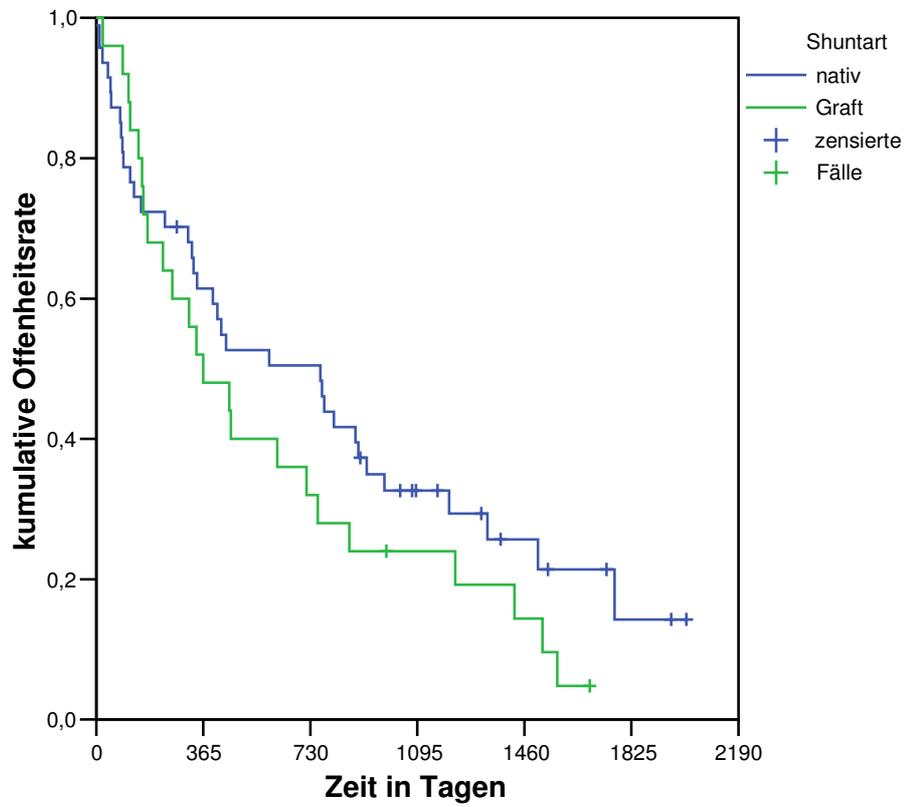


Abbildung 31: Sekundäre Offenheitsraten von Shunts bei autologen Shunts (blau) und Graftshunts (grün) nach Dilatation von Stenosen >50%

3.4.3.2 Sekundäre Offenheitsrate bei Patienten mit Shuntthrombosen bei autologen Shunts (n=7)/Graftshunts (n=24):

	autologer Shunt	Graftshunt
1 Monat	85,7% ($\pm 13,2$)	91,7% ($\pm 5,6$)
3 Monate	71,4% ($\pm 17,1$)	66,7% ($\pm 9,6$)
6 Monate	71,4% ($\pm 17,1$)	58,3% ($\pm 10,1$)
9 Monate	71,4% ($\pm 17,1$)	54,2% ($\pm 10,2$)
12 Monate	71,4% ($\pm 17,1$)	50% ($\pm 10,2$)
18 Monate	57,1% ($\pm 18,7$)	32,4% ($\pm 9,7$)
24 Monate	42,9% ($\pm 18,7$)	32,4% ($\pm 9,7$)
36 Monate	21,4% ($\pm 17,8$)	16,2% ($\pm 8,2$)

Tabelle 18

sekundäre Offenheitsrate

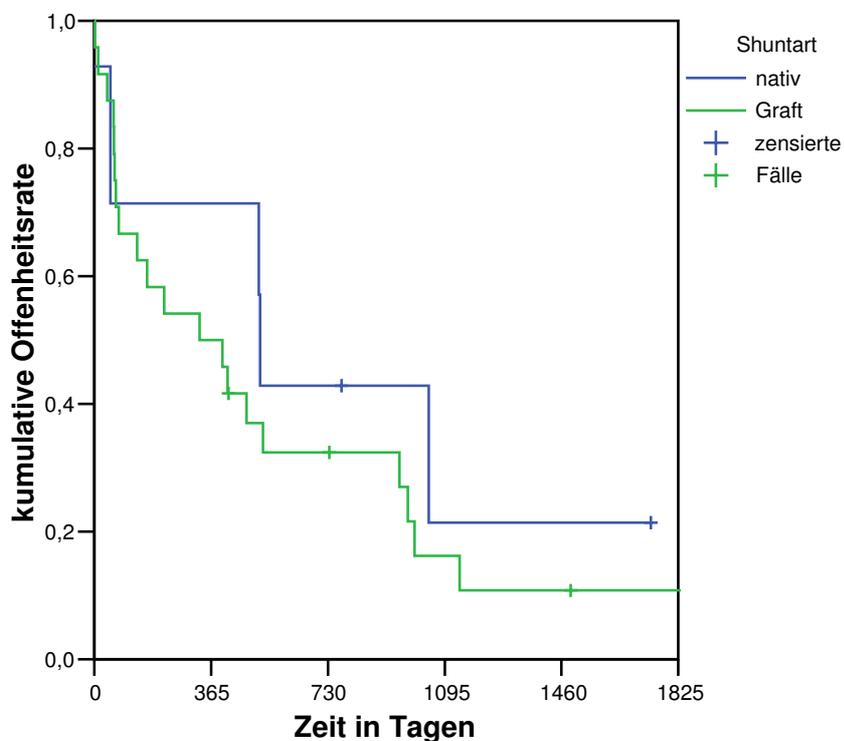


Abbildung 32: Sekundäre Offenheitsraten von thrombosierte Shunts bei autologen Shunts (blau) und Graftshunts (grün)

3.4.4 Ergebnisse der Shuntrekonstruktion nach Stentimplantation: Berechnung der Offenheitsraten

11 stenosierte Shunts bei 10 Patienten wurden mit Stents rekonstruiert. 4 dieser Shunts waren zum Zeitpunkt der Intervention komplett verschlossen, der Stenosegrad, der nach lokaler Lyse diagnostiziert wurde, lag zwischen 50 und 100%.

In 5 Stents (=45%) entwickelte sich im weiteren Verlauf eine in-Stent-Stenose.

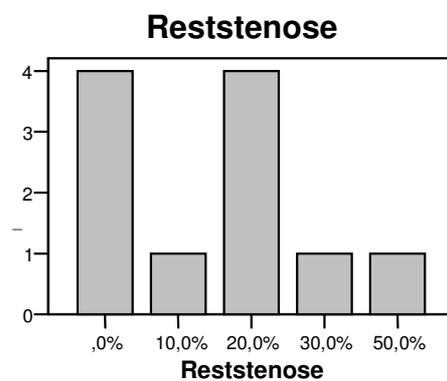


Abbildung 33: Reststenosen nach Ballondilatation und Stentimplantation

3.4.4.1 Dauerhafter Primärerfolg nach Stentangioplastie

1 Monat	72,7% ($\pm 13,4$)
3 Monate	45,5% (± 15)
6 Monate	36,4% ($\pm 14,5$)
9 Monate	9,1% ($\pm 8,7$)
12 Monate	0%

Tabelle 19

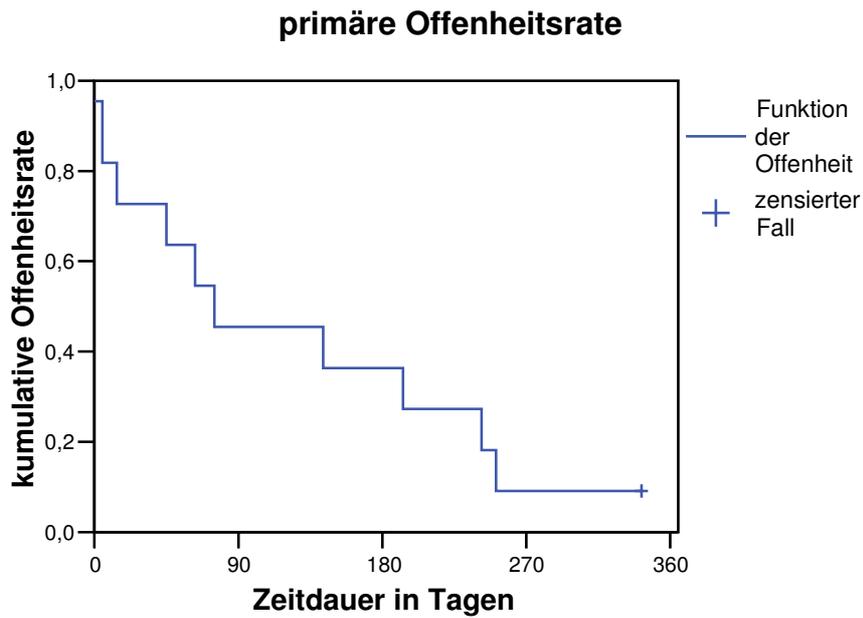


Abbildung 34: Primäre Offenheitsrate von Shunts bei Patienten nach Stentangioplastie

3.4.4.2 Primäre unterstützte Offenheitsrate nach Stentangioplastie

1 Monat	81,8% ($\pm 11,6$)
3 Monate	63,6% ($\pm 14,5$)
6 Monate	54,6% (± 15)
9 Monate	45,5% (± 15)
12 Monate	45,5% (± 15)
24 Monate	11,4% ($\pm 10,5$)
36 Monate	11,4% ($\pm 10,5$)

Tabelle 20

primäre unterstützte Offenheitsrate

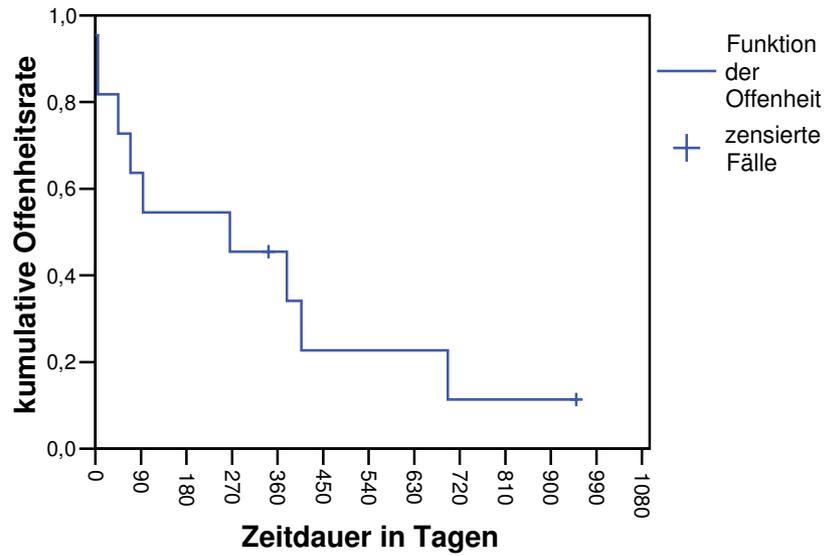


Abbildung 35: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren unterstützenden endovaskulären Behandlungen bei Patienten nach Stentangioplastie

3.4.4.3 Sekundäre Offenheitsrate nach Stentangioplastie

1 Monat	90,9% ($\pm 8,7$)
3 Monate	81,8% ($\pm 11,6$)
6 Monate	72,7% ($\pm 13,4$)
9 Monate	72,7% ($\pm 13,4$)
12 Monate	63,6% ($\pm 14,5$)
24 Monate	25,5% ($\pm 15,1$)
36 Monate	25,5% ($\pm 15,1$)

Tabelle 21

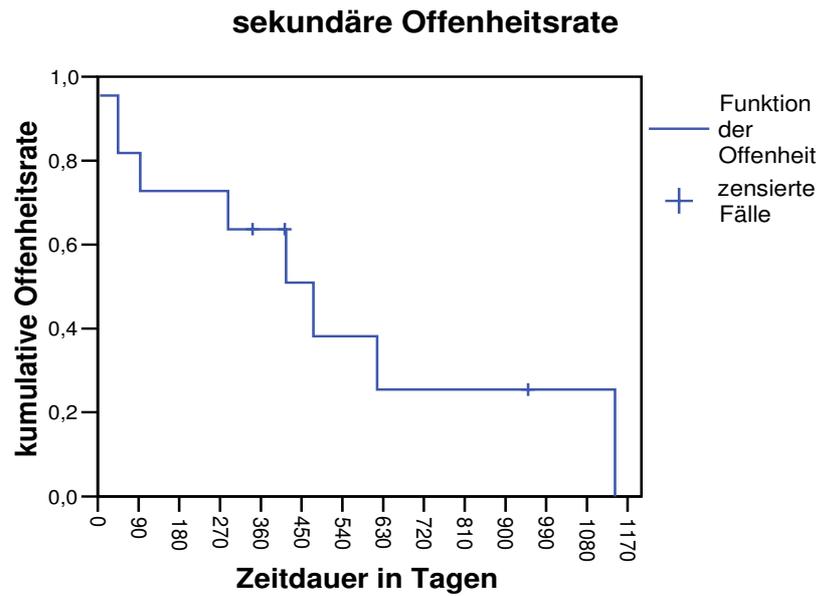


Abbildung 36: Sekundäre Offenheitsraten von Shunts bei Patienten nach Stentangioplastie

3.4.5 Vergleich der Offenheitsraten von Shunts bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern

3.4.5.1 Diabetiker und Nicht-Diabetiker mit dauerhaftem Primärerfolg nach PTA bei Dialyseshuntinsuffizienz

	Diabetiker	Nicht-Diabetiker
1 Monat	63,0%(±7,1)	61,7%(±4,3)
6 Monate	32,6%(±6,9)	23,4%(±3,7)
12 Monate	10,9%(±4,6)	14,8%(±3,1)
24 Monate	8,7%(±4,2)	7,0%(±2,3)

Tabelle 22

primäre Offenheitsrate

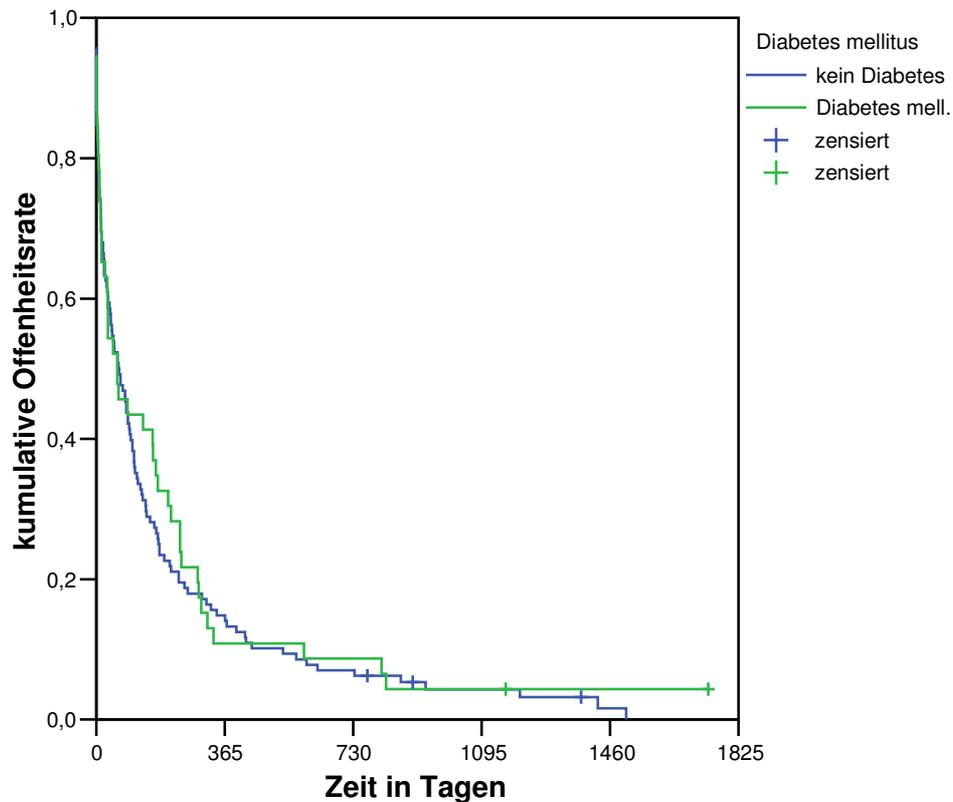


Abbildung 37: Offenheitsraten von Shunts nach PTA mit primärem Dauererfolg bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern

Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist mit $p=0,6395$ nicht statistisch signifikant.

3.4.5.2 Primäre unterstützte Offenheitsraten nach PTA bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern mit Dialyseshuntinsuffizienz

	Diabetiker	Nicht-Diabetiker
1 Monat	66,2%(±7,1)	71,3%(±4,0)
6 Monate	44,9%(±7,6)	38,6%(±4,5)
12 Monate	31,7%(±7,3)	32,9%(±4,4)
24 Monate	26,4%(±7,0)	19,6%(±4,1)

Tabelle 23

primäre unterstützte Offenheitsrate

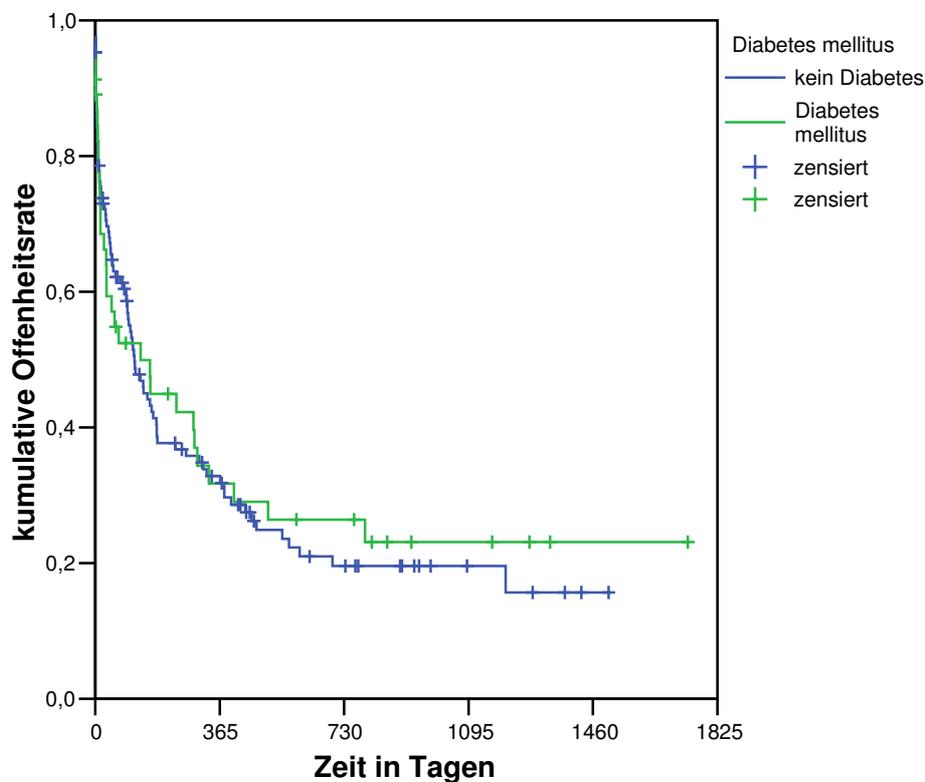


Abbildung 38: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren unterstützenden endovaskulären Behandlungen bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern

Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist mit $p=0,7713$ nicht statistisch signifikant.

3.4.5.3 Sekundäre Offenheitsraten nach PTA bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern mit Dialyseshuntinsuffizienz

	Diabetiker	Nicht-Diabetiker
1 Monat	95,6%(±3,0)	89,7%(±2,7)
6 Monate	81,6%(±5,9)	68,8%(±4,3)
12 Monate	76,2%(±6,6)	61,7%(±4,6)
24 Monate	64,3%(±8,5)	48,1%(±5,0)

Tabelle 24

Die durchschnittliche sekundäre Offenheitsdauer beträgt bei Diabetikern 1229 Tage, bei Nicht-Diabetikern 884 Tage.

sekundäre Offenheitsrate

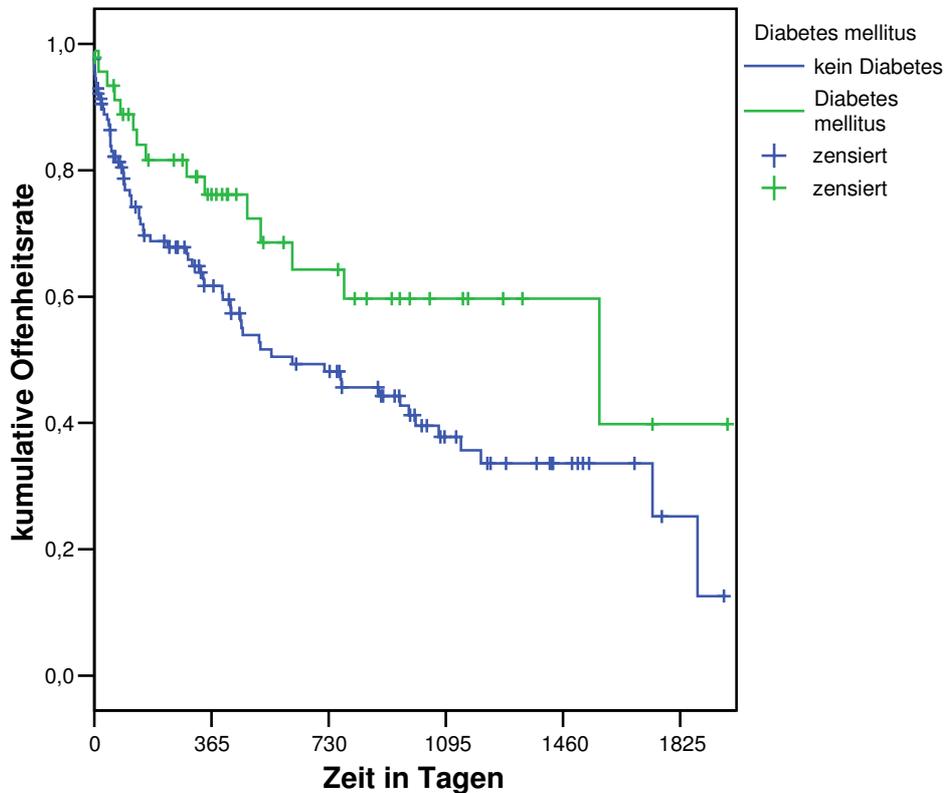


Abbildung 39: Sekundäre Offenheitsraten von Shunts bei Diabetikern und Nicht-Diabetikern

Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen ist mit $p=0,0342$ statistisch signifikant.

In ihrer Zusammensetzung bezüglich der Häufigkeit von Stenosen und Verschlüssen und dem Vorkommen von nativen AV-Shunts und Graftshunts ist die Diabetikergruppe vergleichbar mit dem Gesamtkollektiv. In der Diabetikergruppe haben 55% der Patienten einen nativen Shunt und 45% eine Graftshunt. Im Restkollektiv sind 52% mit einem nativen Shunt und 48% mit einem Graftshunt versorgt. Bei den Diabetikern war in 31% der Fälle eine Shuntthrombose und in 69% eine Stenose Ursache der Shunt Dysfunktion, im Restkollektiv lag das Verhältnis bei 30% Shuntthrombosen zu 70% Stenosen.

4 Diskussion

4.1 Shuntchirurgie und radiologische Interventionen

Prinzipiell bestehen für die Therapie des dysfunktionellen Dialyseshunts zum einen chirurgische und zum anderen radiologisch interventionelle Behandlungsmöglichkeiten. Die chirurgischen Therapiemöglichkeiten, wie z.B. Thrombektomie, Patchplastik, Interposition von Prothesenmaterial und Revision bzw. Höherverlagerung der Anastomose, sind alt bewährte Methoden, wohingegen radiologisch interventionelle Methoden erst in den letzten 20 bis 30 Jahren entwickelt und etabliert wurden (siehe historische Grundlagen). Im Zuge der Entwicklung der perkutanen transluminalen Angioplastie (Ballondilatation, Stenting, lokale Lyse) wurden nach koronaren, peripheren und cerebralen Gefäßen zunehmend auch Hämodialyseshunts minimal invasiv behandelt. Die erste dokumentierte Ballondilatation an einer Dialysefistel fand 1978 statt (28). Im Vergleich mit radiologischen Interventionen gelten chirurgische Maßnahmen als invasiver und traumatisierender. Mit Ausnahme der alleinigen Thrombektomie und der Patchplastik sind chirurgische Shunteingriffe mit dem Verlust von Shunt- oder Venenstrecke verbunden und der Shunt wird nach proximal verlagert, womit die Möglichkeit für eine spätere Neuanlage eines Gefäßzuganges an dieser Extremität verringert wird. Es ist stets zu bedenken, dass körpereigene Venen, v.a. Venen in Lokalisationen, die zur Anlage eines Dialysegefäßzuganges geeignet sind, nicht in unbegrenztem Maße zur Verfügung stehen.

Eine häufige Ursache für die terminale Niereninsuffizienz ist der Diabetes mellitus. Diese Patienten sind aufgrund der diabetischen Mikro- und Makroangiopathie Gefäßpatienten, sie könnten ihre Venen zusätzlich für evtl. coronare und/oder periphere Bypässe benötigen, also aus vitaler Indikation oder zum Extremitätenerhalt. Mit den Möglichkeiten der perkutanen transluminalen Angioplastie stehen Methoden zur Verfügung, die es erlauben bestimmte

Shuntprobleme ohne den Verbrauch dieser körpereigenen „Ressourcen“ anzugehen und einen Shunt zu erhalten.

4.2 Patientenkollektiv

Um zu zeigen, dass die Ergebnisse dieser Arbeit mit denen anderer Arbeiten verglichen werden können werden hier die Zusammensetzungen der Patientenkollektive dieser Arbeit und der anderer Arbeiten dargestellt (siehe Tabelle 16).

Geschlechtsverteilung: 52 männlich, 41 weiblich

Altersverteilung: 31-83 Jahre, Durchschnittsalter 60,1 Jahre ($\pm 12,1$ Jahre)

Risikoprofil: 28,2% der Patienten leiden an Diabetes mellitus

	Patienten	Geschlechtsverteilung	Durchschnittsalter in J.	Diab. mell.
Turmel-Rodrigues (38)	59	33♂, 26 ♀	61,4 ($\pm 1,6$), (27-85)	
Safa (32)	57	56♂, 1♀	54 (27-76)	
Beathard (3)	285	140♂, 145♀	54,4	41%
Lumsden (22)	64	31♂, 33♀	57 (± 12), (34-74)	39,5%
Kanterman (19)	90	30♂, 60♀	69,4 (23-87)	53%
Polak (29)	18	6♂, 12♀	57,3 (32-82)	

Tabelle 25: Patientenkollektive verschiedener vergleichbarer Studien

4.3 Diagnostik

Die klinische Untersuchung des Shunts und die Ultraschall-doppleruntersuchung vor der Intervention sind für die Planung der Punktion und der technischen Vorgehensweise von Bedeutung (siehe Methoden). Die diagnostische Angiographie über die A. brachialis bzw. in transfemorale Technik ist für die Globalübersicht und die funktionelle Beurteilung das Verfahren der Wahl. Mit dieser Technik wird der arterielle Zustrom in den Shunt, die arterielle Anastomose, gegebenenfalls die venöse Anastomose, die Punktionsstrecke und der venöse Abstrom bis in die zentralen Abschnitte beurteilbar. In einer Studie von 2001 berichten Manninen et al. (23) dass zur invasiven Darstellung der antegrade Zugang über die A. brachialis bevorzugt wird. Begründet wird dies mit der exzellenten Darstellung auch des arteriellen Einstroms in der Angiographie, mit einer gegebenenfalls leichten Sondierbarkeit einer Anastomosenstenose. Zudem sind Stenosen unabhängig von der Lokalisation hiermit erreichbar. Dieses Vorgehen wird jedoch kritisch kommentiert (37). Die Komplikationsrate in dieser Studie betrug 12% (12/103), alle Komplikationen waren auf die arterielle Punktion zurückzuführen. Es kam zu arteriellen Blutungen, die chirurgischer Behandlung bedurften, Pseudoaneurysmabildungen und Hämatomen.

Im Falle einer Dissektion verlegt das Dissekat, durch den Blutstrom von der Gefäßwand abgehoben, das Lumen der Arterie und kann zur Ischämie distal der Läsion führen.

4.4 Punktionstechnik

Die bevorzugte Technik für den Gefäßzugang ist die retrograde Punktion. Bei retrograder Gefäßpunktion bleibt eine kleine Dissektion in der Regel ohne Folgen, da das Dissekat vom Blutstrom an die Gefäßwand gedrückt wird. Nach transarteriellen Interventionen muß ein Patient länger klinisch nachbeobachtet werden. Aus diesen Gründen wird nur in den Fällen arteriell punktiert, in denen die vorhergehenden Untersuchungen keinen Hinweis auf die Lokalisation der Läsion ergeben hatten, und eine globale, funktionelle Shuntabklärung erforderlich war.

4.5 Hydrodynamische Thrombektomie

Bei lediglich einem Patienten wurde eine hydrodynamische Thrombektomie durchgeführt. Alle anderen Thrombosen wurden einer lokalen Lysetherapie zugeführt. Die hydrodynamische Thrombektomie bringt keine wesentliche Zeitersparnis, ist kostenintensiver und birgt das Risiko der distalen Embolisierung durch Verschleppung von thrombotischem Material in die Endstrombahn. Eine prospektive randomisierte Studie vergleicht die hydrodynamische Thrombektomie mit der Pulse-spray Thrombolyse (2) bei thrombosierten Graft-Shunts. Die beiden Methoden unterscheiden sich nicht signifikant in den relevanten Gesichtspunkten technischer Erfolg, Zeitaufwand, Komplikationsraten und Offenheitsraten. Bei der technischen und klinischen Erfolgsrate zeigen sie ähnliche Resultate, ebenso in den primären 30- und 90-Tages-Offenheitsraten und in den Komplikationsraten. Die mittlere Gesamtdauer der Prozeduren in beiden Gruppen unterschied sich, entgegen den Erwartungen, nicht signifikant. Auch andere Autoren (25) sind der Ansicht, dass aus der aktuellen Literatur hervorgeht, dass sowohl die chirurgische Thrombektomie als auch die mechanische und die pharmakomechanische Thrombolyse zur Therapie der Shuntthrombose geeignet sind.

4.6 Thrombolyse

Als Lytikum wurde ausschließlich rt-PA (recombinant tissue-type plasminogen activator) eingesetzt, obwohl auch der Einsatz von Urokinase und Streptokinase in Frage käme. Mehrere Faktoren begründen diese Entscheidung. Es sind keine Allergien auf rt-PA zu erwarten (5,12). Die antigene Wirkung von Urokinase ist geringer als die von Streptokinase, sie ist jedoch vorhanden (5,8). Für rt-PA werden kürzere Rekanalisierungszeiten und höhere Rekanalisierungsraten beschrieben, als für Urokinase oder Streptokinase (6,24,35). Rt-PA ist aufgrund seiner kurzen HWZ (4,4 min) gut steuerbar, es wirkt in den verwendeten Dosen nicht systemisch, sondern selektiv im Thrombus, vor allem, da die Wirksamkeit vom Vorhandensein von Fibrin abhängt (siehe Material). Das verwendete rt-PA-Produkt ist zwar pro verwendeter Einheit teurer als Urokinase, es wird jedoch weniger davon pro Therapie verbraucht.

4.7 Komplikationen

Gemäß den Richtlinien für Dialysegefäßzugänge der Society of Cardiovascular and Interventional Radiology zur Qualitätsverbesserung wird unterschieden zwischen Minor-Komplikationen (bedürfen keiner oder nur symptomatischer Therapie) und Major-Komplikationen (bedürfen invasiver Therapie).

Major-Komplikationen bedürfen einer weiterführenden invasiven Therapie oder führen zum endgültigen Funktionsverlust des Shunts, Minor-Komplikationen müssen nicht oder nur konservativ behandelt werden.

Die Komplikationsrate bezogen auf die Anzahl der Interventionen für Minor-Komplikationen liegt bei 3,9% (primäre Interventionen) bzw. 4,6% (alle Interventionen), für Major-Komplikationen 0%. Es traten keine Rupturen von Gefäßen mit Blutung ins Gewebe, keine behandlungsbedürftigen Dissektionen, keine Hämatome, keine Pseudoaneurysmabildungen, keine Lungenembolien und keine postinterventionellen Infektionen auf.

In vergleichbaren Studien werden Komplikationsraten von 4,08% (Major-Komplikationen)(38) und kollektiv 6-22% (5) angegeben.

Arterielle Spasmen können als Reaktion auf Manipulationen an der Gefäßwand mit einem Katheter oder Draht auftreten und in der Regel durch die lokale Gabe eines Nitropräparates erfolgreich behandelt werden. Die protrahierten Blutungszeiten bei 5 Patienten bezogen auf alle (primäre und sekundäre) Interventionen sind als Folge der herabgesetzten Koagulationsfähigkeit nach Lysetherapie und Heparin-gabe zu sehen und werden in vergleichbarer Frequenz auch in anderen Studien berichtet (5,29). Distale arterielle Embolien oder Lungenembolien können entstehen, wenn thrombotisches Material durch beginnende Lyse, endoluminale Thrombektomie oder Manipulation mit einem Katheter z.B. bei Ballondilatation mobil wird (5). Beide Fälle von distaler arterieller Embolie in unserem Kollektiv waren Folge der Katheterpassage durch den Thrombus in die Arterie vor der lokalen Lysetherapie. Es wurde unmittelbar eine lokale Lysetherapie in der betroffenen Extremität erfolgreich durchgeführt.

4.8 Technischer Erfolg

Der Begriff „technischer Erfolg“ wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich definiert. Die Definition des Begriffs in dieser Arbeit ist im Abschnitt 2.4.6 beschrieben.

Autor	Definition technischer Erfolg
Eigene Definition	Abschnitt 2.4.6
Safa (32)	Stenose <30%, Graft-Offenheit <24h nach Intervention
Manninen (23)	Anatomischer Erfolg: Reststenose <30% Technischer Erfolg: Reststenose ≤50% und unbeeinträchtigte Dialyse
Turmel-Rodrigues (38)	Reststenose <30%, normalisierte Dialyseparameter bei nächster Dialysesitzung
Longwitz (21)	Passage der Stenose, Ballonkatheterplatzierung im Stenosebereich, Dilatation ohne konsekutiven Shuntverschluss
Beathard (3)	Technischer Misserfolg: Prozedur konnte technisch nicht durchgeführt werden
Kanterman (19)	Keine Definition angegeben

Tabelle 26: Definition des Begriffs „technischer Erfolg“ in verschiedenen verglichenen Studien

Die technischen Erfolgsquoten wurden jeweils für die einzelnen Gruppen (AV-Shunts: Verschlüsse/Stenosen, Graftshunts: Verschlüsse/Stenosen) angegeben. Für AV-Shunts betrug sie 79% bei der Dilatation von Stenosen >50% und 43% bei der Rekanalisierung und Rekonstruktion von thrombosierte Shunts. Bei den Graftshunts waren 88% der Ballondilatationen von Stenosen >50% Lumeneinengung erfolgreich, 88% der Rekanalisationen und Rekonstruktionen von thrombosierte Graftshunts waren technisch erfolgreich. Vergleichbare Ergebnisse bei Interventionen an Graftshunts wurden aus anderen Studien berichtet.

Autor	Shunttyp	Shuntpathologie	Techn. Erfolgsrate
Turmel-Rodrigues (38)	PTFE (n=31)	Stenosen	98,6%
Safa (32)	PTFE (n=90) und AVF (n=16)	Stenosen	98%
Beathard (3)	PTFE (83%) und AVF (17%)	Stenosen	94%
Kanterman (19)	PTFE (n=54)	Stenosen	85%

Tabelle 27: Technische Erfolgsraten nach Ballondilatation verschiedener Studien mit Graftshunts (und AV-Shunts)

Erfolgsquoten bei der Thrombolyse von PTFE-Shunts werden in der Literatur mit 68-100% angegeben (13,20).

Für die Gruppe der Graftshunts sind die Ergebnisse dieser Arbeit vergleichbar mit anderen Studien (siehe Tabelle 27).

Es gibt wenige Studien, die über Ergebnisse von endovaskulärer Rekonstruktion bei dysfunktionellen autologen AV-Fisteln berichten.

Autor	Shunttyp	Shuntpathologie	techn. Erfolgsrate
Eigene Ergebnisse	AVF (n=54)	Stenosen (n=47) Thrombosen (n=7)	79% 43%
Manninen (23)	AVF (n=53)	Stenosen und Thrombosen	92%
Longwitz (21)	AVF (n=73)	Stenosen	95%
Turmel-Rodrigues (38)	AVF (n=32)	Stenosen	95%/97% (Unterarm/Oberarm)

Tabelle 28: Technische Erfolgsraten nach Angioplastie bei dysfunktionellen oder thrombosierte AV-Shunts in verschiedenen Studien

Die Erfolgsaussichten der Lysetherapie bei AV-Shuntthrombosen sind nach Meinung der Autoren der NKF-K/DOQI Clinical Guidelines for Vascular Access gering (25). Weder perkutane noch chirurgische Techniken zeigten gute Resultate. Dies zeigt sich in der eigenen Analyse. Nach Ansicht vieler Autoren ist die Behandlung von thrombosierte AV-Fisteln generell weniger erfolgreich als die Behandlung thrombosierter Graftshunts. Diese Meinung kann durch die in dieser Arbeit gezeigten Ergebnisse unterstützt werden. Die geringe Fallzahl

der AV-Shuntthrombosen (n=7) beeinträchtigt jedoch die Repräsentativität der Statistik.

4.9 Offenheitsraten

Die Offenheitsrate nach Angioplastie bei Shunt Dysfunktion ist höher als nach Rekanalisation und Rekonstruktion bei akuten Shuntthrombosen (siehe Abbildung 25). Dieses Ergebnis unterstützt die Empfehlung vieler Autoren, zu intervenieren, bevor der Shunt verschlossen ist (25). So früh wie möglich sollte eine Stenose entdeckt und beseitigt werden, da damit die Thromboserate sinkt, die Offenheitsraten verbessert werden und die Wahrscheinlichkeit steigt, dass die Extremität für die zukünftige Schaffung eines Dialysezuganges erhalten bleibt (4,7,9,34). In 85-90% liegt einer Shuntthrombose bei einem Graft-Shunt eine Stenose im venösen Abstrombereich zugrunde (25).

Die Offenheitsraten der autologen Shunts sind höher als die der Graftshunts. Auch dieses Ergebnis ist vereinbar mit den Empfehlungen der NKF-K/DOQI Clinical Practice Guidelines for Vascular Access (25). In den Guidelines 3 und 4 der NKF- Richtlinien wird angeraten, bei der Neuanlage eines Dialysezuganges die radio-cephalische AV-Fistel und die brachio-cephalische AV-Fistel gegenüber synthetischen arteriovenösen Grafts vorzuziehen. Die Offenheitsraten seien gut, die Komplikationsraten niedriger im Vergleich mit anderen Möglichkeiten, auch hinsichtlich Stenosen, Infektionen und Steal-Syndrom, und die Morbidität im Zusammenhang mit der Anlage der Fistel sei geringer.

	6 Monate AV/Graft	12 Monate AV/Graft	24 Monate AV/Graft
Turmel-Rodr. (38)		62%/25%	40%/20%
Safa (32)	47%/43%	16%/23%	
Lumsden (22)	-----/63%	-----/51%	
Kanterman (19)	-----/63%	-----/40%	
Beathard (3)	-----/62%	-----/44%	-----/25%
Manninen (23)	58%/-----	44%/-----	40%/-----
Longwitz (21)	55%/-----	47%/-----	32%/-----

Tabelle 29: Literatur-Vergleich: Dauerhafter Primärerfolg (primäre Offenheitsraten) bei anderen Studien

	6 Monate AV/Graft	12 Monate AV/Graft	24 Monate AV/Graft	36 Monate AV/Graft
Turmel-Rodr. (38)		82%/61%	76%/49%	66%/44%
Safa (32)		67%/68%	50%/51%	
Manninen (23)	90%/-----	85%/-----	79%/-----	
Longwitz (21)	87%/-----	80%/-----	70%/-----	

Tabelle 30: Literaturvergleich: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren unterstützenden endovaskulären Behandlungen (primäre unterstützte Offenheitsraten) bei anderen Studien

	12 Monate AV/Graft	24 Monate AV/Graft
Safa (32)	100%/82%	100%/65%

Tabelle 31: Literaturvergleich: Offenheitsraten von Shunts nach primärer PTA und weiteren endovaskulären Behandlungen und chirurgischen Maßnahmen (sekundäre Offenheitsraten) in einer anderen Studie

L. Turmel-Rodrigues et al. und A. Safa et al. führten Studien mit nativen AV-Shunts und Graft-Shunts durch. Bei Turmel-Rodrigues et al. zeigen die primäre und die primären unterstützten Offenheitsraten nach endovaskulärer Behandlung für AV-Shunts bessere Ergebnisse als für Graftshunts. Die

Ergebnisse von Safa et al. zeigen diesen Unterschied nicht bei den primären und primären unterstützten Offenheitsraten, die sekundären Offenheitsraten sind bei AV-Shunts jedoch besser als bei Graftshunts.

4.10 Stents

Die Offenheitsraten nach Implantation von Stents bei Stenosen, die durch die Ballondilatation nicht zufriedenstellend beseitigt werden konnten, sind mit einer primären 6-Monats- bzw. 12-Monats-Offenheitsrate von 36,4% bzw. 0% gering. Andere Autoren berichten von primären 6-Monats-Offenheitsraten von 12-58% und 12-Monats-Offenheitsraten von 0-31% (18,27,30,40,42,43). Die durch weitere endovaskuläre Behandlungen unterstützten primären 6-Monats- bzw. 12-Monats-Offenheitsraten dieser Studie betragen 55% bzw. 46%. Die primären unterstützten Offenheitsraten, von denen hier berichtet wird, liegen zwischen 62-76% nach 6 Monaten und 33-47% nach 12 Monaten. Häufiges Problem ist das Auftreten von Stenosen im Stent oder an den Stentenden (5 von 11 Fälle in dieser Studie). Die Stent-Implantation im Shunt-Bereich führt zudem immer zu einer Verkürzung der möglichen Punktionsstrecke.

Der Einsatz von Stents in ausgewählten Fällen wird akzeptiert. Elastische Stenosen in zentralen Venen, die das Lumen um >30% einengen, sollten nach erfolglosen Dilatationsversuchen mit einem Stent korrigiert werden, ebenso Stenosen, die in weniger als 3 Monaten nach erfolgreicher Dilatation rezidivieren (29,41). Unumstritten ist der Einsatz von Stent-Grafts als Notfallmaßnahme bei Gefäßrupturen nach einer Dilatation (15,31,33).

4.11 Offenheitsraten bei Diabetikern

Aufgrund der Kenntnisse über die Pathologie der diabetischen Mikro- und Makroangiopathie und der daraus folgenden Probleme für die betroffenen Patienten könnte man erwarten, dass die Gruppe der Diabetiker unter den Dialysepatienten bei Shunt dysfunktionen und nach endovaskulären Rekonstruktionsmaßnahmen eine schlechtere Prognose bezüglich der Shunt offenheit hat. Die Kaplan-Meier-Lifetable-Analyse zeigte jedoch für die Offenheitsrate mit dauerhaftem Primärerfolg und die durch weitere endovaskuläre Behandlungen unterstützte Offenheitsrate nach der primären endovaskulären Rekonstruktion keinen signifikanten Unterschied im Verlauf der Offenheitsraten zwischen Diabetikern und Nicht-Diabetikern.

Unerwarteterweise zeigt sich beim Vergleich der Offenheitsraten nach primärer PTA und weiteren endovaskulären Behandlungen und chirurgischen Maßnahmen von beiden Gruppen sogar ein besseres Ergebnis für die Gruppe der Diabetiker. Zu folgern ist hieraus, dass die Ergebnisse der endovaskulären Therapie bei peripherer arterieller Verschlusskrankheit mit signifikant reduzierten Erfolgsquoten beim Vorliegen von Diabetes mellitus nicht auf das Indikationsgebiet der Behandlung von Dialyseshunts übertragen werden können.

5 Zusammenfassung

Die Dysfunktion des Dialyseshunt ist für einen Patienten mit terminaler Niereninsuffizienz eine akute Bedrohung, da toxische, harnpflichtige Substanzen nicht durch Hämodialyse aus dem Organismus eliminiert werden können. Sie ist eine häufige Komplikation bei Patienten, die von der chronischen Hämodialyse abhängig sind.

Mit der perkutanen transluminalen Angioplastie steht eine minimalinvasive Methode zur Verfügung, die in gleicher Sitzung zur Diagnostik und zur Behandlung der Shunt Dysfunktion zum Einsatz kommen kann.

Bei Shuntthrombosen bestehen die Möglichkeiten der pharmakomechanischen Thrombolyse und der hydrodynamischen Thrombektomie und bei Shuntstenosen die Möglichkeiten der Ballondilatation mit eventueller Stentimplantation zur Ergebnisoptimierung.

Es wurden im Verlauf von 60 Monaten bei 93 Patienten mit 103 Shunts (54 Nativshunts, 49 Graftshunts) 174 perkutane transluminale Angioplastien bei Shuntthrombose oder Shunt Dysfunktion durchgeführt. Für die Analyse des Dauererfolgs wurde jeweils die erste PTA an einem neuen Dialyseshunt berücksichtigt.

Für die Analyse des Dauererfolgs wurde

1. der Zeitraum nach einer primären endovaskulären Behandlung erfasst, während dem die Shuntfunktion eine problemlose Dialyse gewährleistete.

Davon abgegrenzt wurde der Zeitraum nach einer primären PTA, während dem

2. durch eine oder mehrere wiederholte endovaskuläre Behandlungen eine zufrieden stellende Dialysefunktion gegeben war
3. durch endovaskuläre Behandlungsmethoden und/ oder additive gefäßchirurgische Interventionen die Shuntfunktion für die Dialyse aufrechterhalten werden konnte.

Bei den Analysen der Zeiträume wurden verschiedene Gruppen miteinander verglichen: > native arteriovenöse Fisteln mit Kunststoffprothesen-Shunts

- > Shunts, die aufgrund einer Stenose behandlungsbedürftig wurden mit thrombosierte Shunts.

Insgesamt waren Rekonstruktionsversuche bei Shuntstenosen öfter erfolgreich (82%) als bei Shuntthrombosen (78%) und bei Graftshunts öfter erfolgreich (88%) als bei nativen AV-Fisteln (72%). Shuntstenosen waren bei Nativshunts meistens im venösen Abstrombereich und bei Graftshunts meist im Anastomosenbereich lokalisiert.

Der Dauererfolg nach endovaskulärer Shuntrekonstruktion war generell bei Nativshunts von längerer Dauer als bei Graftshunts und nach der Rekonstruktion von stenosierte Shunts länger anhaltend als nach der Rekanalisation von thrombosierte Shunts.

1. Ohne sekundären endovaskulären oder chirurgischen Eingriff lag der Dauererfolg nach 1 / 6 / 12 / 24 Monaten nach

- der Rekostruktion von stenosierte Nativshunts
bei 72,3% / 40,4% / 31,9% / 21,1%
- der Rekonstruktion von stenosierte Graftshunts
bei 80% / 28% / 8% / 0%
- der Rekanalisation von thrombosierte Nativshunts
bei 14,3% / 14,3% / 14,3% / 14,3%
- der Rekanalisation von thrombosierte Graftshunts
bei 54,2% / 8% / 10% / 0%

2. Nach primärer PTA und wiederholter endovaskulärer Behandlung lag der Dauererfolg nach 1 / 6 / 12 / 24 Monaten nach

- der Rekostruktion von stenosierten Nativshunts
bei 80,5% / 45,7% / 39,2% / 28,1%
- der Rekonstruktion von stenosierten Graftshunts
bei 84% / 48% / 28% / 12%
- der Rekanalisation von thrombosierten Nativshunts
bei 14,3% / 14,3% / 14,3% / 14,3%
- der Rekanalisation von thrombosierten Graftshunts
bei 54,2% / 20,8% / 20,8% / 4,2%

3. Der Dauererfolg nach primärer PTA und wiederholter endovaskulärer Behandlung und/ oder additiver chirurgischer Intervention lag nach 1 / 6 / 12 / 24 Monaten nach

- der Rekostruktion von stenosierten Nativshunts
bei 93,6% / 72,3% / 61,4% / 50,5%
- der Rekonstruktion von stenosierten Graftshunts
bei 96% / 68% / 48% / 32%
- der Rekanalisation von thrombosierten Nativshunts
bei 85,7% / 71,4% / 71,4% / 42,9%
- der Rekanalisation von thrombosierten Graftshunts
bei 91,7% / 58,3% / 50% / 32,4%

Der Vergleich des Funktionserhaltes zwischen Patienten mit Diabetes mellitus als besonderem angiologischen Risikofaktor und Patienten ohne Diabetes mellitus zeigte identische Ergebnisse.

Oberste Priorität beim dysfunktionellen Dialyseshunt ist, die Funktion des Shunts zu verbessern bzw. wieder herzustellen. Die Möglichkeiten zur Schaffung eines neuen Dialysezuganges sind beschränkt auf das Vorkommen von geeigneten Venen und Arterien an geeigneten Lokalisationen.

Die interventionelle Radiologie bietet mit der perkutanen transluminalen Angioplastie minimal invasive Methoden zur Funktionserhaltung bzw. –wiederherstellung eines Shunts, ohne die Shuntanatomie zu verändern und die Gefäßreservestrecke zu verringern. Die Komplikationsraten sind gering und die Traumatisierung der Extremität minimal. Die technischen Erfolgsquoten sind zufrieden stellend. Die durch die DSA gewonnene exakte anatomische Information über den Zustand des Shunts ist im Falle des Scheiterns der radiologisch-interventionellen Methoden für die Revision von großer Bedeutung für die Problemanalyse und die Eingriffsplanung. Eine vorausgegangene, nicht erfolgreiche Intervention hat in der Regel keine negativen Auswirkungen auf eine dann folgende chirurgische Therapie. Ziel einer interdisziplinären Überwachung und Behandlung von Dialyseshunts muß sein, Stenosen frühzeitig zu erkennen und der adäquaten Behandlung zuzuführen, bevor eine Thrombose eintritt und die Prognose des Shunts sich drastisch verschlechtert. Die Behandlung des dysfunktionellen Dialyseshunts ist eine interdisziplinäre Aufgabe von Nephrologen, Chirurgen und interventionellen Radiologen, wobei die Stärken der jeweiligen Disziplin optimal ausgenutzt werden sollten.

Abkürzungsverzeichnis

ASS	Acetylsalicylsäure
AT III	Antithrombin III
atm	Atmosphären
AVF/AV-Fistel/AV-Shunt	arteriovenöse Fistel/arteriovenöser Shunt
cm	Zentimeter
D	Dalton (Molekulargewicht)
Diab. mell.	Diabetes mellitus
DOQI	Dialysis Outcome Quality Initiative
DSA	digitale Subtraktionsangiographie
evtl.	eventuell
F	French (englische Kathetermaßeinheit, 1F=1/3cm)
h	Stunde
HWZ	Halbwertszeit
I.E.	internationale Einheiten
i.m.	intramuskulär
KM	Kontrastmittel
max.	maximal
mg	Milligramm
min	Minute
mind.	mindestens
ml	Milliliter
NKF	National Kidney Foundation
o.g.	oben genannt
prim.	primär
protrah.	protrahiert
PTA	perkutane transluminale Angioplastie
PTFE	Polytetrafluorethylen

PTT	partielle Thromboplastinzeit
rt-PA	recombinant tissue-type plasminogen activator
sog.	sogenannt
SPSS	statistical package for social sciences
techn.	technisch
t-PA	tissue-type plasminogen activator
v.a.	vor allem
ven.	venös
z.B.	zum Beispiel
z.T.	zum Teil

Alphabetisches Literaturverzeichnis

- (1) Aruny J, Lewis C, Cardella J, Cole P, Davids A, Drooz A, Grassi C, Gray R, Husted J, Todd Jones M, McCowan T, Meranze S, Van Moore A, Neithamer C, Silverstein M, Singh H, Swan T, Towbin R, Trerotola S, Bakal C: Quality improvement guidelines for percutaneous management of the thrombosed or dysfunctional dialysis access. *J Vasc Interv Radiol* 10:491-498, 1999.
- (2) Barth K, Gosnell M, Palestrant A, Martin L, Siegel J, Matalon S, Goodwin S, Neese P, Swan T, Uflacker R: Hydrodynamic Thrombectomy System versus Pulse-Spray Thrombolysis for thrombosed Hemodialysis Grafts: A Multicenter Prospective Comparison. *Radiology* 217:678-684, 2000.
- (3) Beathard DA: Percutaneous transvenous angioplasty in the treatment of vascular access stenosis. *Kidney Int* 42:1390-97, 1992.
- (4) Beathard GA: Thrombolysis versus surgery for the treatment of thrombosed dialysis access grafts. *J Am Soc Nephrol* 6:1619-1624, 1995.
- (5) Berger H, Pickel P, Weiß W: Endovaskuläre Lysetherapie, CD-ROM, ©2003, Georg Thieme Verlag
- (6) Berridge DC, Gregson RHS, Hopkinson BR, Makin GS: Randomized trial of intraarterial recombinant tissue plasminogen activator, intravenous tissue plasminogen activator and intraarterial streptokinase in peripheral arterial thrombolysis. *Br J Surg* 78 (8), 988-959, 1991.
- (7) Besarab A, Sullivan KL, Ross RP, Moritz M: Utility of intra-access pressure monitoring in detecting and correcting venous outlet stenosis prior to thrombosis. *Kidney Int* 47:1364-1373, 1995.
- (8) Breda van A, Katzen BT, Deutsch AS: Urokinase versus Streptokinase in lokal thrombolysis. *Radiology* 165:109-111, 1987.

- (9) Burger H, Zijlstra JJ, Kluchert SA, Scholten A, Koostra G: Percutaneous transluminal angioplasty improves longevity in fistulae and shunts for haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant* 5:608-611, 1990.
- (10) Cavagna E., D`Andrea P., F. Schiavon, G. Tarroni: Failing Hemodialysis Arteriovenous Fistula and Percutaneous Treatment: Imaging with CT, MRI and Digital Subtraction Angiography. *Cardiovascular and Interventional Radiology* 23:262-265, 2000.
- (11) Dotter C: Transluminal angioplasty: A long view. *Radiology* 135:561-564, 1980.
- (12) Estler CJ: Pharmakologie und Toxikologie- Lehrbuch für Mediziner, Veterinärmediziner, Pharmazeuten und Naturwissenschaftler. Schattauer Verlag GmbH, Stuttgart, 1995, 4. Auflage
- (13) Falk A, Guller J, Nowakowski F, Mitty H, Teodorescu V, Uribarri J, Vassalotti J: Reteplase in the Treatment of Thrombosed Hemodialysis Grafts. *J Vasc Interv Radiol* 12:1257-1262, 2001.
- (14) Fogarty, Cranley, Krause: A method for extraction of arterial emboli and thrombi. *Surgery, Gynecology and Obstetrics* 116:241-244, 1963.
- (15) Funaki B, Szymiski GX, Leef JA: Wallstent deployment to salvage dialysis graft thrombolysis complicated by venous rupture. *Radiology* 189:322-329, 1994.
- (16) Grüntzig, Hopf: Perkutane Rekanalisation chronisch arterieller Verschlüsse mit neuen Dilatationskathetern: Modifikation der Dotter-Technik, *Dtsch Med Wochenschr* 99:2502-2510, 1974.
- (17) Hodges, Fillinger, Zwolack, Walsh, Bech, Cronenwett: Longitudinal comparison of dialysis access methods: Risk factors for failure. *J Vasc Surg* 26:1009-1019, 1997.
- (18) Hoffer EK, Sultan S: Prospective randomized trial of a metallic intravascular stent in hemodialysis graft maintenance. *J Vasc Interv Radiol* 8:965-973, 1997.

- (19) Kanterman RY, Vesely TM, Pilgram TK, Guy B, Windus D, Picus D: Dialysis access grafts: Anatomic location of venous stenosis and results of angioplasty. *Radiology* 195:135-139, 1995.
- (20) Kumpe DA, Cohen MAH, Durham JD: Treatment of failing or failed hemodialysis access sites: Comparison of surgical treatment with thrombolysis/angioplasty. *Semin Vasc Surg* 5:118-127, 1992.
- (21) Longwitz D, Pham TH, Heckemann RG, Hecking E: Angioplastie am stenosierten Hämodialyseshunt: Erfahrungen an 100 Patienten mit 166 Eingriffen. *Fortschr Röntgenstr* 169,1:68-76, 1998.
- (22) Lumsden AB, MacDonald J, Kikeri D, Cotsonis G, Harker L, Martin L: Prophylactic balloon angioplasty fails to prolong the patency of expanded polytetrafluoroethylene arteriovenous grafts: Results of a prospectively randomized study. *J Vasc Surg* 26:382-392, 1997.
- (23) Manninen H, Kaukanen E, Ikäheimo R, Karhapää P, Lahtinen T, Matsi P, Lampainen E: Brachial Arterial Access: Endovascular Treatment of Failing Brescia-Cimino Hemodialysis Fistulas- Initial Success and Long-Term Results. *Radiology* 218:711-718, 2001.
- (24) Meyerovitz MF, Goldhaber SZ, Reagan K: Recombinant tissue-type plasminogen activator versus urokinase in peripheral arterial and graft occlusions: a randomized trial. *Radiology* 175(1), 75-78, 1990.
- (25) NKF-K/DOQI Clinical practice guidelines for vascular access, *Am J Kidney Dis* 37:S137-S181; 2000.
- (26) NKF-DOQI Clinical practice guidelines for vascular access. (Besarab, Beathard, Brouwer, Etheredge, Hartigan, Levine, McCann, Schwab, Sherman, Trerotola) *Am J Kidney Dis* 30 (4) 1997.

- (27) Patel RI, Peck SH: Patency of wallstents placed across the venous anastomosis of hemodialysis grafts after percutaneous recanalization. *Radiology* 209:365-370; 1998.
- (28) *Percutaneous Vascular Recanalization*, Springer 1978: Percutaneous Transluminal Dilatation of Stenosis Behind AV-Fistula in Hemodialysis Patients
- (29) Polak J, Berger M, Pagan-Martin H, Aruny J, Meyerovitz M: Comparative efficacy of pulse-spray thrombolysis and angioplasty vs. surgical salvage procedures for treatment or recurrent occlusion of PTFE dialysis access grafts. *Cardiovasc Intervent Radiol* 21:314-318, 1998.
- (30) Quinn SF, Schuman SF, Demlow TA, Standage B, Ragsdale J, Green G, Sheley R: Percutaneous transluminal angioplasty versus endovascular stent placement in the treatment of venous stenoses in patients undergoing hemodialysis Intermediate results. *J Vasc Interv Radiol* 6:851-855, 1995.
- (31) Raynaud A, Angel C, Sapoval M, Beyssen B, Pagny J, Auguste M: Treatment of hemodialysis access rupture during PTA with Wallstent implantation. *J Vasc Interv Radiol* 9:437-442, 1998.
- (32) Safa A, Valji K, Roberts A, Ziegler T, Hye R, Oglevie S: Detection and Treatment of Dysfunctional Hemodialysis Access Grafts: Effect of a Surveillance Program on Graft Patency and the Incidence of Thrombosis. *Radiology* 199:653-657, 1996.
- (33) Sapoval M, Turmel-Rodrigues L, Raynaud A, Bourquelot P, Rodrigue H, Gaux CJ: Cragg covered stents in hemodialysis access : Initial and mid-term results. *J Vasc Interv Radiol* 7:335-342, 1996.
- (34) Schwab SJ, Raymond JR, Saeed M, Newman G, Dennis P, Bollinger R: Prevention of hemodialysis access thrombosis. Early detection of venous stenoses. *Kidney Int* 36:707-711, 1989.
- (35) STILE-Studie 1994.

- (36) Swedberg SH, Brown G, Sigley R: Intimal fibromuscular hyperplasia at the venous anastomosis of PTFE grafts in hemodialysis patients. *Circulation* 80:1726-1736, 1989.
- (37) Trerotola S, Turmel-Rodrigues L: Off the beaten path: Transbrachial approach for native fistula interventions. *Radiology* 218:617-619, 2001.
- (38) Turmel-Rodrigues LA, Pengloan J, Blanchier D, Abaza M, Birmelé B, Haillet O, Blanchard D: Insufficient Dialysis Shunts: Improved Long-term Patency Rates with Close Hemodynamic Monitoring, Repeated Percutaneous Balloon Angioplasty, and Stent Placement. *Radiology* 187:273-78, 1993.
- (39) Turmel-Rodrigues LA: Special Session AV Shunts; 32.2 Interventional radiology in functional and failing autogenous fistulae, Cardiovascular and Interventional Radiological Society of Europe (CIRSE)
- (40) Turmel- Rodrigues LA, Blanchard D, Pengloan J, Sapoval M, Baudin S, Testou D, Mouton A, Abaza M: Wallstents and Craggstents in hemodialysis grafts and fistulas: Results for selective indications. *J Vasc Interv Radiol* 8:975-982, 1997.
- (41) Vesely TM: Endovascular interventions for the failing vascular access, *Advances in Renal Replacement Therapy* Vol 9, No 2 (April): pp 99-108, 2002.
- (42) Vesely TM, Hovsepian DM, Pilgram TK, Coyne D, Shenoy S: Upper extremity central venous obstruction in hemodialysis patients: treatment with Wallstents. *Radiology* 204:343-348, 1997.
- (43) Vorwerk D, Guenther RW, Mann H, Bohndorf K, Keulers P, Alzen G, Sohn M, Kistler D: Venous stenosis and occlusion in Hemodialysis Shunts: Follow-up results of stent placement in 65 patients. *Radiology* 195:140-146, 1995.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. med. H. Berger danke ich für die Möglichkeit, diese Arbeit am Institut für Röntgendiagnostik der Technischen Universität München in der Abteilung für Interventionelle Radiologie durchzuführen.

Herrn OA Dr. W. Weiß danke ich herzlich für die engagierte, intensive und kritische Betreuung bei der Durchführung der Arbeit. Ich möchte mich insbesondere für seine Hilfsbereitschaft, Geduld und stets vorhandene Ansprechbarkeit bedanken, die er mit entgegenbrachte.

Mein Dank gilt auch den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der verschiedenen Dialysezentren in und um München für ihre freundliche Unterstützung bei meiner Arbeit.

Nicht zuletzt gilt meine große Dankbarkeit meinen Eltern, die mir während meines gesamten Studiums immer zur Seite standen und mich in jeder Hinsicht unterstützt haben.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Veronika Düweling
geboren am 17.08.1977 in Pforzheim
ledig
deutsch

Schulbildung

1983-1987 Grundschole Isny im Allgäu
1987-1996 Gymnasium Isny
Abschluß: Allgemeine Hochschulreife

Studium

Studium der Humanmedizin

10/1996-10/1997 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
10/1997-03/1999 Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, Physikum
03/1999-05/2003 Technische Universität München, 1.-3.Staatsexamen

04/2002-02/2003 Praktisches Jahr in der chirurgischen Klinik und Poliklinik,
in der I. und III. Medizinischen Klinik und Poliklinik des
Klinikums rechts der Isar der Technischen Universität München
und in der Kinderklinik München-Schwabing der Technischen
Universität München

Promotion

am Institut für Röntgendiagnostik der Technischen Universität
München, Abteilung für Interventionelle Radiologie

Arbeitsverhältnis

von 1.02.2004 bis 30.09.2004 Ärztin im Praktikum, seit 1.10.2004
Assistenzärztin in der Abteilung für Gynäkologie und Geburtshilfe
des Krankenhauses München Neuperlach