

**Aus der  
Klinik und Poliklinik für Radiologie  
der  
Ludwig-Maximilians-Universität München**

**Direktor: Prof. Dr. med. J. Ricke**

**Kurz- und langfristige Ergebnisse der  
endovaskulären Thrombektomie  
arterieller Gefäßverschlüsse der unteren  
Extremitäten**

Dissertation  
zum Erwerb des Medizinischen Doktorgrades  
der Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität München

**vorgelegt von  
Stephanie Andrea Kramer, geb. Ast  
aus  
Den Haag**

**2021**

---

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät  
der Universität München

Berichterstatter: Prof. Dr. med. Marcus Treitl, EBIR, EDIR, MBA

Mitberichterstatter: PD Dr. med. Gabor Gäbel  
Prof. Dr. med. habil. B. Steckmeier

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Tag der mündlichen Prüfung: 14.01.2021

---

## **Eidesstattliche Versicherung**

Kramer, Stephanie

---

Name, Vorname

Ich erkläre Hiermit an Eides statt,  
dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema

**Kurz- und langfristige Ergebnisse der endovaskulären Thrombektomie arterieller  
Gefäßverschlüsse der unteren Extremitäten**

selbstständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schriftum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, 25.01.2021

Stephanie Kramer

---

Ort, Datum

---

Unterschrift Doktorandin/Doktorand



meiner Familie gewidmet

## Inhaltsverzeichnis

---

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>10</b>
2.1	Akute arterielle Verschlüsse	10
2.1.1	Epidemiologie	10
2.1.2	Ätiologie	10
2.1.2.1	Arterielle Embolie	10
2.1.2.2	Arterielle Thrombose	11
2.1.3	Lokalisation	11
2.1.4	Symptomatik	12
2.1.5	Diagnostik	13
2.1.5.1	Anamnese	13
2.1.5.2	Körperliche Untersuchung	13
2.1.5.3	Bildgebende Diagnostik	14
2.1.5.4	Angiographische Befunde beim akuten Gefäßverschluss	15
2.1.5.5	Stadieneinteilung nach Rutherford et al.	17
2.1.6	Therapie	17
2.2	Interventionelle radiologische Therapie	19
2.2.1	Lokale Fibrinolyse	19
2.2.2	Perkutane Aspirations-Thrombektomie	21
2.2.3	Mechanische Rotationsthrombektomie	20
2.2.4	Unterstützende Maßnahmen	25
2.2.4.1	Perkutane transluminale Angioplastie (PTA)	26
2.2.4.2	Gefäßstents	27
<b>3</b>	<b>Zielsetzung</b>	<b>31</b>
<b>4</b>	<b>Material und Methode</b>	<b>32</b>
4.1	Patientenkollektiv	32
4.2	Methoden	33
4.2.1	Auswertung der Patientenakten	33

## Inhaltsverzeichnis

---

4.2.2	Auswertung der Digitalen Subtraktionsangiographie-Bilder	33
4.2.3	Fragebögen	35
4.2.4	Definition: Technischer Erfolg	37
4.2.5	Definition: Primäre Ergebnisse	37
4.2.6	Definition: Major- und Minor-Komplikationen	37
4.2.7	Definition: Major- und Minor-Amputation	37
4.2.8	Definition: Offenheitsraten	37
4.2.9	Statistische Methoden	38
<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>39</b>
5.1	Kurzfristige Ergebnisse der drei interventionellen Verfahren zusammengefasst	39
5.1.1	Allgemeines	39
5.1.2	Verschlüsse	39
5.1.3	Verschlusslokalisation	39
5.1.4	Verschlusslängen	42
5.1.5	Pathogenese und Ätiologie	43
5.1.6	PTA- und Stenteinsatz	43
5.1.7	Liegezeiten	43
5.1.8	Technischer Erfolg	43
5.1.9	Komplikationen	43
5.2	Kurzfristige Ergebnisse der drei interventionellen Verfahren einzeln	45
5.2.1	Allgemeines	45
5.2.2	Verschlüsse	45
5.2.3	Verschlusslokalisation	45
5.2.4	Verschlusslängen	48
5.2.5	Pathogenese und Ätiologie	50
5.2.6	PTA- und Stenteinsatz	51
5.2.7	Liegezeiten	51

## Inhaltsverzeichnis

---

5.2.8	Technischer Erfolg	52
5.2.9	Komplikationen	54
5.3	Langfristige Ergebnisse der drei interventionellen Verfahren zusammengefasst	55
5.4	Langfristige Ergebnisse der drei interventionellen Verfahren einzeln	57
5.4.1	Beobachtungszeit	57
5.4.2	Offenheitsraten am Beobachtungsendpunkt	57
5.4.3	Offenheitsraten nach bestimmten Zeitpunkten	61
5.4.4	Offenheitsraten im zeitlichen Verlauf	63
5.4.4.1	Offenheitsraten kumulativ	63
5.4.4.2	Offenheitsraten aufgeschlüsselt (in primär, primär-assistiert und sekundär)	65
5.4.4.3	Primäre Offenheitsraten	68
5.4.4.4	Primär-assistierte Offenheitsraten	71
5.4.4.5	Sekundäre Offenheitsraten	74
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>77</b>
6.1	Erfolg der drei interventionellen Verfahren: Lysetherapie, Aspirationsthrombektomie und Rotationsthrombektomie	77
6.2	Kurzfristige Erfolge	77
6.3	Langfristige Erfolge bezogen auf den Beobachtungsendpunkt	77
6.4	Erfolgsraten der drei Verfahren zu bestimmten Zeitpunkten	79
6.5	Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit der Literatur	81
6.5.1	Patientenkollektiv	81
6.5.2	Thrombolyse	82
6.5.2.1	Technischer Erfolg	82
6.5.2.2	Offenheitsraten	82

## Inhaltsverzeichnis

---

6.5.3	Rotationsthrombektomie	83
6.5.3.1	Technischer Erfolg	83
6.5.3.2	Offenheitsraten	83
6.5.3.3	Vergleich zur Thrombolyse	84
6.5.4	Aspirationsthrombektomie	85
6.5.4.1	Technischer Erfolg	85
6.5.4.2	Offenheitsraten	85
6.5.4.3	Therapiewahl	86
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>87</b>
<b>8</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>89</b>
<b>9</b>	<b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b>	<b>96</b>
<b>10</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>97</b>
<b>11</b>	<b>Lebenslauf</b>	<b>98</b>
<b>12</b>	<b>Danksagung</b>	<b>99</b>

# 1 Einleitung

Die Inzidenz der akuten Extremitätenischämie nimmt durch das Fortschreiten arteriosklerotischer Gefäßerkrankungen bzw. die Häufung kardial-embolischer Ursachen stetig zu (1). Der akute periphere arterielle thrombotische oder embolische Verschluss kann je nach seiner hämodynamischen Relevanz zu einer extremitätenbedrohenden Ischämie führen (2).

Neben akuten gefäßwiedereröffnenden Maßnahmen mittels chirurgischer Verfahren gewinnen die radiologisch-interventionellen Methoden zunehmend an Bedeutung. Der Interventionellen Radiologie stehen heute verschiedene Verfahren zur Verfügung, arterielle Gefäßverschlüsse zu therapieren, sodass ggf. auf eine operative Sanierung gänzlich verzichtet werden kann. Diese Methode verdankt die Medizin im Ursprung Charles T. Dotter, der 1964 die Möglichkeit erkannte, die diagnostische Kathetertechnik in ein Behandlungsverfahren umzuwandeln. Gemeinsam mit M. Judkins gelang ihm erfolgreich der experimentelle und klinische Einsatz von koaxialen Teflonkathetern (3). Die radiologisch-interventionelle Therapie hat heute einen festen Stellenwert in der Therapie des akuten arteriellen Gefäßverschlusses. Allerdings fehlen weitgehend Daten zu den kurz- und langfristigen Ergebnissen der verschiedenen Verfahren.

Die vorliegende Arbeit präsentiert eine Evaluation der radiologisch-interventionellen Methoden zur Rekanalisation von akuten arteriellen Gefäßverschlüssen an den unteren Extremitäten. Hierbei wurden die drei wichtigsten Methoden zur Rekanalisation akuter arterieller Gefäßverschlüsse untersucht: die Thrombolyse, die mechanische Rotationsthrombektomie und die Aspirationsthrombektomie. Dabei wurden die primären technischen Ergebnisse sowie die Langzeitergebnisse analysiert.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Akute arterielle Verschlüsse

Der akute arterielle Extremitätenverschluss ist eine plötzlich einsetzende arterielle Perfusionsstörung mit vitaler Bedrohung einer Extremität. Es ist der häufigste gefäßmedizinische Notfall (4).

#### 2.1.1 Epidemiologie

Die Inzidenz des akuten arteriellen Verschlusses liegt bei 7-14 / 100 000 Einwohnern pro Jahr (5).

#### 2.1.2 Ätiologie

Der akuten Extremitätenischämie können zwei unterschiedliche Mechanismen zugrunde liegen: der embolische Verschluss und der thrombotische Verschluss auf dem Boden einer arteriellen Verschlusskrankheit.

In 10-15% der Fälle ist eine Unterscheidung der Verschlussursache nicht möglich (5).

##### 2.1.2.1 Arterielle Embolie

Die häufigste Ursache der akuten Ischämie stellt die arterielle Thrombembolie dar (60-80%) (6).

Mehr als 70% der Embolien kardialer Ursache entwickeln sich auf dem Boden einer absoluten Arrhythmie bei Vorhofflimmern. Hierbei bilden sich Thromben im linken Vorhof, die dann bei meist erneut einsetzendem Sinusrhythmus zu Embolien führen können. Aber auch bis zu 5% aller Myokardinfarkte haben nach Tagen bis Wochen eine Embolie zur Folge. Seltener Ursachen sind Klappenvitien, dilatative Kardiomyopathie, künstlicher Herzklappenersatz, bakterielle Endokarditiden, Vorhofmyxom, kardiales Aneurysma oder paradoxe Embolien über ein offenes Foramen ovale.

10-20% der Embolien sind nicht kardial bedingt. Hierbei findet sich häufig ein abdominelles Aortenaneurysma, sowie seltener Aneurysmen der Iliakalgefäße,

## 2 Grundlagen

---

der Femoralarterien und Poplitealarterien. In sehr seltenen Fällen können Tumore oder Fremdkörper durch Gefäßeinengung periphere Embolien verursachen. In nur wenigen Fällen bleibt die Ursache einer Embolie ungeklärt (7).

### 2.1.2.2 Arterielle Thrombose

Die weniger häufige Ursache eines akuten arteriellen Gefäßverschlusses ist die lokale Thrombose (20-40%) (6).

Die Ursachen hierfür sind meist bestehende Stenosen oder Aneurysmen, die sich auf dem Boden einer Arteriosklerose gebildet haben. Auch Anastomosenstenosen nach peripheren Bypass-Operationen prädisponieren zum Gefäß- bzw. Bypassverschluss. Selten finden sich traumatisch bedingte Extremitätenischämien, in denen eine Kompression durch Knochenfragmente oder ein direktes Gefäßtrauma mit Blutung zur Thrombose führt. Iatrogene Gefäßläsionen mit der möglichen Folge einer lokalen Thrombose werden beobachtet: vor allem bei endovaskulären Eingriffen, Hüftendoprothetik oder Kniegelenkseingriffen. Sehr seltene Ursachen sind die Aortendissektion und die Ruptur eines Leistenaneurysmas (7).

### 2.1.3 Lokalisation

Akute periphere Gefäßverschlüsse finden sich zu 85% in den unteren Extremitäten (6). Embolien führen bevorzugt im Bereich einer Gefäßverzweigung zu einem Verschluss oder werden dort zerkleinert und embolisieren weiter nach distal. Arterielle Thrombosen entstehen bevorzugt an den Prädilektionsstellen der peripheren Arteriellen Verschlusskrankheit (pAVK) (7). Die mit Abstand häufigste Lokalisation ist hier die A. femoralis (46%). Es folgen die A. iliaca (15%), A. poplitea (13%), Aorta (8%) und die Unterschenkelarterien (3%) (6).

## 2 Grundlagen

---

### 2.1.4 Symptomatik

Die klassischen Symptome der akuten Extremitätenischämie wurden 1954 von Pratt erstmals beschrieben (8):

Schlagartiger Beschwerdebeginn mit Ausbildung der typischen 6 „P“ nach Pratt:

- **Pain** (Schmerz)
- **Paleness** (Blässe)
- **Pulselessness** (Pulslosigkeit)
- **Paresthesia** (Sensibilitätsstörung)
- **Paralysis** (Bewegungsunfähigkeit)
- **Prostration** (Schocksymptomatik)

Ein weiteres Leitsymptom ist die im Seitenvergleich kühle Extremität (7).

Das komplette Ischämiesyndrom beinhaltet die Ausprägung aller Symptome (6). In der Regel treten aber nicht alle Symptome gleichzeitig auf und sind unterschiedlich stark ausgeprägt. Man spricht vom inkompletten Ischämiesyndrom.

Liegt dem Verschluss ein thrombotischer Prozess auf dem Boden einer vorbestehenden pAVK zugrunde, lassen sich die Beschwerden nach Fontaine-Ratschow klassifizieren:

**Tab. 1: Klassifikation nach Fontaine-Ratschow**

I.	Beschwerdefreiheit
II.	Belastungsschmerz= Claudicatio intermittens a) Schmerzfreie Gehstrecke > 200 m b) Schmerzfreie Gehstrecke < 200 m
III.	Ischämischer Ruheschmerz der Muskulatur
IV.	Zusätzlich Nekrose/Gangrän/Ulkus

Die kritische Ischämie umfasst die Stadien III. und IV.

## 2 Grundlagen

---

### 2.1.5 Diagnostik

#### 2.1.5.1 Anamnese

Anamnestisch wird die Schmerzsymptomatik in Bezug auf Intensität, Lokalisation und Zeitpunkt des Beginns erfragt. Zusätzlich ist das Wissen über bekannte Vorerkrankungen und Risikofaktoren bei der Diagnosefindung sehr hilfreich.

Für eine Embolie sprechen schlagartig auftretende Schmerzen, ohne zuvor bekannte Claudicatio-schmerzen. Häufig bekannte Vorerkrankungen sind hier Herzrhythmusstörungen, Herzklappenfehler, Koronare Herzerkrankung oder ein Aortenaneurysma.

Bei einem thrombotischen Ereignis findet sich, im Gegensatz dazu, eine weniger akut einsetzende Symptomatik. Meist liegt eine vorbestehende pAVK mit mehr oder minder ausgeprägter Kollateralisierung zu Grunde, die noch eine Restdurchblutung aufrechterhalten kann.

#### 2.1.5.2 Körperliche Untersuchung

Die körperliche Untersuchung beinhaltet die Inspektion der Extremitäten im Seitenvergleich im Hinblick auf Farbunterschiede. Hierbei spricht ein blasses Hautkolorit für einen arteriellen Verschluss mit noch erhaltenem venösem Abstrom. Eine fleckförmige Blaufärbung kombiniert mit weißen Arealen spricht eher für eine beginnende kapilläre und venöse Stase (9).

Palpatorisch und auskultatorisch sucht man nach Temperaturveränderungen und Pulsdefiziten.

Hierbei sind typische Zeichen eines embolischen Geschehens der Pulsverlust bei unauffälligem Puls der anderen Extremität. Circa eine Handbreit unter dem Verschluss findet man eine scharfe Demarkierung des perfusionsgestörten Areals. Bei thrombotischer Genese sind die Symptome schwächer ausgeprägt.

Generell sind Blässe, Pulsverlust, Abkühlung und schließlich Blauverfärbung Hinweise auf eine akute Extremitätenischämie. Komplettschämisch ist das Gewebe bei Verlust von Sensibilität und Motorik.

## 2 Grundlagen

---

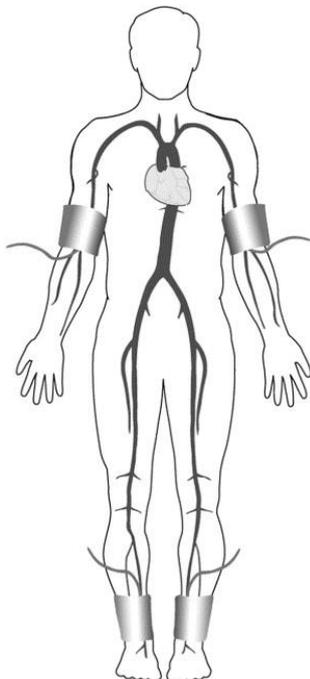
Die Herzauskultation kann ebenfalls im Hinblick auf eine Herzrhythmusstörung oder ein Vitium Aufschluss über die Embolieursache geben (6) (7).

### 2.1.5.3 Bildgebende Diagnostik

Die bildgebende Diagnostik dient zur Findung der Ursache, zur Lokalisation des Hindernisses und zur Beurteilung der hämodynamischen Veränderungen (6) (10).

Zur Objektivierung des Pulsverlustes eignet sich die Untersuchung mittels eines **Ultraschaldopplers**. Mit Hilfe des Knöchel-Arm-Index bzw. Ankle-Brachial-Index (ABI) erhält man Informationen über die Vitalität der Extremität. Hierbei wird der Quotient aus dem höchsten systolischen Dopplerdruck des Knöchels nach Verschlussdruckmessung an beiden Fußarterien und des höchsten systolischen Dopplerdrucks des Arms nach Blutdruckmessung an beiden Armen gebildet. Normale Werte finden sich zwischen 0,9 und 1,2. Unterschreitet der ABI 0,5 oder finden sich distale Verschlussdrücke am Unterschenkel kleiner als 50 mmHg, besteht meist eine kritische Ischämie der Extremität (4) (11).

**Abb. 1: Knöchel- Arm- Index (= Ankle-Brachial-Index)**



**Rechter Knöchel-Arm-Index = Verhältnis von**

Systolischem Druck des rechten Knöchels (Arteria tibialis posterior oder dorsalis pedis)

\_\_\_\_\_

Systolischem Druck des Arms (linker oder rechter Arm)

**Linker Knöchel-Arm-Index = Verhältnis von**

Systolischem Druck des linken Knöchels (Arteria tibialis posterior oder dorsalis pedis)

\_\_\_\_\_

Systolischem Druck des Arms (linker oder rechter Arm)

## 2 Grundlagen

---

Die intraarterielle **Digitale Subtraktionsangiographie (DSA)** ist ein Verfahren zur Diagnostik (und gegebenenfalls Therapie) bei klinisch diagnostiziertem akuten Gefäßverschluss. Es handelt sich um eine Röntgenkontrastaufnahme, bei der die Gefäße isoliert dargestellt werden können, indem spezielle Rechenoperationen überflüssige Informationen auf digital aufgezeichneten Bildern subtrahieren (12).

Die Vorteile liegen in der schnellen, vollständigen Darstellung der Gefäße ab Punktionsstelle bis zum Arcus plantaris mit hoher Auflösung und besonders der Möglichkeit einer interventionellen endovaskulären Therapie in gleicher Sitzung (10). Darüber hinaus weist sie eine hohe diagnostische Spezifität auf, die in Abhängigkeit der Verschluss-Lage zwischen 93% (distal) und 98% (proximal) liegt (13). Als relativ invasives Untersuchungsverfahren beinhaltet die DSA gewisse Risiken: unter anderem Blutungen, Aneurysmen, arterielle Dissektionen, Thrombembolien, Kontrastmittel- induziertes Nierenversagen oder allergische Reaktionen auf das Kontrastmittel (14).

### 2.1.5.4 Angiographische Befunde beim akuten Gefäßverschluss

Liegt ein akuter Gefäßverschluss vor, ist dieser durch ein plötzliches Abbrechen der Kontrastmittelsäule charakterisiert. Ist die Ursache des Verschlusses ein arterieller Embolus, zeigt sich ein sogenanntes Kuppelphänomen, wobei eine nach oben konvexe Kontrastmittelaussparung als proximaler Embolusanteil verstanden wird. Hierbei fehlen meist ausgebildete Umgehungskreisläufe, die bei einem thrombotischen Verschluss häufig bestehen.

Die **Magnetresonanztangiographie (MRA)** ist eine wertvolle Methode zur Beurteilung der Gefäßsituation bei chronischen Verschlüssen. Die MRA kann der DSA in ihrer Aussagekraft sehr nahe kommen (15). Für den akuten arteriellen Verschluss liegen derzeit aber noch keine ausreichenden Erfahrungen vor. Ein klarer Nachteil ist jedoch, dass die Untersuchungsdauer von circa 30 Minuten relativ lange ist und dass keine Interventionsmöglichkeit besteht.

## 2 Grundlagen

---

Die **Computertomographische Angiographie (CTA)** ist eine nicht invasive Methode, um größere, besonders abdominelle Gefäße darzustellen (10). Hierbei wird ebenfalls jodhaltiges Kontrastmittel verwendet, so dass im Falle einer endovaskulären Therapie eine erneute Kontrastmittelgabe erforderlich ist. Dies ist insbesondere bei Patienten mit einer Niereninsuffizienz von Bedeutung. Sie wird dennoch in der Regel im Falle embolischer peripherer Verschlüsse zur Emboliequellensuche eingesetzt.

Die Durchführung der **farbkodierte Duplexsonographie (FKDS)** ist besonders präinterventionell sehr wichtig. Eine Beteiligung der Becken- und Leistenarterien, welche die Wahl des Therapieverfahrens beeinflussen kann, kann ausgeschlossen werden. Sie stellt einen Gefäßverschluss gut in Bezug auf Lokalisation und Morphologie dar. Sind zum Beispiel ursächliche Plaques darstellbar, spricht dies eher für eine Thrombose. Darüber hinaus können Aneurysmen als mögliche Embolie- und Verschlussursache dargestellt werden (11). Die Beschaffenheit des Verschlusses kann zum Beispiel bei echoarmer Darstellung für einen eher frischen Verschluss sprechen.

Besonders wichtig zur Ursachenklärung ist das Anfertigen eines **EKGs**, ggf. auch eines **Langzeit-EKGs**, da häufig ein Vorhofflimmern zu einem embolischen Ereignis führt. Darüber hinaus ist zur direkten Feststellung einer Emboliequelle auch die **transthorakale oder transösophageale Echokardiographie** einsetzbar (6).

## 2 Grundlagen

### 2.1.5.5 Stadieneinteilung nach Rutherford et al.

Die akute Extremitätenischämie wurde durch klinische und dopplersonographische Kriterien in Stadien eingeteilt. Sie ist hilfreich zur Diagnosestellung, zur Auswahl der Therapie und zur Einschätzung der Prognose (16).

**Tab. 2: Stadieneinteilung nach Rutherford et al.**

Stadium	Erklärung/Prognose	Befund	Bewegungsstörungen	Doppler = Arteriell	Signa l Venös
I Funktionsfähige Extremität	Nicht sofort gefährdet	Keine	Keine	Hörbar	Hörbar
II Gefährdete Extremität a. Marginal	Extremitätenerhalt bei zeitgerechter Wiederherstellung der arteriellen Perfusion	Minimal (Zehen) oder keine	Keine	Nicht hörbar	Nicht hörbar
b. Unmittelbar	Extremitätenerhalt bei sofortiger Wiederherstellung der arteriellen Perfusion	Zehenüberschreitend mit Ruheschmerzen	Leicht bis mäßig	Nicht hörbar	Hörbar
III Irreversibel geschädigte Extremität	Nekrose oder irreversible Nervenschädigung	Ausgedehnter Sensibilitätsverlust	Lähmung (Rigor)	Nicht hörbar	Nicht hörbar

Die Stadien II und III erfordern eine unverzügliche Diagnostik und Therapie.

### 2.1.6 Therapie

Der akute arterielle Verschluss der Beinarterien ist ein Notfall, da ohne sofortige Therapie immer die Gefahr eines Extremitätenverlusts besteht.

#### Sofortmaßnahmen

Die Sofortmaßnahmen von arteriellen Embolien und Thrombosen sind zunächst identisch. Um den Sauerstoffverbrauch im Bein nicht zu steigern wird die

## 2 Grundlagen

---

betroffene Extremität tief gelagert, gepolstert und wärmeisoliert. Nach Sicherstellung eines venösen Zugangs erfolgt in der Regel eine PTT-wirksame Heparinisierung mit dem Zielwert von 60-70 Sekunden (17). Es sollen weitere Embolien und Stagnationsthromben vermieden werden (7). Angezeigt ist ebenfalls eine angemessene Schmerztherapie, die nicht intramuskulär gegeben werden soll, um die Option der Thrombolysetherapie zu erhalten (17).

### **Chirurgische Therapie**

Zu den chirurgischen Maßnahmen zählen die Embolektomie, die Thrombektomie, die Thrombendarteriektomie und die Bypassanlagen. Die Indikation für eine operative Intervention ist ein embolischer Verschluss proximal des Leistenbandes und im Bereich der Femoralarterienbifurkation (10) sowie das Stadium III der Extremitätenischämie nach Rutherford. Der klassische operative Eingriff ist die Thrombembolektomie nach Fogarty, bei der ein Ballonkatheter endovaskulär über den Thrombus hinausgeschoben, aufgeblasen und dann mit dem Embolus zurückgezogen wird (18). Sie beinhaltet mit einer Häufigkeit von 0,5-1% die Gefahr von Gefäßverletzungen. Darunter fallen Perforationen, Rupturen, Aneurysmabildungen, arterio-venöse Fistelbildungen sowie intimale Dissektionen. Diese Komplikationen können erneut zu einem Verschluss oder zu einer Blutung führen. Brüske Fogarty- Manöver können zu einer langstreckigen Stenose oder Verschluss durch Intimahyperplasie führen. Daher ist es besonders wichtig vorsichtig und ohne zu starken Ballondruck zu intervenieren (7).

### 2.2 Interventionelle radiologische Therapie

Die Technik der radiologisch- interventionellen Thrombusbehandlung umfasst im Wesentlichen drei Optionen (19):

1. Der Thrombus wird medikamentös aufgelöst: lokale Fibrinolyse
2. Der Thrombus wird im Ganzen aus dem Gefäß entfernt:
  - a. Ohne elektromechanische Komponenten: einfache Katheteraspiration
  - b. Mit elektromechanischen Komponenten: mechanische Rotationsthrombektomie

Innerhalb dieser drei Therapiemethoden gib es wiederum zahlreiche Varianten, die sich in ihrer Technik unterscheiden (2).

#### 2.2.1 Lokale Fibrinolyse

Grundsätzlich wird zwischen einer systemisch intravenösen und einer lokalen intraarteriellen Thrombolyse unterschieden.

Die systemisch intravenöse Lysetherapie spielt bei der Behandlung arterieller Verschlüsse eine untergeordnete Rolle, weil der Wirkungseintritt verzögert ist und sie mit erhöhten Blutungskomplikationen einher geht (17) (20).

Die lokale intraarterielle Lyse wurde bereits 1974 von Dotter und Mitarbeiter eingeführt (21). Doch erst in den 80er Jahren konnte sie sich etablieren und ist bis heute ein anerkanntes Verfahren zur Behandlung akuter Gefäßverschlüsse (22) (23).

Bei der lokalen Infusionstherapie wird über ein vor dem Thrombus platzierten Endlochkatheter langsam und kontinuierlich das Fibrinolytikum eingebracht (19).

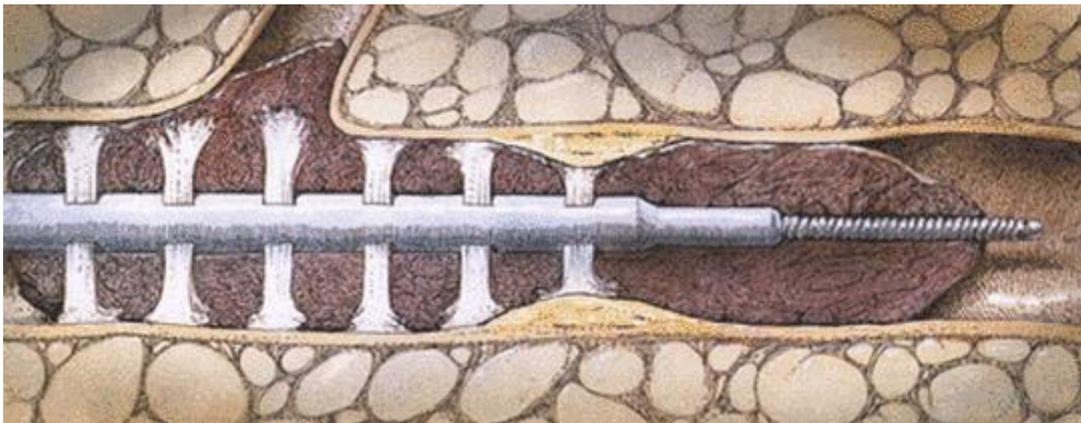
## 2 Grundlagen

---

Ein großer Vorteil ist, dass lokal relativ hohe Konzentrationen an Fibrinolytikum verwendet werden können, ohne dass systemische Wirkungen auftreten.

Eine Weiterentwicklung der lokalen Fibrinolyse ist die Infiltrationsfibrinolyse, bei der das Medikament direkt in den Thrombus appliziert wird (19).

### **Abb. 2: Infiltrationsfibrinolyse**



Dabei wird im Anschluss an die diagnostische Angiographie mit Hilfe eines Führungsdrahtes versucht, den Verschluss in seiner gesamten Länge zu rekanalisieren. Durch die Drahtpassage erhält der Untersucher weitere Informationen über die Verschlusskonsistenz und die tatsächliche Okklusionslänge (2) (10). Über den mit der Spitze distal des Verschlusses positionierten Führungsdraht wird ein Lyse-Katheter eingebracht. Über die Seitenlöcher des Katheters wird das Fibrinolytikum lokal infiltrierte. Die auf 5- 50 cm Länge angeordneten seitlichen Schlitze im Katheter führen zu einer besseren Verteilung im Thrombus (19). Es wurde festgestellt, dass es aufgrund der geringeren systemischen Wirkung zu einer besseren Wiedereröffnungsrate und einer niedrigeren Komplikationsrate kommt. Darüber hinaus ist die Infiltrationslyse kostengünstiger und schneller. Außerdem ist eine niedrigere Fibrinolytikadosierung nötig (24).

Das Medikament kann kontinuierlich oder mit gepulsten Druckspitzen als sog. Pulsed-Spray-Infusion abgegeben werden. Die forcierte Injektion bewirkt eine

## 2 Grundlagen

---

mechanische Zerkleinerung des Thrombus bei wesentlich kürzeren Interventionszeiten und niedrigeren Komplikationsraten (25).

Als Fibrinolytikum stehen zur Auswahl:

1. Urokinase
2. Streptokinase
3. rekombinanter Gewebsplasminaktivator (r-tPA)

Urokinase war lange Zeit das am häufigsten verwendete Fibrinolytikum. In Studien wurde festgestellt, dass Urokinase im Gegensatz zu Streptokinase nicht nur kostengünstiger ist, sondern auch höhere Wiedereröffnungsraten (80 % vs. 63%), geringere Blutungskomplikationen (8% vs. 33%), und seltenerere Immunreaktionen aufweist (26) (27) (28).

Zahlreiche Studien haben mittlerweile die Sicherheit und die Effizienz des r-tPA belegt. Gegenüber Urokinase wurde festgestellt, dass es keinen signifikanten Unterschied in der Effizienz gibt (29) (30). Allerdings ist die Halbwertszeit mit 6min gegenüber 20min bei der Urokinase deutlich günstiger und die Fibrinspezifität höher, weshalb r-tPA zunehmend häufiger eingesetzt wird.

Bei den in dieser Arbeit analysierten Eingriffen wurde überwiegend Urokinase verwendet.

### 2.2.2 Perkutane Aspirations-Thrombektomie

Die Idee der perkutanen Aspiration thrombotischen Materials geht zurück auf Lazar J. Greenfield 1968. (31) Der breite klinische Einsatz der perkutanen Aspirationstherombektomie erfolgte aber schließlich erst in den 80er Jahren durch Starck, der diese Technik bei frisch thrombotischen und embolischen Verschlüssen einsetzte (23).

Hierbei wird über einen Führungsdraht antegrad ein weitleumiger Absaugkatheter bis zum proximalen Verschlussende vorgeschoben (32). Durch einen manuell

## 2 Grundlagen

---

erzeugten Sog können frische Thromben und festere organisierte Partikel aus dem Gefäßsystem gezielt abgesaugt werden (7) (17). Größere Fragmente werden an die Katheterspitze angesaugt und dann durch die Schleuse geborgen. Das Ansaugen des Materials geschieht manuell mittels einer auf den Katheter aufgesetzten großen Spritze (50 ml) (10).

**Abb. 3: Aspirationskatheter**



Ein wesentlicher Vorteil dieser Methode ist, dass auch älteres, nicht lysierbares Verschlussmaterial aufgearbeitet werden kann und sehr schnell eine Rekanalisation erreichbar ist (10).

Mögliche Komplikationen der Aspirationstherombektomie sind Gefäßwandläsionen und die daraus resultierende mögliche Ausbildung einer Stenose. Darüber hinaus kann es zu peripheren Embolien und Dissektionen kommen. Die Gefahr von Komplikationen an der Punktionsstelle wie Blutungen erhöht sich mit dem Einsatz großlumiger Schleusen. Bei der Behandlung kleiner Arterien besteht das Risiko, dass Spasmen auftreten (32). Bei längerstreckigen Verschlüssen kann es bei diesem Rekanalisationsverfahren zudem zu relevanten Blutverlusten von 750ml und mehr kommen.

Kontraindikationen für die perkutane Aspirationstherombektomie sind Verschlüsse oberhalb des Leistenbandes und im Bereich der Femoralarterienbifurkation, da hier die meist großen Mengen an Verschlussmaterial im Verhältnis zu dem

## 2 Grundlagen

---

kleinen Zugang nicht ausreichend oder nur sehr zeitintensiv behandelt werden können (10). Eine weitere relative Kontraindikation ist die Cross-Over-Technik, da hierbei die Möglichkeit der Embolisation in gesunde Gefäße besteht (2) und der Absaugkatheter kollabieren kann.

Die meisten Autoren sprechen sich dafür aus, die Lysetherapie in der Mehrzahl der Fälle mit additiven angioplastischen Verfahren zu kombinieren.

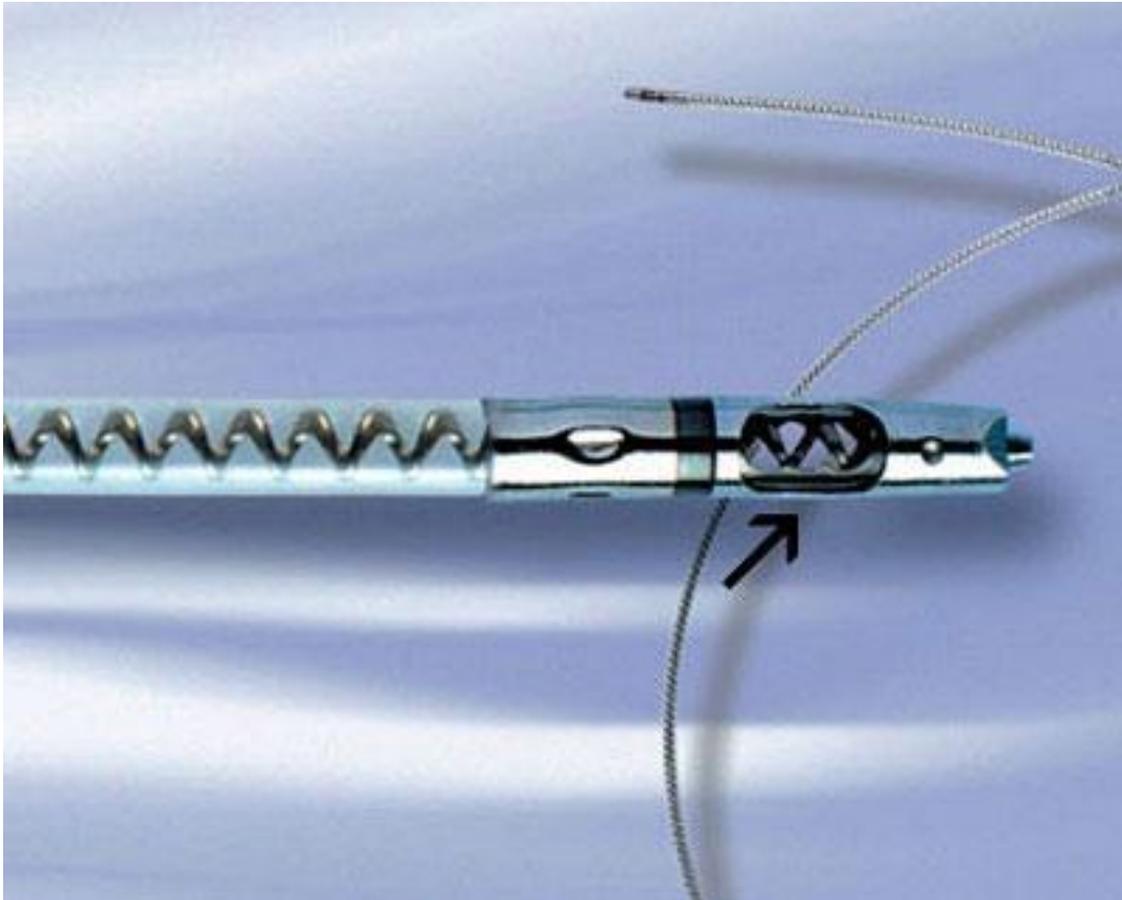
(33) (10)

### 2.2.3 Mechanische Rotationsthrombektomie

Eine weitere Methode der radiologisch- interventionellen Therapie der akuten Extremitätenischämie ist die mechanische Rotationsthrombektomie. Es stehen zahlreiche Typen von mechanischen Fragmentationskathetern zur Verfügung, darunter der Amplatz-Katheter und hydrodynamische Kathetersysteme (2) (10). Die ultraschallassistierte Thrombolyse wird derzeit in klinischen Studien getestet (19).

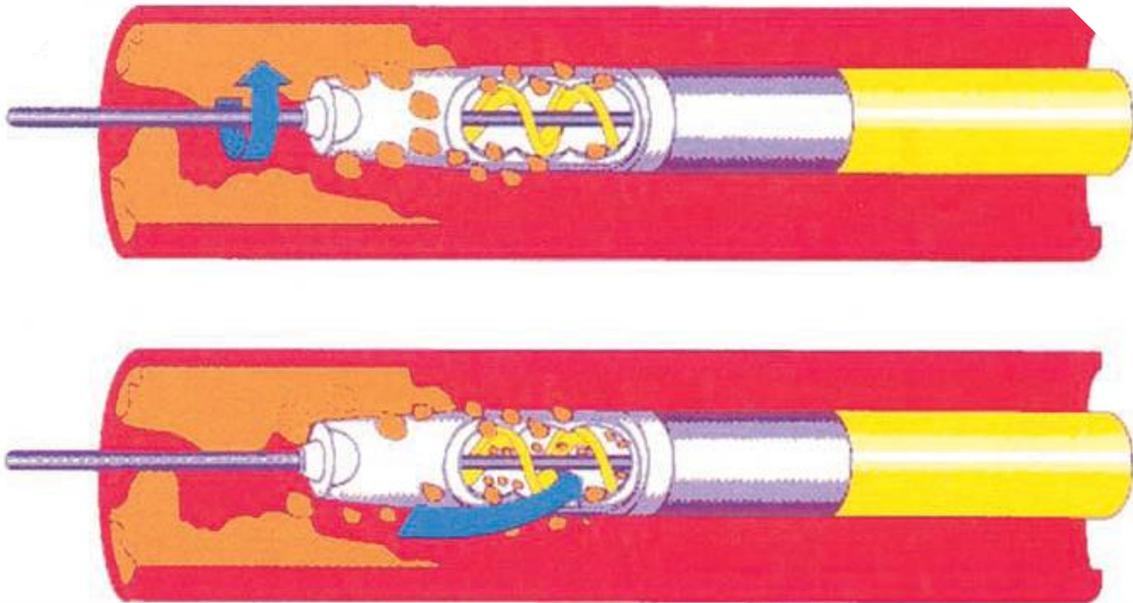
Das hier untersuchte Straub-Rotarex™-System ist ein seit ca. 10 Jahren etabliertes System zur mechanischen Rotationsthrombektomie.

**Abb. 4: Straub-Rotarex™- System**



Der Rotarex-Katheter besteht an der Katheterspitze aus zwei übereinander rotierenden Zylindern mit jeweils zwei ovalen scharfen Seitenöffnungen. Der äußere rotierende Zylinder ist mit einer sich innen befindenden rotierenden Spirale verbunden. Der innere ruhende Zylinder ist am Katheterschaft befestigt. Die Spirale ist distal am Katheterende fixiert und proximal an einem Motorantrieb. Während der Rotation wird an der Katheterspitze das Verschlussmaterial abgetragen und an die zwei seitlichen Schneidfenster heran gesogen. Dort wird es durch das rotierende Fenster fragmentiert und dann über die innen rotierende Spirale abtransportiert (34).

**Abb. 5: Mechanismus der Rotationsthrombektomie**



Aufgrund der mechanischen Aufarbeitung ist es möglich, nicht oder schlecht lysierbares Material zu entfernen, wie zum Beispiel thrombozytenreiche Thromben, wandadhärente Thromben, partiell organisierte Thromben oder atheromatöses Material (2). Auch Verschlüsse, die bereits mehrere Tage bis Wochen alt sind, können damit behandelt werden (32). Sowohl kurze als auch lange Verschlüsse können behandelt werden, vorausgesetzt dass der Verschluss nicht stark verkalkt ist (35) (36).

Die Hauptrisiken der Rotarex-Thrombektomie sind distale Embolisationen und Gefäßperforationen (34).

### 2.2.4 Unterstützende Maßnahmen

In Ergänzung zur endoluminalen Entfernung des thrombembolischen Materials können zusätzliche Verfahren bei Bedarf eingesetzt werden, um z.B. eine durch

## 2 Grundlagen

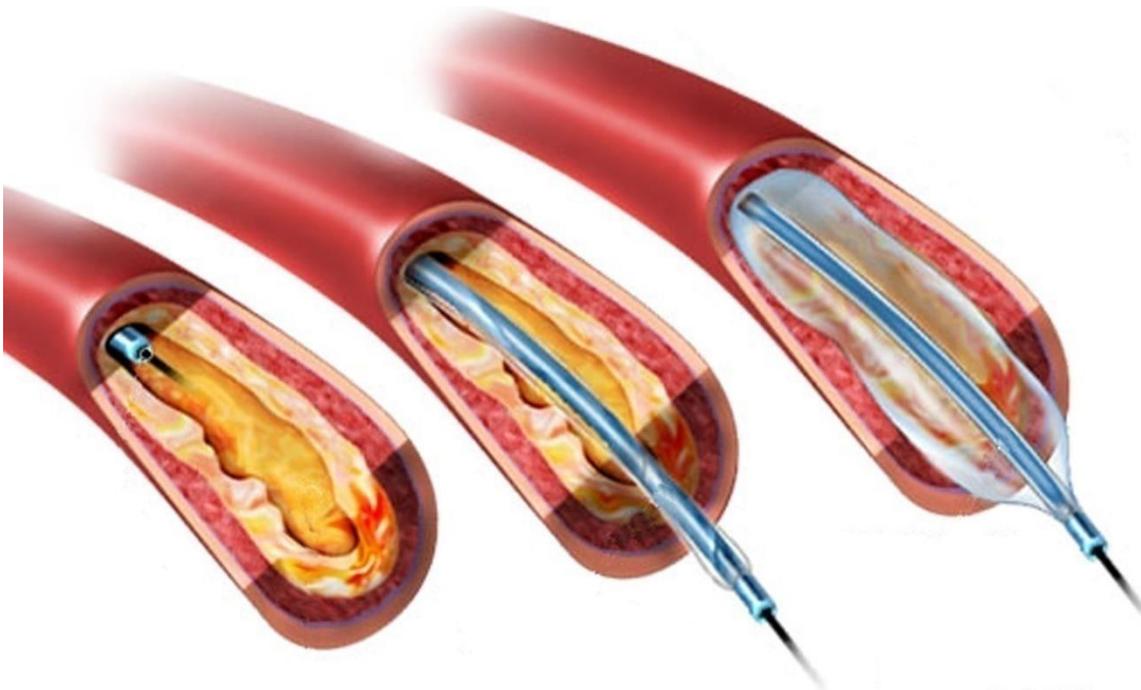
---

akuten thrombotischen Verschluss verursachte Stenose zu beseitigen oder Gefäßdissektionen zu beheben.

### 2.2.4.1 Perkutane transluminale Angioplastie (PTA)

Dotter und Judkins entwickelten 1964 eine Katheter-Methode zur Behandlung von arteriosklerotischen Verschlüssen (37). Auf dieser Grundlage wurde 1974 durch Grüntzig erstmals der Ballondilatationskatheter eingesetzt (38).

**Abb. 6: Mechanismus der PTA**



Bei der PTA wird ein Katheter in einen arteriellen Verschluss oder eine Stenose platziert, an dessen Spitze sich ein nicht entfalteter Ballon befindet. Hat sich der Katheter seinen Weg in den Verschluss gebahnt, wird der Ballon inflatiert. Durch die Entfaltung wird das Verschlussmaterial komprimiert und plastisch verformt. Die Gefäßwand wird lokal überdehnt (39). Die Muskelfibrillen werden überstreckt und irreparabel geschädigt, so dass im Bereich der Dehnung eine örtliche Ektasie entsteht (40). Es kommt zu Gefäßeinrissen in der Intima und häufig in der Media (41) (42) (43) (44). Die Adventitia ist sehr stabil und verhindert eine vollständige

## 2 Grundlagen

---

Gefäßruptur. Es kann zu unterschiedlich großen Endothelschädigungen kommen. In der anschließenden Heilungsphase von 6 Wochen erfolgt durch reparative Vorgänge eine Reendothelialisierung und Glättung der Gefäßwand. Allerdings kann sich durch überschießende Intimabildung eine Rezidivstenose bilden. Um dies zu verhindern, ist es wichtig, das Gefäßwandtrauma so gering wie möglich zu halten (19). Das Aufblasen des Ballons muss hierbei vorsichtig manuell oder entsprechend dosiert mit der Manometerspritze erfolgen. Dabei kann ein leichter Schmerz oder ein Ziehen auftreten (19).

Indikationen zum Einsatz der PTA im Becken- und Beinbereich sind Stenosen und Verschlüsse in Abhängigkeit des angiographischen Befundes und des klinischen Beschwerdebildes des Patienten (19). Dabei können Stenosen und bis zu 10 cm lange Verschlüsse mit der PTA eröffnet werden. Sind die Verschlüsse länger als 10 cm, erhöht sich die Versagerquote deutlich, so dass eher eine chirurgische Intervention in Betracht gezogen wird (45).

Mögliche Komplikationen der Angioplastie sind punktionsbedingte Blutungen sowie lokale Gefäßwandperforationen und Dissektionen. Darüber hinaus kann es zu einer lokalen Thrombose oder zu einer Embolie in periphere Gefäßabschnitte kommen. Bei kleinen Gefäßen besteht zusätzlich die Gefahr eines Gefäßspasmus (19) (45).

Kontraindikationen der PTA sind eine bestehende hämorrhagische Diathese und eine bekannte Kontrastmittelunverträglichkeit (45).

Grundsätzlich wurde festgestellt, dass sich im Fall von kürzeren Verschlüssen und Stenosen bessere Früh- und Langzeitergebnisse erzielen lassen (46) (47).

### **2.2.4.2 Gefäßstents**

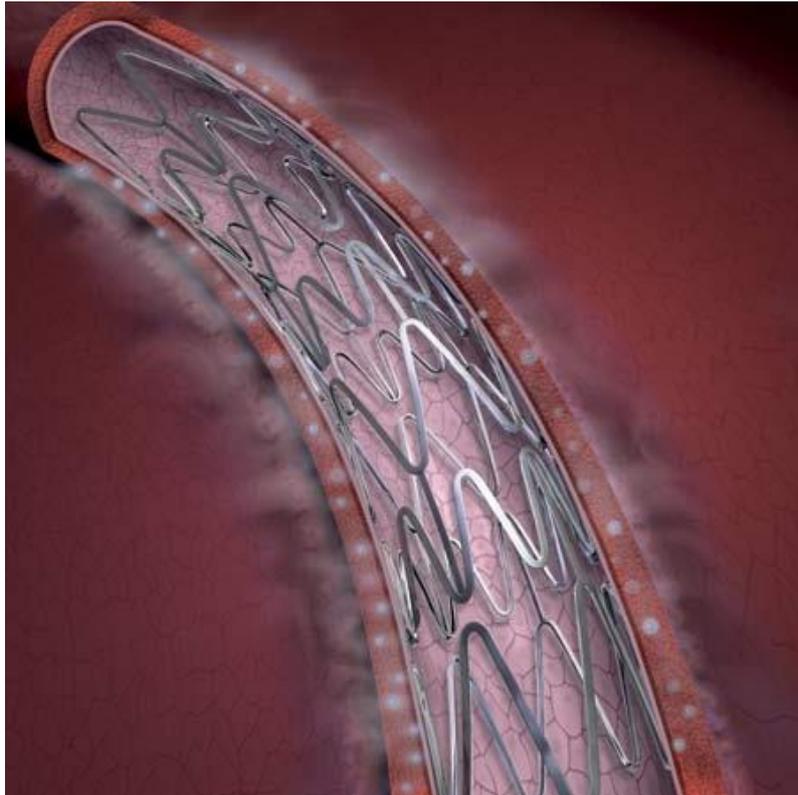
Bereits 1964 berichtete Dotter über die Idee einer internen Gefäßschienung (37). 1969 entwickelte er dann die Technik, eine Endoprothese in Form einer Metall-Spirale als Gefäßstent transluminal zu applizieren (48). Seither hat dieser

## 2 Grundlagen

---

Gefäßstent auf der Basis neuer Technologien zahlreiche Entwicklungen erfahren (49).

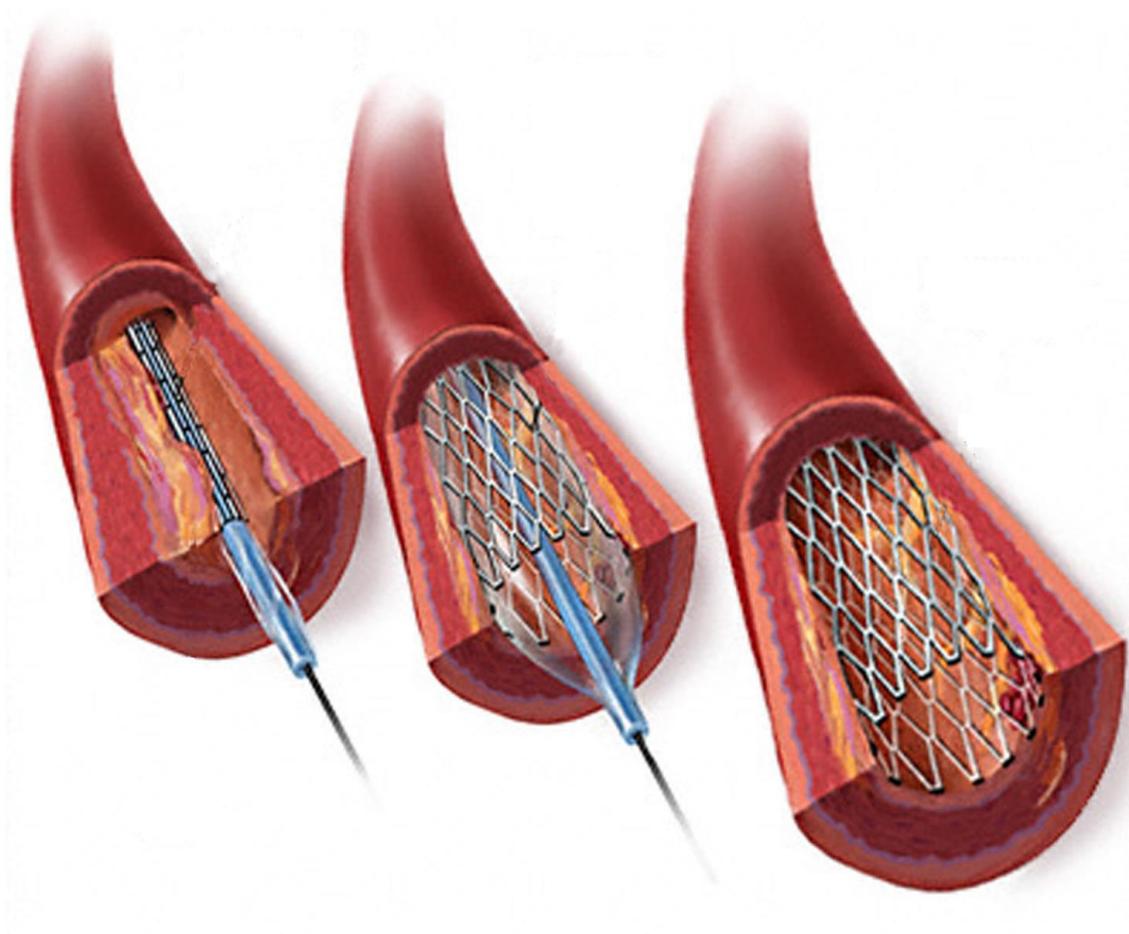
**Abb. 7: Gefäßstent**



Wie aus Abbildung Abb.7 ersichtlich ist der Gefäßstent eine röhrenförmige Prothese, der aus einem Metallgitter besteht und von der Gefäßinnenseite aus das Lumen offen hält.

Es wird hierbei ein Katheter mit einem solchen Stent beladen und in die Stenose vorgeschoben.

**Abb. 8: Ballonexpandierender Stent**



Der „ballonexpandierbare Stent“ ist auf einem Ballon befestigt. Bei Entfaltung des Ballons wird gleichzeitig der Stent entfaltet und an die Gefäßwand gedrückt. Der entfaltete Stent wird dann in der Stenose abgesetzt.

Der „selbstexpandierende Nitinol-Stent“ dagegen öffnet sich selbstständig, sobald eine ihn umhüllende Membran zurückgezogen wird (19).

## 2 Grundlagen

---

Ballonexpandierende Stents sind einfacher zu platzieren als selbstexpandierende Stents. Allerdings sind sie bei längeren Stenosen nur beschränkt einsetzbar, da die Stentlänge durch die verwendbare Ballonlänge limitiert ist (49).

Für den Therapieerfolg ist es wichtig, dass die Implantation des Stents eine schnelle Endothelialisierung bewirkt, ohne dass dabei eine überschießende Intimahyperplasie verursacht wird.

Femorocrurale Gefäßstenosen werden in der Regel primär mittels PTA behandelt. Meist erfolgt darauf eine Stentimplantation in diesem Gefäßabschnitt (19).

Indikationen zur Stentimplantation sind ein schlechtes hämodynamisches Ergebnis oder Komplikationen in Folge des PTA-Eingriffs. Hierzu zählen exzentrisch kalzifizierte Plaques, die eine Dissektion hervorrufen können, kollabierende oder narbige Stenosen, die nach Intervention ihre alte Form einnehmen, (Pseudo-) Aneurysmen sowie chronische Verschlüsse (50) (51). Bei Patienten mit drohendem Extremitätenverlust im Stadium III und IV nach Fontaine kann eine Indikation großzügig gestellt werden (52).

Eine mögliche Komplikation nach Stenteinlage ist die Rezidivstenose, da der Stent als Fremdkörper im Gefäß eine verstärkte myointimale Proliferation herbeiführt. Fehlplatzierungen des Stents sind ebenso möglich wie Wanderungen und Verkürzungen zum Beispiel durch Körperbewegungen (19). Darüber hinaus besteht ein Thrombose- und Embolierisiko (50).

### **3 Zielsetzung**

Ziel der Arbeit war es, mögliche Unterschiede zwischen verschiedenen Therapieverfahren der endovaskulären Thrombektomie arterieller Gefäßverschlüsse der unteren Extremitäten hinsichtlich technischer Erfolgsraten, Komplikationen und klinischer Verläufe zu analysieren.

Zu diesem Zweck wurden retrospektiv 100 Gefäßinterventionen, die an der Klinik und Poliklinik für Radiologie (früher: Institut für Klinische Radiologie) der Ludwig-Maximilians-Universität bei Patienten mit akuten arteriellen Verschlüssen im Bereich der unteren Extremität im Zeitraum vom 09.01.2001 bis 20.08.2008 durchgeführt wurden, evaluiert.

Die Auswertung der Daten umfasste die Charakterisierung der Ausgangsbefunde, die Art des verwendeten interventionellen Verfahrens und die aufgetretenen Komplikationen sowie die Analyse der technischen Erfolgsraten und der klinischen Langzeitergebnisse.

## 4 Material und Methode

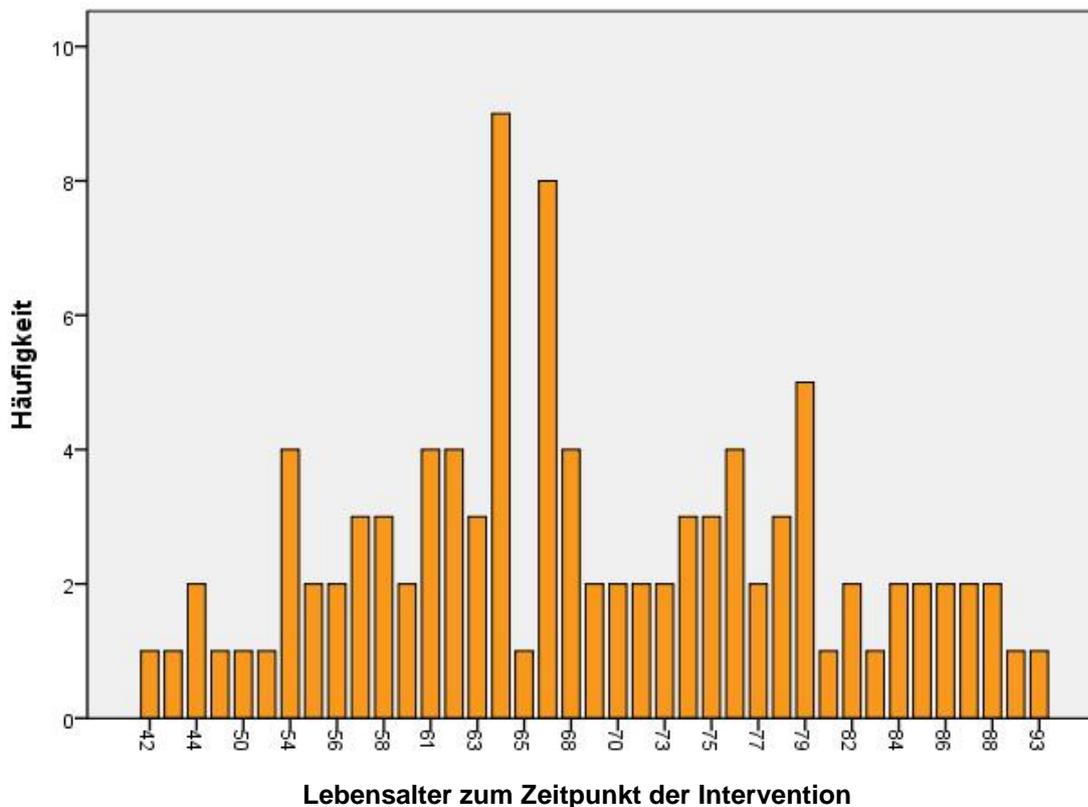
### 4.1 Patientenkollektiv

Insgesamt 100 Patienten mit akuten und subakuten peripheren arteriellen Verschlüssen wurden im Zeitraum vom 09.01.2001 bis 20.08.2008 in der radiologischen Abteilung der Ludwig-Maximilians-Universität interventionell behandelt und untersucht. Die Patienten wurden mit einer oder mehreren Methoden in Kombination behandelt: Lyse, Absaug-Thrombektomie, Rotationsthrombektomie, PTA und Stent.

Die Gruppe der 100 untersuchten Patienten setzte sich aus 45 **Frauen** und 55 **Männern** zusammen.

Das **Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Intervention** lag zwischen 42 und 93 Jahren. Das mittlere Lebensalter betrug 68 Jahre.

**Abb. 9 : Altersverteilung des Patientenkollektivs**



### 4.2 Methode

#### 4.2.1 Auswertung der Patientenakten

Die für die Auswertung erforderlichen Daten wurden durch Aufarbeitung der jeweiligen Patientenakten erhoben. Die Patientenakten wurden dem Datenspeicher des Klinischen Informationssystems (KIS) entnommen. Dort waren Arztbriefe, radiologische Befunde sowie Duplexsonographiebefunde hinterlegt.

Folgende Daten wurden in Tabellen des Computerprogramms Microsoft Office Excel zusammengefasst:

- Patientename
- Geburtsdatum
- Datum der Intervention
- Art der Intervention:
  - ausschließlich Lysetherapie
  - Absaugthrombektomie mit oder ohne Lysetherapie
  - Rotarexsystem mit und ohne Lysetherapie
  - verwendete Systemgröße
  - Einsatz der Perkutanen transluminalen Angioplastie
  - Einsatz von Stents
- betroffenes Bein: rechts oder links

#### 4.2.2 Auswertung der Digitalen Subtraktionsangiographien

Mit Hilfe des Bildarchivierungssystems PACS (picture archiving and communication system / Siemens Syngo) aus dem Datenspeicher der Klinik und Poliklinik für Radiologie der Ludwig-Maximilians-Universität München wurde zu jedem Patienten die entsprechende Aufnahme in Digitaler Subtraktionsangiographie sowohl vor als auch nach der betreffenden Intervention

## 4 Material und Methode

---

im Hinblick auf relevante Informationen wie z.B. auf Verschlusslokalisation oder -länge untersucht.

Die Lokalisation des Verschlusses mit der jeweiligen prozentualen Verschlussausprägung vor und nach der Intervention wurde wie folgt aufgeschlüsselt:

**Tab. 3: Unterteilung der Lokalisationen**

AFS	Arteria femoralis superficialis
AFP	Arteria femoralis profunda
APOP	Arteria poplitea
ATA	Arteria tibialis anterior
Trunc	Truncus tibiofibularis
AF	Arteria femoralis
ATP	Arteria tibialis posterior

- nicht verschlossen = 0
  - 0 - 25 % verschlossen = 1
  - 25 - 50% verschlossen = 2
  - 50 – 75 % verschlossen = 3
  - 75 – 100 % verschlossen = 4
  - Chronisch verschlossen = 5
  - Chronischer Verschluss ohne therapeutische Behandlung= 6
  - Länge des Verschlusses in cm
  - Vermutete Pathogenese des Verschlusses: Embolisch oder thrombotisch
- Soweit dies möglich war, wurde zwischen embolischer und thrombotischer

## 4 Material und Methode

---

Pathogenese unterschieden. Dies konnte einerseits im Hinblick auf die bekannten Vorerkrankungen sowie anhand bildmorphologischer Kriterien der DSA-Befunde bestimmt werden.

- Ergebnis: erfolgreich / erfolglos

### 4.2.3 Fragebögen

Um nach dem stationären Aufenthalt Informationen über den weiteren Krankheitsverlauf des einzelnen Patienten zu erhalten, wurden standardisierte Fragebögen erstellt und dem jeweiligen behandelnden Hausarzt übermittelt. Mit diesen Informationen konnten folgende Daten ermittelt werden:

- Keine weitere Intervention
- Datum der Reintervention
- Datum der operativen Bypass-Anlage
- Datum der Amputation
- Datum des Todes

Insgesamt wurden 100 Fragebögen verschickt.

Abb. 10: Fragebogen

	<b>KLINIKUM</b> <small>DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN</small>	Campus INNENSTADT Institut für Klinische Radiologie	
---	---	--	---

**Fragenkatalog zur Erhebung der Langzeitoffenheitsraten  
gefäßwiedereröffnender Maßnahmen**

Patient:.....  
 Geb.-Datum:.....  
 Datum der Gefäßintervention:.....  
 Betroffene Extremität:.....

Die nachfolgenden Fragen beziehen sich ausschließlich auf den Zeitraum nach dem Datum der Gefäßintervention und nur auf die oben angegebene Extremität!

**Bitte ankreuzen:**

Ich habe evtl. Keine weiteren Verlaufsdaten zu dem genannten Patienten. (eine weitere Bearbeitung des Fragebogens entfällt dementsprechend)

Hat Ihr Patient seit dem Datum der Intervention an der genannten Extremität eine erneute therapeutische Maßnahme erhalten?

Ja                       Nein

Falls Ja:  
 Datum des erneuten Eingriffs:.....  
 Art des Eingriffs:

Erneute perkutane Rekanalisation (Thrombektomie, Lyse, etc.)

Bypass

Amputation

Der Patient ist leider am ..... verstorben.

Direktor des Instituts:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. Maximilian Reiser	Poliklinik	
Sechstenat Direktion:	Telefon +49 (0)89 3100 - 91 00	Computer- / Magnetresonanztomographic	
	Telefax - 91 03	Angiographic / Intervention / Sonographic	- 9150
Medizinische Klinik		Chirurgische Klinik	
Computertomographic:	Telefon +49 (0)89 3100 - 9120	Computer- / Magnetresonanztomographic	
Magnetresonanztomographic:	- 91 30	Röntgen / Sonographic	- 9110
Röntgen / Sonographic:	- 91 11	Frauenklinik	
		Röntgen / Sonographic:	- 9120

## 4 Material und Methode

---

### 4.2.4 **Definition: Technischer Erfolg**

Eine Erstintervention wird als technisch erfolgreich bewertet, wenn das betroffene Gefäß in der angiographischen Kontrolle ein offenes Lumen mit gutem Kontrastmittelfluß aufweist mit der Maßgabe, dass die verbleibende Reststenose kleiner als 30% ist.

### 4.2.5 **Definition: Primäres Ergebnisse**

Als primäres Ergebnis wird das unmittelbare Resultat nach Erstintervention angesehen.

### 4.2.6 **Definition: Major- und Minor-Komplikationen**

Die unmittelbar durch die Prozedur verursachten Komplikationen wurden in Major- und Minor-Komplikationen unterteilt.

Retroperitoneale Blutungen, Extremitätenamputationen sowie die Entwicklung eines Kompartmentsyndroms werden als Major-Komplikationen bezeichnet.

Gefäßdissektionen und periphere Embolisationen werden als Minor-Komplikationen bezeichnet.

### 4.2.7 **Definition: Major- und Minor-Amputation**

Die Amputation der Zehen oder des Vorfußes wird als Minor-Amputation bezeichnet.

Alle größeren Amputationen wie Unterschenkel- oder Oberschenkelamputation werden als Major-Amputationen bezeichnet.

### 4.2.8 **Definition: Offenheitsraten**

Die Offenheitsdauer der behandelten Verschlüsse bezieht sich auf den Zeitraum nach der Intervention bis zum letzten Beobachtungszeitpunkt (auch Beobachtungsendpunkt genannt).

Die **primäre Offenheitsrate** wird definiert als der Prozentsatz der behandelten Verschlüsse, die nach erster interventioneller Rekanalisation bis zum Beobachtungsendpunkt offen bleiben. Dies wird als interventioneller Dauererfolg bezeichnet.

## 4 Material und Methode

---

In die **primär-assistierte Offenheitsrate** gehen darüber hinaus die behandelten Verschlüsse mit ein, bei denen durch mindestens eine weitere endovaskuläre Intervention die Offenheit des betreffenden Gefäßes erhalten werden konnte.

In die **sekundäre Offenheitsrate** gehen zudem die behandelten Gefäßverschlüsse mit ein, bei denen im Verlauf gefäßchirurgische Therapien wie Thrombendariektomie und Bypassanlage notwendig waren, um die Offenheit des Gefäßes zu erhalten oder wiederherzustellen.

Für Patienten, die während des Beobachtungszeitraums verstarben, war der definierte Beobachtungsendpunkt der Zeitpunkt des Todes. Eine primäre Offenheitsrate bei Todesfall wird nur definiert, wenn die Todesursache des Patienten in keinem direkten oder indirekten Zusammenhang mit der Intervention oder auf ihre periphere vaskuläre Grunderkrankung zurückzuführen war.

### 4.2.9 Statistische Methoden

Die gesammelten Daten wurden in das Programm Microsoft Excel übertragen. Dadurch konnten alle Daten übersichtlich aufbereitet und in die gewünschten Untergruppen unterteilt werden.

Die statistische Auswertung und der rechnerische Vergleich dieser Datensätze wurde mit Hilfe des Programms SPSS Statistics (IBM) durchgeführt. Hierbei konnten die gesammelten Daten graphisch dargestellt und verglichen werden.

Die dabei ermittelten Offenheitsraten wurden mit Hilfe von Kaplan-Meier-Kurven veranschaulicht.

# **5 Ergebnisse**

## **5.1 Kurzfristige Ergebnisse der drei interventionellen Verfahren zusammengefasst**

Um einen Überblick über die Effektivität der kurzfristigen Ergebnisse (=technische Erfolge) der drei interventionellen Verfahren zu erlangen, werden die technischen Erfolge der untersuchten Verfahren zunächst nicht einzeln, sondern zusammengefasst dargestellt.

Bei insgesamt 100 akuten Verschlüssen wurde 8 mal (8 %) ausschließlich die Lysetherapie verwendet. In 26 Fällen (26%) kam primär das Rotarex- System zum Einsatz. 66 Verschlüsse (66%) wurden primär mit der Aspirationsthrombektomie behandelt.

### **5.1.1 Allgemeines**

### **5.1.2 Verschlüsse**

In 90 Fällen wurde ausschließlich an Nativgefäßen interveniert. In 10 Fällen wurde der Versuch der Rekanalisation von Bypässen unternommen. Davon wurden in 3 Fällen in gleicher Sitzung außerdem Nativgefäße eröffnet.

### **5.1.3 Verschlusslokalisation**

Von den insgesamt 100 behandelten Verschlüssen waren 48 rechts, 52 links lokalisiert.

Diese 100 Verschlüsse erstreckten sich über eine oder mehrere der folgenden Einzelregionen.

## 5 Ergebnisse

---

**Tab. 4: Anzahl der verschlussbetroffenen Einzelregionen**

<b>Lokalisation</b>	<b>Anzahl</b>
AFS	41
AFP	8
APOP	64
ATA	42
Trunc	38
AF	35
ATP	36
Bypass fem-pop	7
Bypass fem-crur	3

Zur besseren Einordnung der Verteilung der Verschlüsse werden im Folgenden die Einzelregionen folgenden 4 Hauptregionen zugeordnet:

**1. Femoropopliteale Verschlüsse:**

- AFS
- AFS + APOP

**2. Femoropopliteale Verschlüsse mit infrapoplitealer Beteiligung:**

AFS + APOP mit  
ATA, AF, ATP und / oder Truncus

**3. Popliteale Verschlüsse mit infrapoplitealer Beteiligung:**

APOP mit  
ATA, AF, ATP und/oder Trunc

**4. Bypässe**

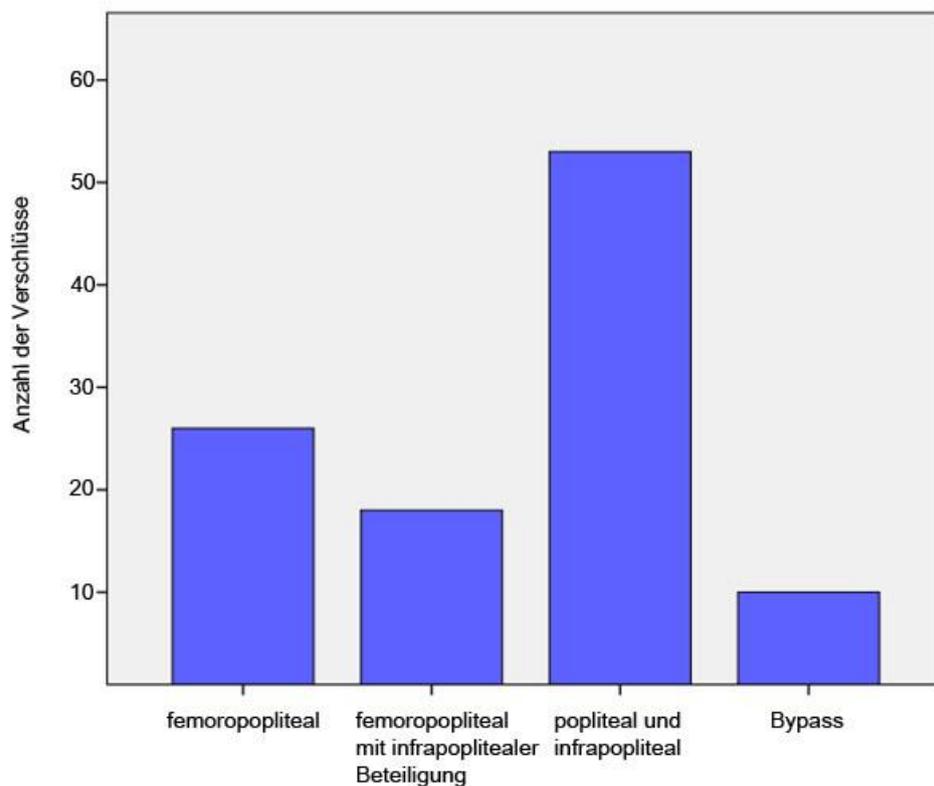
## 5 Ergebnisse

Die 100 Verschlüsse erstreckten sich über eine oder mehrere der folgenden 4 Hauptregionen:

**Tab. 5: Anzahl der verschlussbetroffenen 4 Hauptregionen**

Lokalisation	Anzahl
<b>Femoropopliteale Verschlüsse</b>	26
<b>Femoropopliteale Verschlüsse mit infrapoplitealer Beteiligung</b>	18
<b>Popliteale Verschlüsse mit infrapoplitealer Beteiligung</b>	53
<b>Bypässe</b>	10

**Abb. 11: Anzahl der verschlussbetroffenen 4 Hauptregionen**



## 5 Ergebnisse

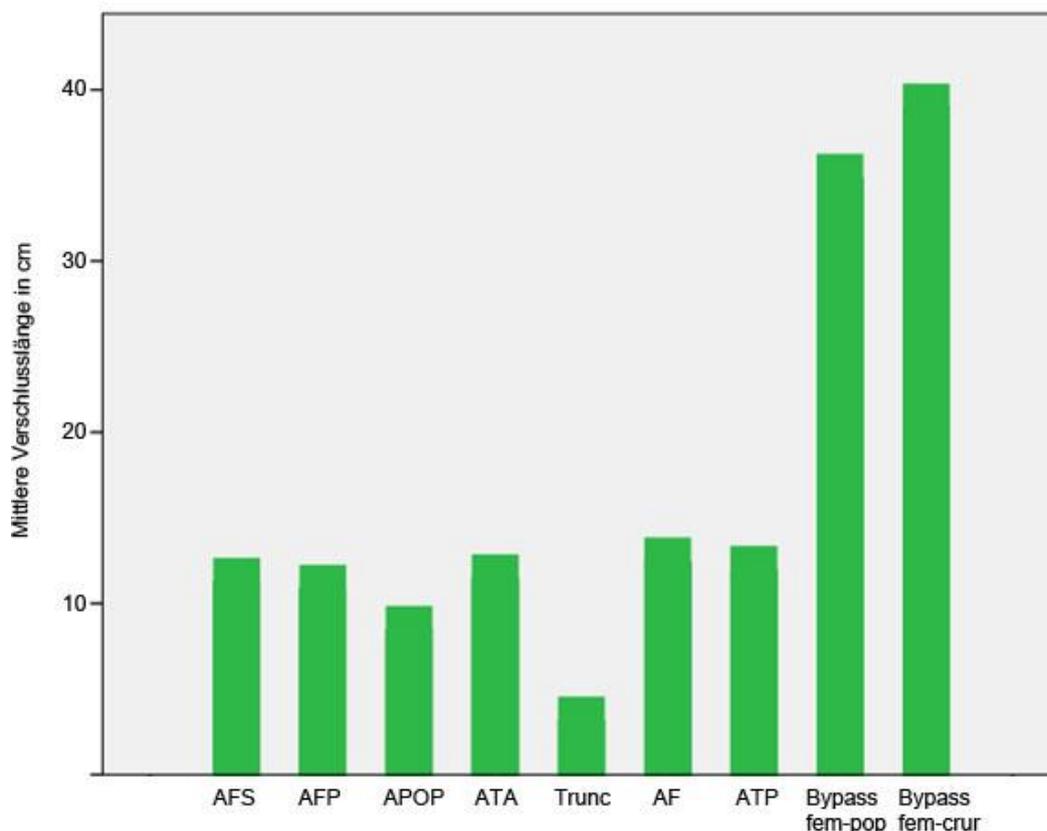
---

In der Mehrheit der Fälle befinden sich die Verschlüsse in der poplitealen und infrapoplitealen Hauptregion.

### 5.1.4 Verschlusslänge

Die Verschlusslängen insgesamt lagen zwischen 0,5 cm und 59 cm. Die Mittelwerte der Einzelregionen betragen in der AFS 11,3 cm, AFP 10,9 cm, APOP 8,5 cm, ATA 11,5 cm, Trunc 3,2 cm, AF 12,5 cm, ATP 12 cm und in den Bypassen femoro-popliteal 34,9 cm und femoro-crural 39 cm.

**Abb. 12: Mittlere Verschlusslängen der Einzelregionen**



Die längsten Verschlüsse fanden sich in den Bypassen. Die übrigen Verschlüsse vor allem in der AFS, AFP, ATA, AF und ATP waren in etwa halb so lang.

## 5 Ergebnisse

---

### 5.1.5 Pathogenese und Ätiologie

47 Verschlüsse (47 %) waren durch arterielle Thrombose entstanden. 53 Verschlüsse (53 %) waren embolischer Herkunft. Bei 14 Patienten (14 %) mit embolischen Verschlüssen fand sich als Ursache ein Vorhofflimmern. Bei einem Patienten wurde eine paraneoplastische Pathogenese als Ursache der Embolie angenommen.

### 5.1.6 PTA - und Stenteinsatz

In 77 Fällen (77%), also in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle, wurde zusätzlich die perkutane transluminale Angioplastie mitverwendet. 8 mal wurde ein intraluminaler Stent eingesetzt, davon wurden bei einem Patienten 2 Stents eingesetzt. Insgesamt wurde 4 mal die AFS, 2 mal die APOP und 1 mal der Truncus mittels Stent versorgt.

### 5.1.7 Liegezeiten

Der stationäre Aufenthalt der Patienten lag zwischen einem und 66 Tagen. Die durchschnittliche Liegezeit betrug 13 Tage. Längere Verweildauern waren i.d.Regel in einem schlechten Allgemeinzustand begründet.

In 8 Fällen konnte die Liegedauer nicht mehr nachvollzogen werden.

### 5.1.8 Technischer Erfolg

Bei den drei interventionellen Verfahren zusammengenommen wurde in **89%** der Fälle ein **technischer Erfolg** erzielt.

11% der Interventionen blieben erfolglos.

### 5.1.9 Komplikationen

In 33 Fällen (33 %) kam es zu Komplikationen.

#### **Minor-Komplikationen:**

17 mal kam es zu einer Dissektion. Diese konnte in 9 Fällen durch Stentimplantation, 5 mal durch PTA und 2 mal durch PTA und Stenting versorgt werden. In einem Fall wurde keine weitere Intervention vorgenommen.

## 5 Ergebnisse

---

In 14 Fällen wurde durch die Intervention eine periphere Embolie ausgelöst. Davon konnte in 4 Fällen der Thrombus mittels Lysetherapie, in 2 Fällen mittels Aspirationsthrombektomie und in 7 Fällen durch die Kombination Lysetherapie mit Aspirationsthrombektomie behandelt werden. Davon wurde in 3 Fällen zusätzlich die PTA eingesetzt. In einem Fall blieb die periphere Embolisation unbehandelt.

### **Major-Komplikationen:**

In einem Fall kam es während der Intervention zu einem sofortigen Verschluss der femoro-cruralen Strombahn mit Entwicklung eines progredienten Kompartmentsyndroms mit OP-Indikation.

In einem weiteren Fall kam es zu einem retroperitonealen Hämatom. Dieses konnte durch eine anschließende Laparotomie mit Blutstillung, Spülung und Drainagen-Anlage erfolgreich behandelt werden.

## 5 Ergebnisse

---

### 5.2 Kurzfristige Ergebnisse der drei interventionellen Verfahren einzeln

#### 5.2.1 Allgemeines

In 8 Fällen (8%) wurde ausschließlich die **Lysetherapie** eingesetzt. Hierbei wurde ausschließlich Urokinase verwendet.

In 63 Fällen wurde die Lysetherapie sekundär zur Rotations- oder Aspirationstherombektomie eingesetzt. Insgesamt wurde bei der Lysetherapie 68 mal Urokinase, 2 mal r-TPA und in einem Fall beides in gleicher Sitzung eingesetzt.

Die **Rotationstherombektomie** mittels Rotarex-System wurde in 26 Fällen (26%) eingesetzt, davon wurde sie in 10 Fällen mit einer Thrombolyse kombiniert. In 12 Fällen wurde zusätzlich die Aspirationstherombektomie verwendet.

Die **Aspirationstherombektomie** wurde in 66 Fällen (66%) eingesetzt. Davon wurde 53 mal (53%) die Rekanalisation mit einer Thrombolyse ergänzt.

#### 5.2.2 Verschlüsse

In der folgenden Tabelle wird die Verschlusshäufigkeit bezogen auf die drei verschiedenen interventionellen Verfahren in Nativgefäßen und Bypässen angegeben.

**Tab. 6: Verschlusshäufigkeit in Nativgefäßen und Bypässen**

	Lysetherapie	Rotationstherombektomie	Aspirationstherombektomie
Nativgefäße	6	25	66
Bypässe	3	5	2

In 7 Fällen wurde in gleicher Sitzung sowohl ein Nativgefäß als auch ein Bypass behandelt.

#### 5.2.3 Verschlusslokalisierung

Die Verschlüsse traten bei folgenden Lokalisationsregionen isoliert oder in Kombination in folgender Häufigkeit auf:

## 5 Ergebnisse

**Tab. 7 und 8: Anzahl der verschlussbetroffenen Einzelregionen sowie der 4 Hauptregionen der drei interventionellen Verfahren aufgeschlüsselt**

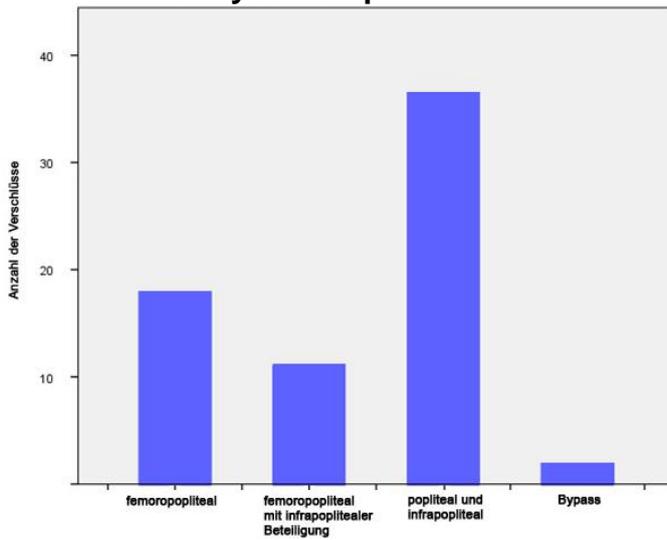
Einzelregionen	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
AFS	1	14	26
AFP	0	3	5
APOP	2	17	45
ATA	3	8	31
Trunc	1	10	37
AF	1	6	27
ATP	3	7	25
Bypass fem- pop	2	4	1
Bypass fem- crur	1	1	1

	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
<b>Femoropopliteale Verschlüsse</b>	3	7	18
<b>Femoropopliteale Verschlüsse mit infrapoplitealer Beteiligung</b>	0	7	11
<b>Popliteale Verschlüsse mit infrapoplitealer Beteiligung</b>	3	11	37
<b>Bypässe</b>	3	5	2

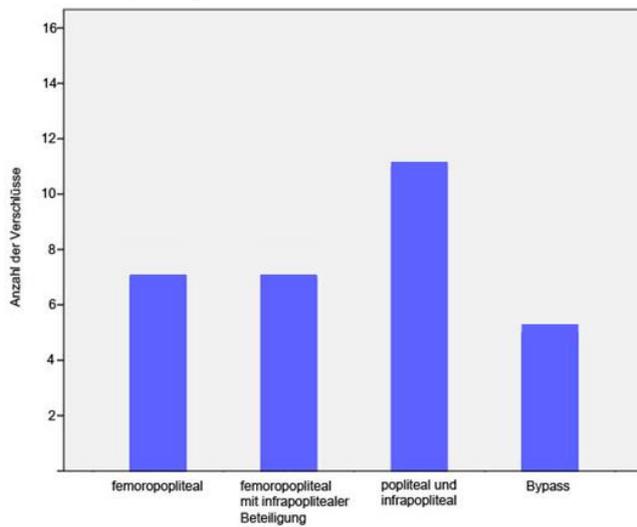
Im Folgenden wird für die drei interventionellen Verfahren die Anzahl der verschlussbetroffenen 4 Hauptregionen graphisch dargestellt.

## 5 Ergebnisse

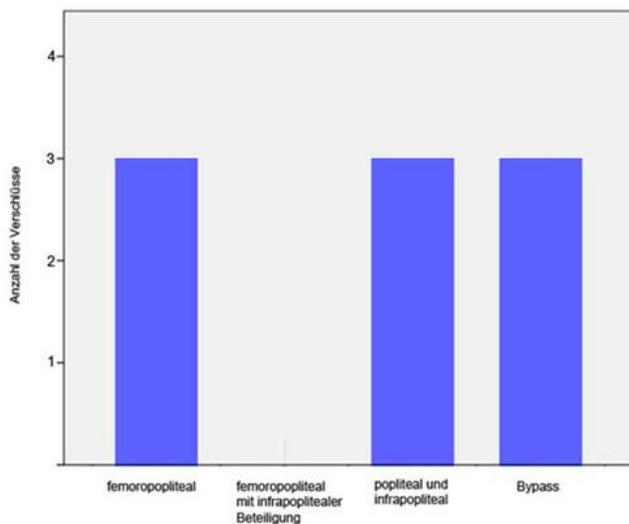
**Abb. 13: Lysetherapie: Anzahl der verschlussbetroffenen 4 Hauptregionen**



**Abb. 14: Rotationsthrombektomie: Anzahl der verschlussbetroffenen 4 Hauptregionen**



**Abb. 15: Aspirationsthrombektomie: Anzahl der verschlussbetroffenen 4 Hauptregionen**



## 5 Ergebnisse

---

Aus Tab. 7 und 8 sowie Abb. 13-15 zeigt sich, dass die Lysetherapie in gleicher Anzahl in femoropoplitealen, poplitealen mit Unterschenkelgefäßen und Bypass-Verschlüssen, nicht jedoch bei langstreckigen Verschlüssen mit infrapoplitealer Beteiligung eingesetzt worden ist. Die Rotationsthrombektomie wie auch die Aspirationsthrombektomie wurde häufig bei Verschlüssen in der A. poplitea und der Unterschenkelgefäße eingesetzt.

### 5.2.4 Verschlusslängen

Die mit der **Lysetherapie** behandelten Verschlüsse waren zwischen 3,5 cm und 57 cm lang. Die Mittelwerte betragen in der AFS 21 cm, APOP 5,5 cm, ATA 3,75 cm, ATP 5 cm und in den Bypässen 49 cm.

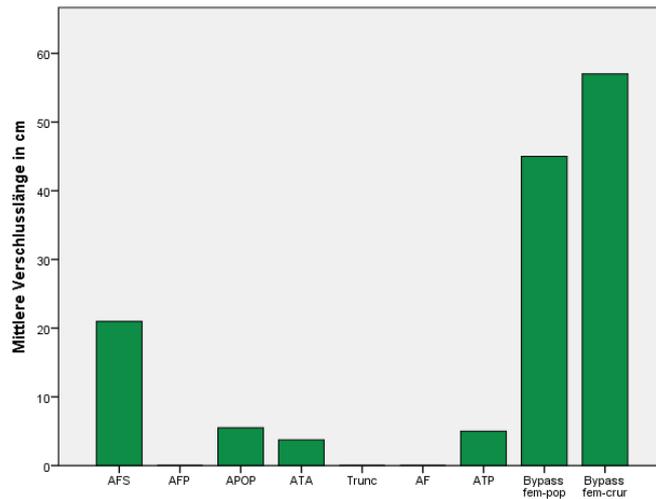
Die Verschlusslängen bei Einsatz der **Rotationsthrombektomie** lagen zwischen 2,1 cm und 59 cm. Die Mittelwerte betragen in der AFS 15,2 cm, AFP 14 cm, APOP 10,9 cm, ATA 18,6 cm, Trunc 4,3 cm, AF 14,3 cm, ATP 15,8 cm und in den Bypässen femoro-popliteal 28,5 cm und femoro-crural 59 cm.

Die **Aspirationsthrombektomie** wurde bei Verschlüssen eingesetzt, die zwischen 0,5 cm und 40 cm lang waren. Die Mittelwerte betragen in der AFS 8,7 cm, AFP 9 cm, APOP 7,7 cm, ATA 10,1 cm, Trunc 2,8 cm, AF 12,1 cm, ATP 10,9 cm und in den Bypässen femoro-popliteal 40 cm und femoro-crural 1 cm.

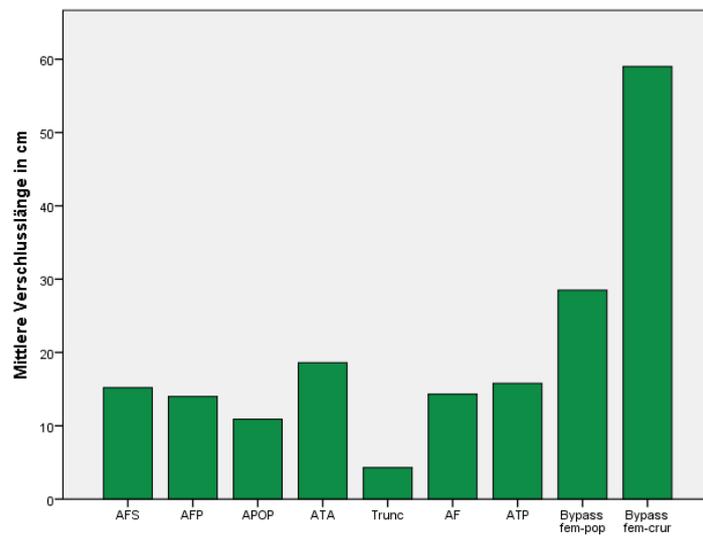
Im Abb.16-18 werden die mittleren Verschlusslängen der Einzelregionen für die drei interventionellen Verfahren graphisch dargestellt.

## 5 Ergebnisse

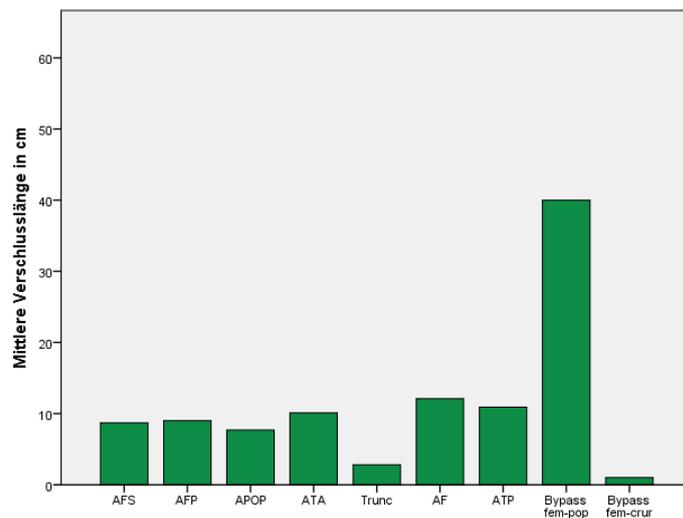
**Abb. 16: Mittlere Verschlusslängen der Einzelregionen bei Lyseinterventionen**



**Abb. 17: Mittlere Verschlusslängen der Einzelregionen bei Rotationsthrömbektomie**



**Abb. 18: Mittlere Verschlusslängen der Einzelregionen bei Aspirationsthrömbektomie**



## 5 Ergebnisse

---

Die längsten Verschlüsse fanden sich bei allen drei Verfahren in den Bypässen. Im Bereich der Nativgefäße fanden sich die längsten Verschlüsse bei Einsatz der Lysetherapie in der AFS und mit der Rotationsthrombektomie in der ATA. Bei Einsatz der Aspirationsthrombektomie waren die Nativgefäßverschlüsse annähernd gleichlang.

### 5.2.5 Pathogenese und Ätiologie

Tabelle 9 zeigt für die 3 interventionellen Verfahren die Häufigkeiten der Pathogenese der Verschlüsse.

**Tab. 9: Pathogenese der Verschlüsse in Prozent (und Fallzahlen)**

	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
Thrombotische Pathogenese	75% (6 Fälle)	50% (13 Fälle)	42,4% (28 Fälle)
Embolische Pathogenese	25% (2 Fälle)	50% (13 Fälle, davon 2x Vorhofflimmern)	57,6% (38 Fälle, davon 12x Vorhofflimmern)

Damit wurden thrombotische Verschlüsse überwiegend mit Lysetherapie behandelt. Bei den anderen beiden Verfahren waren die zwei Pathogenesen ungefähr gleich stark vertreten.

Als Ursache einer Embolie konnte Vorhofflimmern bei der Rotationsthrombektomie in 2 Fällen und bei der Aspirationsthrombektomie in 12 Fällen detektiert werden.

## 5 Ergebnisse

---

### 5.2.6 PTA – und Stenteinsatz

**Tab. 10: Häufigkeit des Einsatzes von Perkutaner transluminaler Angioplastie (PTA) und Stenting**

	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
PTA	5 mal	19 mal	53 mal
Stent	2 mal	0 mal	4 mal

### 5.2.7 Liegezeiten

In der Tabelle sind die Liegezeiten der Patienten aufgeführt – unterteilt nach endovaskulärem Verfahren.

**Tab. 14: Durchschnittliche, kürzeste und längste Liegezeit in Tagen**

	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
Durchschnittliche Liegezeit	8 Tage	17 Tage	12 Tage
Kürzeste Liegezeit	1 Tag	1 Tag	1 Tag
Längste Liegezeit	22 Tage	66 Tage	51 Tage

Bei der Gruppe der Rotationsthrombektomie konnte in einem Fall und bei der Aspirationsthrombektomie in 7 Fällen die Liegezeit nicht mehr nachvollzogen werden.

## 5 Ergebnisse

---

### 5.2.8 Technischer Erfolg

**Tab. 11: Häufigkeit der technisch erfolgreichen und erfolglosen Ergebnisse**

	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
Technisch erfolgreich	87,5% (7 Fälle)	88,5% (23 Fälle)	89,4% (59 Fälle)
Technisch erfolglos	12,5% (1 Fall)	11,5% (3 Fälle)	10,6% (7 Fälle)

Anhand dieser Tabelle zeigt sich, dass die drei Interventionsverfahren in nahezu 90% der Fälle technisch erfolgreich waren.

Zum Vergleich der technischen Erfolge der drei endovaskulären Verfahren kann der **Chi-Quadrat-Test** verwendet werden. Es handelt sich hierbei um einen Signifikanztest, der eingesetzt wird, um zwei nominal oder ordinal skalierte Variablen anhand der beobachteten Häufigkeiten ihrer Merkmalsausprägungen zu analysieren (53).

## 5 Ergebnisse

---

**Tab. 12: Chi-Quadrat-Test bezüglich der technischen Erfolge der drei untersuchten endovaskulären Methoden**

Chi-Quadrat-Tests			
	Wert	df	Asymptotische Signifikanz (zweiseitig)
Chi-Quadrat nach Pearson	,037 <sup>a</sup>	2	,982
Likelihood-Quotient	,036	2	,982
Zusammenhang linear-mit-linear	,036	1	,849
Anzahl der gültigen Fälle	100		

a. 2 Zellen (33,3%) haben eine erwartete Häufigkeit kleiner 5. Die minimale erwartete Häufigkeit ist ,88.

Der Chi-Quadrat-Test ergibt einen p-Wert  $< 0,05$ . Damit ist es nicht möglich, eine signifikante Aussage zum Vergleich der drei endovaskulären Methoden in Bezug auf den initialen unmittelbar technischen Erfolg zu machen.

## 5 Ergebnisse

---

### 5.2.9 Komplikationen

**Tab. 13: Komplikationsraten der drei endovaskulären Verfahren**

	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
Major-Komplikationen	/	/	3% (2 Fälle)
Minor-Komplikationen	37,5% (3 Fälle)	38,5% (10 Fälle)	22,7% (15 Fälle)

Bei der Lysetherapie kam es in zwei Fällen zu einer peripheren Embolisation. In einem Fall konnte diese in gleicher Sitzung erfolgreich durch erneute Lysetherapie behandelt werden. Im anderen Fall konnte trotz erneuter Lysetherapie aufgrund der hohen Thrombuslast kein zufriedenstellendes Ergebnis erzielt werden.

Bei der Rotationsthrombektomie kam es in vier Fällen zu einer peripheren Embolisation und in 6 Fällen zu einer Dissektion. In 9 dieser 10 Fälle konnten diese Komplikationen in gleicher Sitzung mittels Lyse, PTA und/oder Stenting erfolgreich therapiert werden. In einem Fall blieb die Dissektion aufgrund ihrer minimalen Ausprägung unbehandelt.

Bei der Aspirationsthrombektomie traten in 17 Fällen eine oder mehrere Komplikationen auf. 9 mal kam es zu einer peripheren Embolisation - in einem Fall mit Ausbildung eines Kompartmentsyndroms. 9 mal fand eine Gefäßdissektion statt, die in 8 Fällen mittels PTA erfolgreich behandelt werden konnte. In einem Fall wurde eine retroperitoneale Blutung ausgelöst.

### 5.3 Langfristige Ergebnisse der drei interventionellen Verfahren zusammengefasst

Bei 86 der 100 durch endovaskuläre Erstintervention behandelten Patienten konnten die postinterventionellen Verläufe ermittelt werden. In 14 Fällen fanden sich diesbezüglich keine Informationen.

Insgesamt betrug der mittlere postinterventionelle Beobachtungszeitraum bei allen drei Verfahren zusammengenommen 898 Tage bei einer Zeitspanne von einem halben Tag und 2948 Tagen.

52 Patienten benötigten nach endovaskulärer Erstintervention bis zum Beobachtungsendpunkt keine weiteren Maßnahmen. Der mittlere Beobachtungszeitraum in dieser Gruppe betrug 752 Tage bei einer Spanne von 1 bis 2226 Tagen. Der Median lag bei 772 Tagen mit einer Standardabweichung von 556 Tagen. Damit betrug die **primäre Offenheitsrate** der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst 60,5%.

Bei 27 Patienten musste erneut interventionell rekanalisiert werden und zwar nach durchschnittlich 461 Tagen, davon in 6 Fällen in den ersten 30 Tagen. 8 Patienten wurden ein drittes Mal interventionell behandelt nach im Mittel 582 Tagen nach Erstintervention, also nach weiteren 121 Tagen. Ein Patient wurde ein viertes Mal rekanalisiert und zwar 35 Tage nach Erstintervention. Damit betrug die **primär-assistierte Offenheitsrate** der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst 77,9%.

Chirurgisch mussten zwei Patienten einen Tag nach der Erstintervention mittels einer TEA versorgt werden. 7 Patienten bekamen nach durchschnittlich 214 Tagen einen Bypass. Damit betrug die **sekundäre Offenheitsrate** der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst 88,4%.

Bei 8 Patienten war eine Amputation notwendig und zwar im Mittel 322 Tage nach der Erstintervention. 4 Fälle davon waren Major-Amputationen, 4 Minor-Amputationen.

## 5 Ergebnisse

---

Von den insgesamt 86 verlaufsbeobachteten Patienten zeigte sich bei 75 Patienten am Ende des jeweiligen Beobachtungszeitpunkts ein erfolgreiches Therapieergebnis.

In der nachfolgenden Tabelle sind die primären, primär-assistierten und sekundären Offenheitsraten aller 3 Verfahren zusammen nach unterschiedlichen Zeitpunkten aufgeschlüsselt.

**Tab. 15: Primäre, primär-assistierte und sekundäre Offenheitsraten in Prozent aller 3 Verfahren zusammen nach 1 Monat, 6 Monaten, 1 Jahr und 2 Jahren**

	1 Monat	6 Monate	1 Jahr	2 Jahre
<b>Primäre Offenheitsrate</b>	89,7%	73,9%	72,6%	69,4%
<b>Primär-assistierte Offenheitsrate</b>	94,9%	90,4%	88,7%	87,8%
<b>Sekundäre Offenheitsrate</b>	100%	98,6%	98,4%	100%

Das bedeutet, dass nach 2 Jahren 100% der Patienten durch Behandlung mit endovaskulären sowie chirurgischen Verfahren ein zufriedenstellendes Ergebnis aufweisen konnten.

## 5 Ergebnisse

---

### 5.4 Langfristige Ergebnisse der drei interventionellen Verfahren einzeln

#### 5.4.1 Beobachtungszeit

Postinterventionelle Verläufe konnten in der Gruppe mit Lysetherapie in allen 8 Fällen, in der Gruppe mit Rotationsthrombektomie in 23 von 26 Fällen und in der Gruppe mit Aspirationsthrombektomie in 55 von 66 Fällen erhoben werden.

**Tab. 16: Mittlere, kürzeste und längste Beobachtungszeit in Tagen**

	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
Mittlere Beobachtungszeit	452 Tage	1011 Tage	915 Tage
Kürzester Beobachtungszeit	76 Tage	5 Tage	0,5 Tage
Längste Beobachtungszeit	966 Tage	1889 Tage	2948 Tage

#### 5.4.2 Offenheitsraten am Beobachtungsendpunkt

**Tab. 17: Primäre, primär-assistierte und sekundäre Offenheitsraten der drei endovaskulären Verfahren am Beobachtungsendpunkt**

	Lysetherapie	Rotationsthrombektomie	Aspirationsthrombektomie
Primäre Offenheitsrate	50%	52,2%	65,5%
Primär-assistierte Offenheitsrate	50%	78,3%	83,6%
Sekundäre Offenheitsrate	75%	91,3%	87,3%

## 5 Ergebnisse

---

### Primäre Offenheitsrate

4 von 8 Patienten mit **Lysetherapie** benötigten nach im Mittel 352 Tagen keine weitere Intervention. Damit lag die primäre Offenheitsrate bei der Lysetherapie bei 50%. Die Nachbeobachtungsspanne erstreckte sich hierbei von 76 bis 731 Tage.

12 von 23 Patienten mit **Rotationsthrombektomie** benötigten bis zum Beobachtungsendpunkt keine weiteren Maßnahmen. Damit betrug die primäre Offenheitsrate bei der Rotationsthrombektomie 52,2%. Bei einer Nachbeobachtungsspanne von 5 bis 1698 Tagen war der mittlere Beobachtungszeitraum dieser Gruppe 1017 Tage.

36 von 55 Patienten mit **Aspirationsthrombektomie** benötigten nach im Mittel 708 Tagen bei einer Beobachtungsspanne von einem bis 2226 Tagen keine weitere Prozedur. Damit betrug die primäre Offenheitsrate bei der Aspirationsthrombektomie 65,5%.

### Primär-assistierte Offenheitsrate

In der Gruppe mit **Lysetherapie** wurden 3 von 8 Patienten nach durchschnittlich 334 Tagen erneut perkutan rekanalisiert. Jedoch konnte bei diesen Patienten am Ende des Beobachtungszeitraums keine Offenheit des Gefäßes erreicht werden. Damit war die primär-assistierte Offenheitsrate nicht höher als die primäre Offenheitsrate (50%).

7 der 23 Patienten mit **Rotationsthrombektomie** mussten erneut perkutan rekanalisiert werden und zwar nach durchschnittlich 361 Tagen und frühestens nach 75 Tagen. Bei einem der 7 Patienten konnte durch diese Maßnahme kein Therapieerfolg erzielt werden. Damit konnte bei 6 Patienten durch die erneute perkutane Maßnahme ein Erhalt der Offenheit des betreffenden Gefäßes erreicht werden. 3 der 7 Patienten mussten allerdings ein drittes Mal interventionell behandelt werden durchschnittlich 319 Tagen nach Erstintervention. Somit lag die primär-assistierte Offenheitsrate bei 78,3%.

## 5 Ergebnisse

---

In der Gruppe mit **Aspirationsthrombektomie** lag die primär-unterstützte Offenheitsrate bei 83,6%. In 13 der 55 Fälle war nämlich eine zweite interventionelle Rekanalisation notwendig und zwar durchschnittlich 525 Tage nach der Erstintervention. In 4 Fällen war zusätzlich zur zweiten eine dritte interventionelle Rekanalisation notwendig und zwar durchschnittlich 916 Tage nach Erstintervention.

Dadurch konnte bei 10 dieser 17 Patienten eine Offenheit des betreffenden Gefäßes erreicht werden. Bei 5 Patienten führte diese Maßnahme zu keinem Therapieerfolg.

### **Sekundäre Offenheitsrate (= erfolgreicher Langzeiterfolg insgesamt)**

In der Gruppe mit **Lysetherapie** erreichten 2 weitere der 8 Patienten aufgrund chirurgischer Interventionen (TEA und Bypassanlage) ein zufriedenstellendes Therapieergebnis. Damit stieg die sekundäre Offenheitsrate auf 75%. Bei einem weiteren Patienten konnte trotz weiterer Interventionen das Gefäß nicht offen erhalten werden. Eine Oberschenkelamputation stand am Ende der Beobachtung.

In der Gruppe mit **Rotationsthrombektomie** musste einer der 23 Patienten bereits nach einem Tag mittels TEA behandelt werden. 4 Patienten erhielten nach durchschnittlich 286 Tagen einen Bypass – 3 davon erfolgreich. Bei einem davon erfolgte nach 739 Tagen eine Unterschenkel-Amputation. Die sekundäre Offenheitsrate betrug 91,3%.

In der Gruppe mit **Aspirationsthrombektomie** konnten zwei weitere der 55 Patienten nach erfolgloser Reintervention mit Hilfe von weiteren chirurgischen Interventionen wie Bypassanlage erfolgreich behandelt werden (im Mittel 176 Tage nach Primärintervention). Damit wurde eine sekundäre Offenheitsrate von 87,3% erreicht. Bei 5 Patienten war durchschnittlich 244 Tage nach Intervention eine Amputation notwendig. Zwei davon waren Major-Amputationen und 3 davon Minor-Amputationen.

## 5 Ergebnisse

---

### Tod

In der Gruppe mit **Lysetherapie** war bis zum Ende der Verlaufsbeobachtung kein Patient verstorben.

In der Gruppe mit **Rotationsthrombektomie** verstarben zwei Patienten durchschnittlich 1041 Tage nach Intervention. Bei einem weiteren Patienten blieb das Todesdatum unbekannt.

In der Gruppe mit **Aspirationsthrombektomie** verstarben 9 Patienten im Mittel 534 Tage nach Primärintervention.

### Langzeiterfolg insgesamt

In der Gruppe mit **Lysetherapie** zeigten 75% der verlaufsbeobachteten Patienten am Ende des jeweiligen Beobachtungszeitpunkts ein erfolgreiches Therapieergebnis.

In der Gruppe mit **Rotationsthrombektomie** wiesen 91,3% der verlaufsbeobachteten Patienten am Ende des jeweiligen Beobachtungszeitpunkts ein erfolgreiches Therapieergebnis auf.

In der Gruppe mit **Aspirationsthrombektomie** erreichten 87,3% der verlaufsbeobachteten Patienten am Ende des jeweiligen Beobachtungszeitpunkts ein erfolgreiches Therapieergebnis.

## 5 Ergebnisse

### 5.4.3 Offenheitsraten nach bestimmten Zeitpunkten

Um die Effektivität der drei interventionellen Verfahren unmittelbar vergleichen zu können, wurden die Offenheitsraten (primär, primär-assistiert, sekundär) zu ganz bestimmten Zeitpunkten (1, 6, 12 und 24 Monate) ermittelt.

In Tabelle 18 sind diese Offenheitsraten für alle Patienten entsprechend der verfügbaren Patientendaten zu diesem Zeitpunkt dargestellt.

**Tab. 18: Primäre, primär-assistierte und sekundäre Offenheitsraten der 3 Verfahren nach 1 Monat, 6 Monaten, 1 Jahr und 2 Jahren**

		Summe der Patienten	Primäre Offenheitsraten	Primär-assistierte Offenheitsraten	Sekundäre Offenheitsraten
1 Monat	Lysetherapie	8	75%	75%	100%
	Rotationsthrombektomie	22	90,9%	90,9%	100%
	Aspirationsthrombektomie	48	91,7%	100%	100%
6 Monat	Lysetherapie	7	57,1%	57,1%	85,7%
	Rotationsthrombektomie	22	68,2%	86,4%	100%
	Aspirationsthrombektomie	44	79,5%	97,7%	100%
1 Jahr	Lysetherapie	4	50%	50%	75%
	Rotationsthrombektomie	22	68,2%	86,4%	100%
	Aspirationsthrombektomie	36	77,8%	94,4%	100%
2 Jahre	Lysetherapie	3	50%	100%	100%
	Rotationsthrombektomie	17	58,8%	76,5%	100%
	Aspirationsthrombektomie	30	76,7%	93,3%	100%

Gemäß Tabelle 18 zeigen sich in der Gruppe mit **Lysetherapie** nach einem Monat 6 von 8 Verschlüssen offen ohne weitere Intervention (Primäre Offenheitsrate von 75%). Mit Hilfe von chirurgischen Interventionen konnten nach einem Monat zwei weitere Patienten ein erfolgreiches Therapieergebnis vorweisen. Damit wiesen nach einem Monat alle 8 Patienten ein

## 5 Ergebnisse

---

zufriedenstellendes Ergebnis auf (Sekundäre Offenheitsrate von 100 %). Nach 6 Monaten konnte die primäre Offenheitsrate mit Hilfe von chirurgischen Interventionen auf eine Sekundäre Offenheitsrate von 85,7% gehoben werden.

In der Gruppe mit **Rotationsthrombektomie** wiesen nach einem Jahr noch 15 Patienten ohne weitere Interventionen ein offenes Gefäß auf. (Primäre Offenheitsrate: 68,2%). Weitere 4 Patienten benötigten weitere Interventionen zum Erhalt des offenen Gefäßes (86,4% = Primär assistierte Offenheitsrate). Mit Hilfe chirurgischer Versorgung hatten 3 weitere Patienten nach einem Jahr noch ein offenes Gefäß. (Sekundäre Offenheitsrate von 100%). Wie aus der Tabelle 16 ersichtlich fand sich nach einem Jahr noch die gleiche hohe sekundäre Offenheitsrate wie nach 1 Monat (100%). Nach zwei Jahren konnte die auf 58,8% gesunkene primäre Offenheitsrate mit Hilfe weiterer interventioneller und chirurgischer Verfahren auf eine sekundäre Offenheitsrate von 100% gehoben werden.

In der Gruppe mit **Aspirationsthrombektomie** konnte nach zwei Jahren noch 76,7% der Patienten ohne eine weitere Intervention ein offenes Gefäß vorweisen (Primäre Offenheitsrate von 76,7%). Mit Hilfe weiterer interventioneller und chirurgischer Maßnahmen wurde eine sekundäre Offenheitsrate von 100% erreicht.

## 5 Ergebnisse

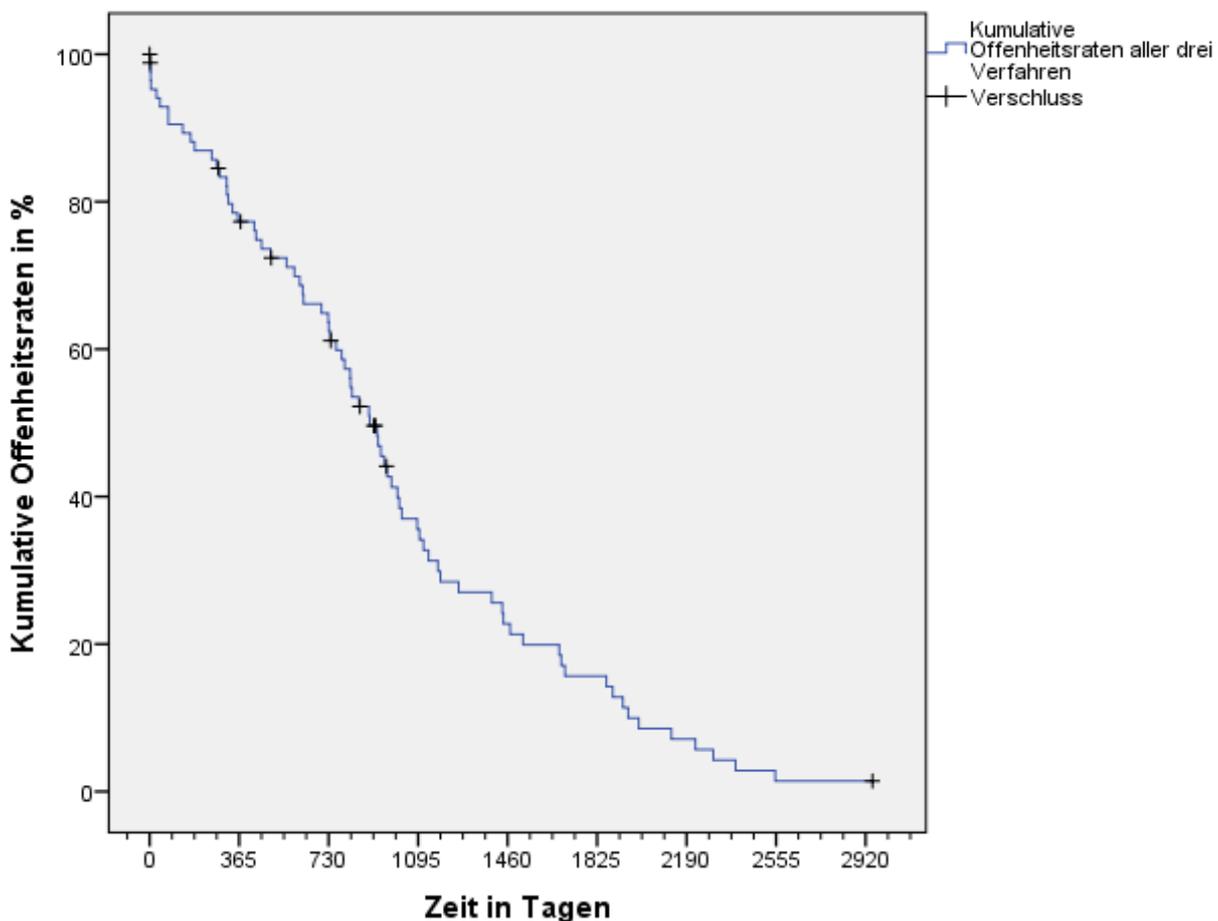
### 5.4.4 Offenheitsraten im zeitlichen Verlauf

Im Folgenden werden die beobachteten individuellen postinterventionellen Verläufe aller Fälle bis zum jeweiligen Beobachtungsendpunkt graphisch dargestellt. Die Visualisierung erfolgte mit Hilfe von Kaplan-Meier-Kurven. Die x-Achse stellt jeweils die Beobachtungszeit in Tagen, die y-Achse den prozentualen Anteil an offenen Gefäßen dar.

Im Sinne der Kaplan-Meier-Auswertung wurde das Erreichen der Offenheit eines Gefäßes zu einem bestimmten Beobachtungsendpunkt als (1) Ereignis angesehen, der Verschluss eines Gefäßes zu einem bestimmten Beobachtungspunkt wurde als (0) gewertet und erhielt dementsprechend eine zensierte Markierung („+“).

#### 5.4.4.1 Offenheitsraten kumulativ

**Abb. 19: Zeitlicher Verlauf der Offenheitsraten der Gefäße der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst**

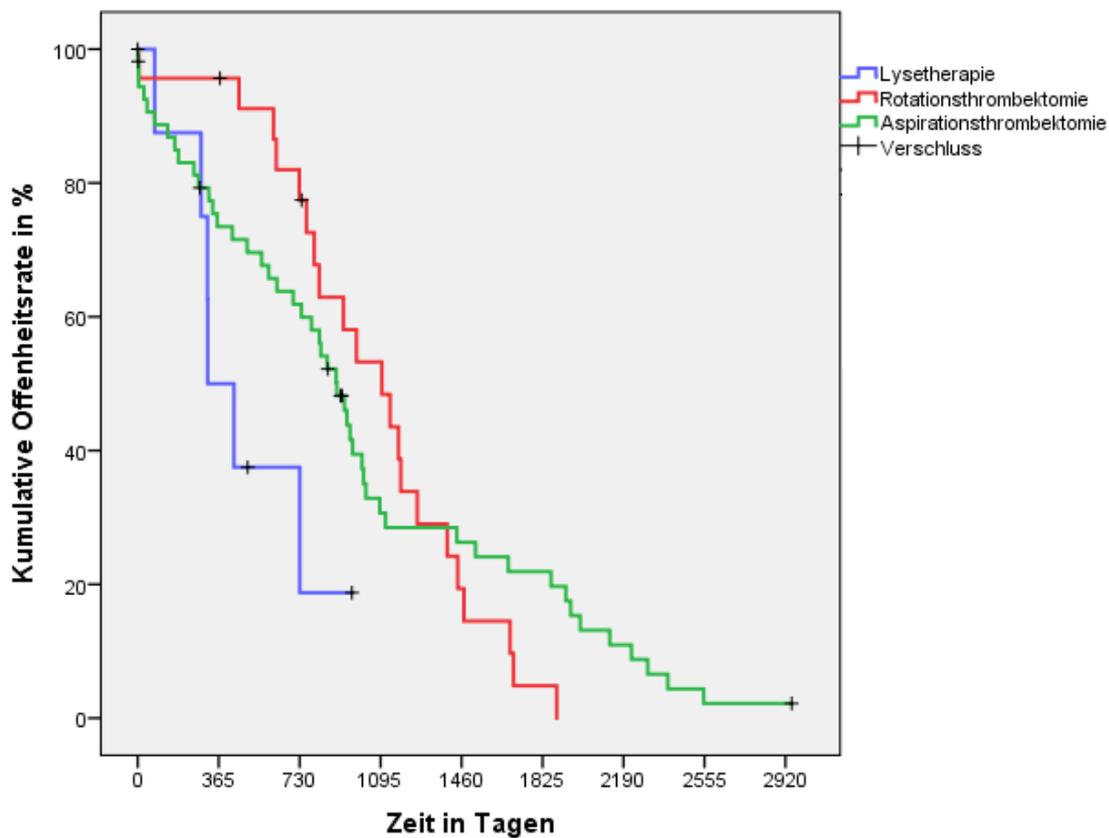


## 5 Ergebnisse

Aus Abb. 19 ergibt sich, dass die kumulative Offenheitsrate nach einem Jahr noch bei ca. 75% lag. Nach 2 Jahren wiesen noch 60% der untersuchten Patienten ein offenes Gefäß auf.

In Abb. 20 sind die zeitlichen Verläufe der Offenheitsraten der drei untersuchten Methoden einzeln dargestellt.

**Abb. 20: Zeitlicher Verlauf der kumulativen Offenheitsraten der Gefäße, aufgeschlüsselt nach Lysetherapie, Rotationstherombektomie und Aspirationstherombektomie**



Daraus ergibt sich, dass nach einem Beobachtungszeitraum von z.B. einem Jahr die Rotationstherombektomie eine Offenheitsrate von ca. 90%, die Lysetherapie von ca. 50% und die Aspirationstherombektomie von ca. 70% erreichte.

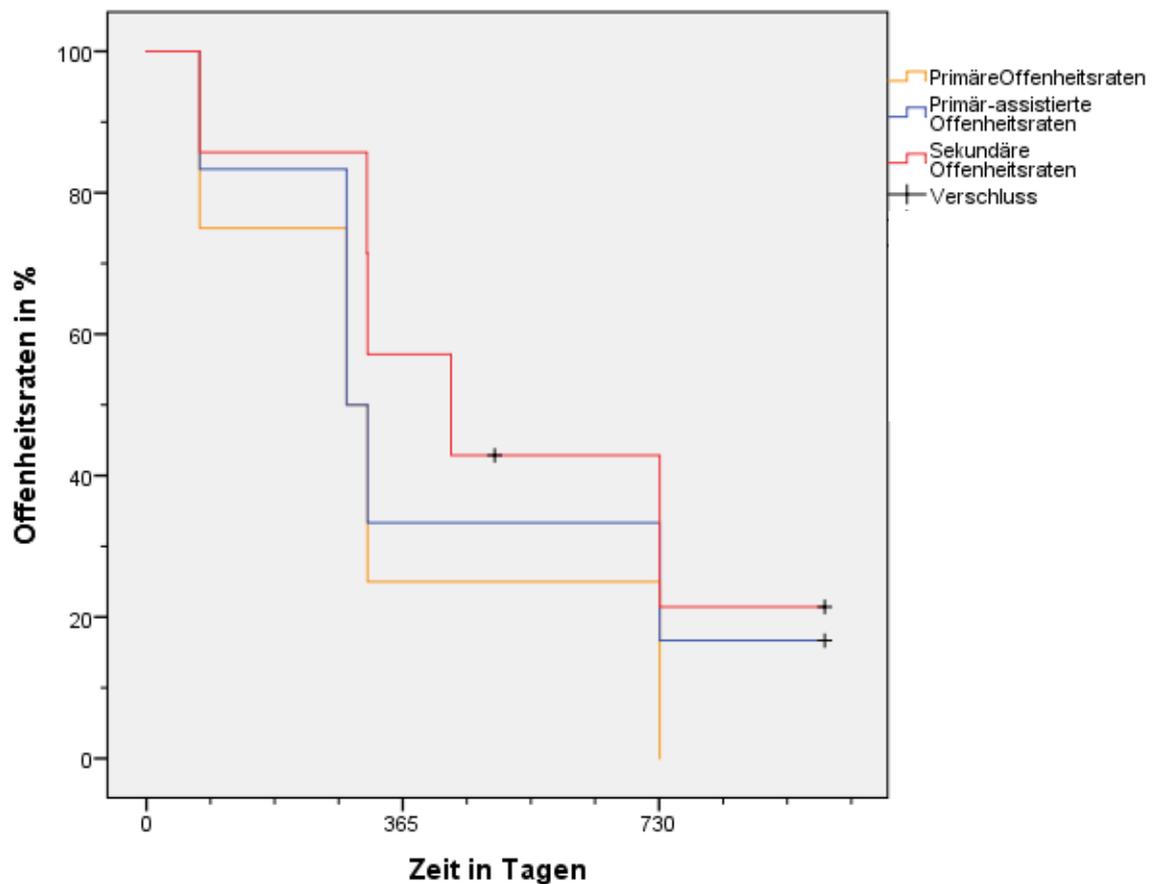
## 5 Ergebnisse

### 5.4.4.2 Offenheitsraten aufgeschlüsselt (in primär, primär-assistiert und sekundär)

Im Folgenden werden die Offenheitsraten der Verschlüsse sowohl aufgeschlüsselt nach Verlauf (primär, primär-assistiert und sekundär) als auch nach den drei Verfahren dargestellt: Abb. 21-23.

In Abb. 21 werden die Offenheitsraten der Gefäße dargestellt, die primär mit einer Lysetherapie behandelt wurden.

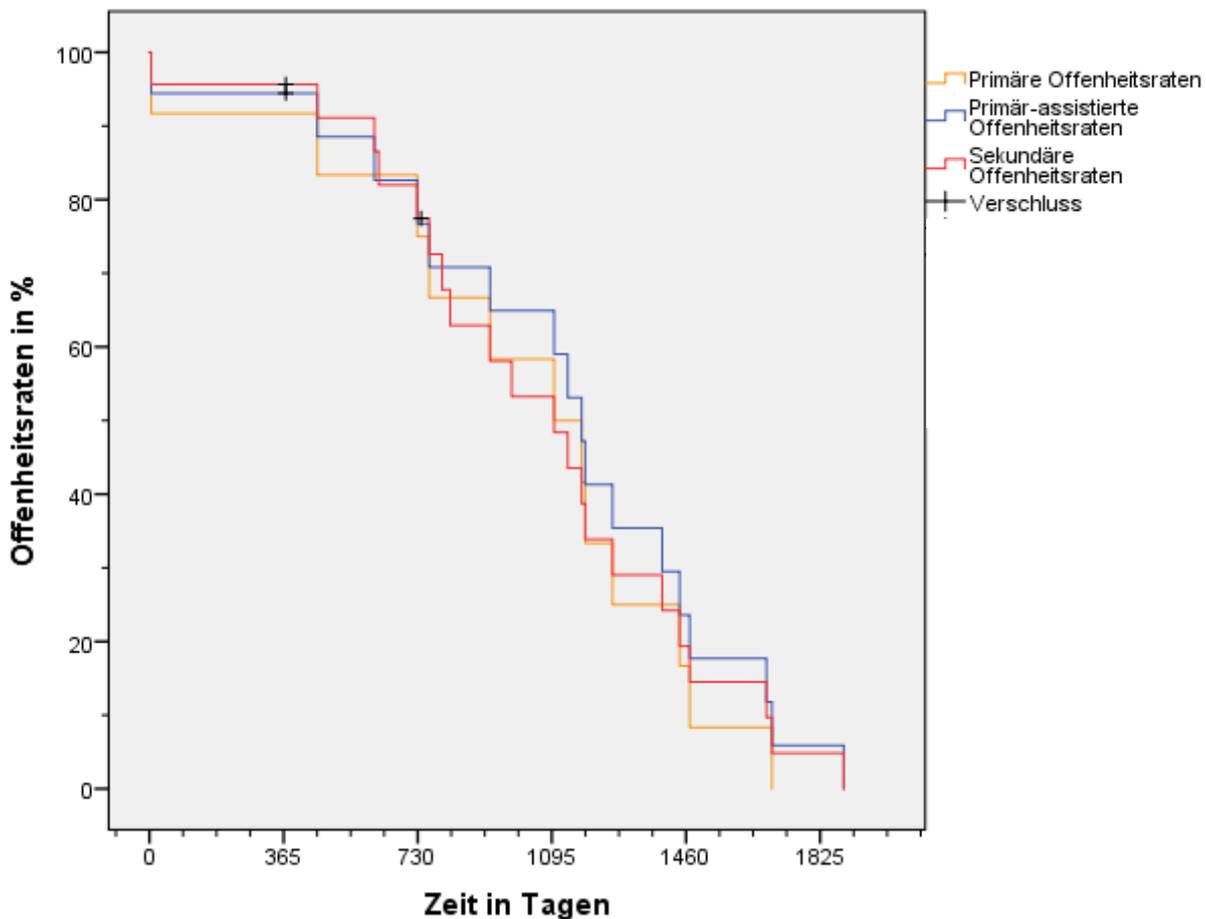
**Abb. 21: Zeitlicher Verlauf der primären, primär-assistierten und sekundären Offenheitsraten der Gefäße nach Lysetherapie**



## 5 Ergebnisse

Wie aus Abb. 21 ersichtlich betragen die primären Offenheitsraten nach einem Jahr ca. 75%. Die sekundären Offenheitsraten der Lysepatienten lagen nach einem halben Jahr bei 85%, nach einem Jahr bei ca. 57%.

**Abb. 22: Zeitlicher Verlauf der primären, primär-assistierten und sekundären Offenheitsraten der Gefäße nach Rotationsthrombektomie**



Wie aus Abb. 22 ersichtlich betragen die primären Offenheitsraten der Patienten, die mit Hilfe einer Rotationsthrombektomie behandelt wurden, nach einem Jahr ca. 90%, nach 2 Jahren noch ca. 80%, nach 3 Jahren noch ca. 50%.

Die primär-assistierten Offenheitsraten lagen nach einem Jahr bei ca. 90%, nach 3 Jahren noch bei ca. 60%.

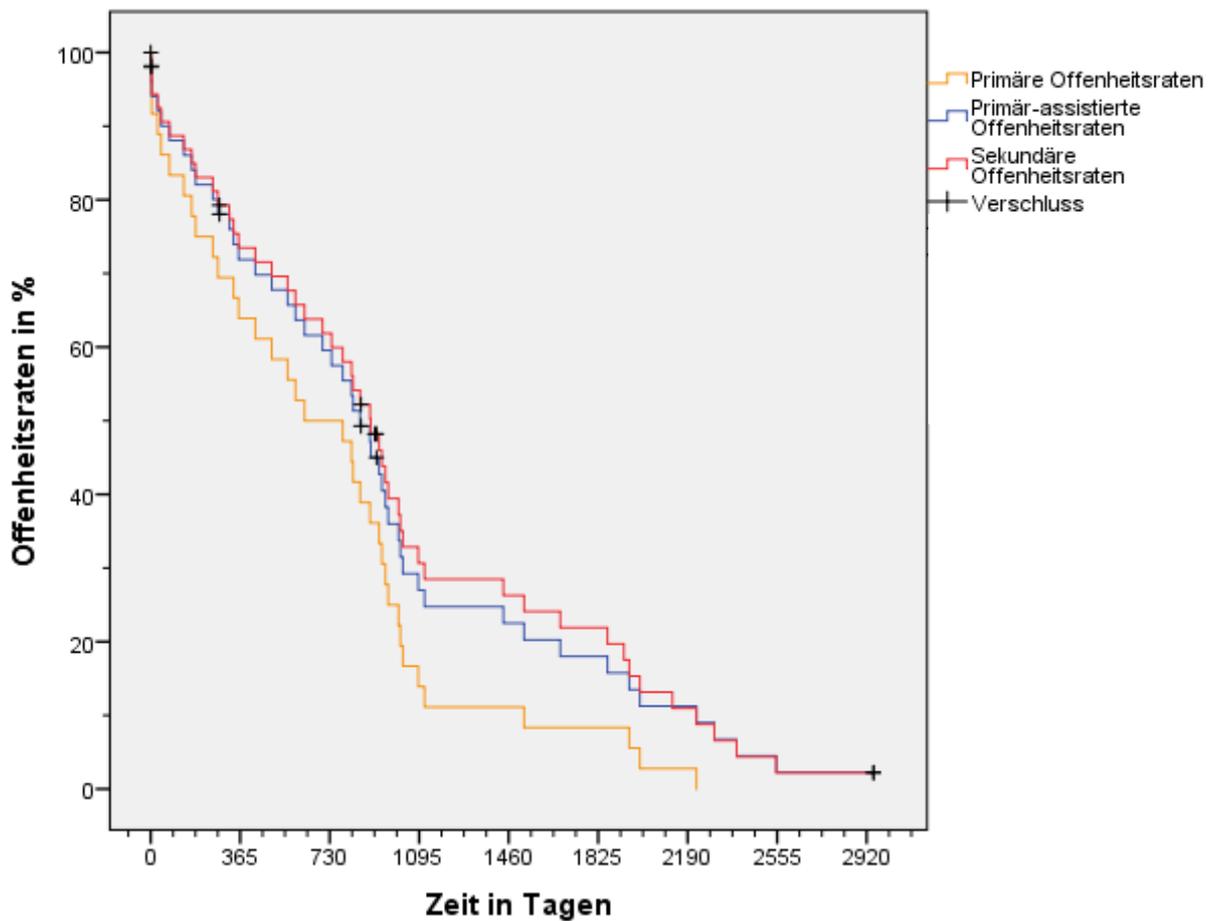
Die sekundären Offenheitsraten betragen nach einem Jahr ca. 90%, nach 3 Jahren ca. 50%.

## 5 Ergebnisse

---

In Abb. 23 wurden die Offenheitsraten der Gefäße, die mit der Aspirationsthorombektomie behandelt wurden, dargestellt.

**Abb. 23: Zeitlicher Verlauf der primären, primär-assistierten und sekundären Offenheitsraten der Gefäße nach Aspirationsthorombektomie**



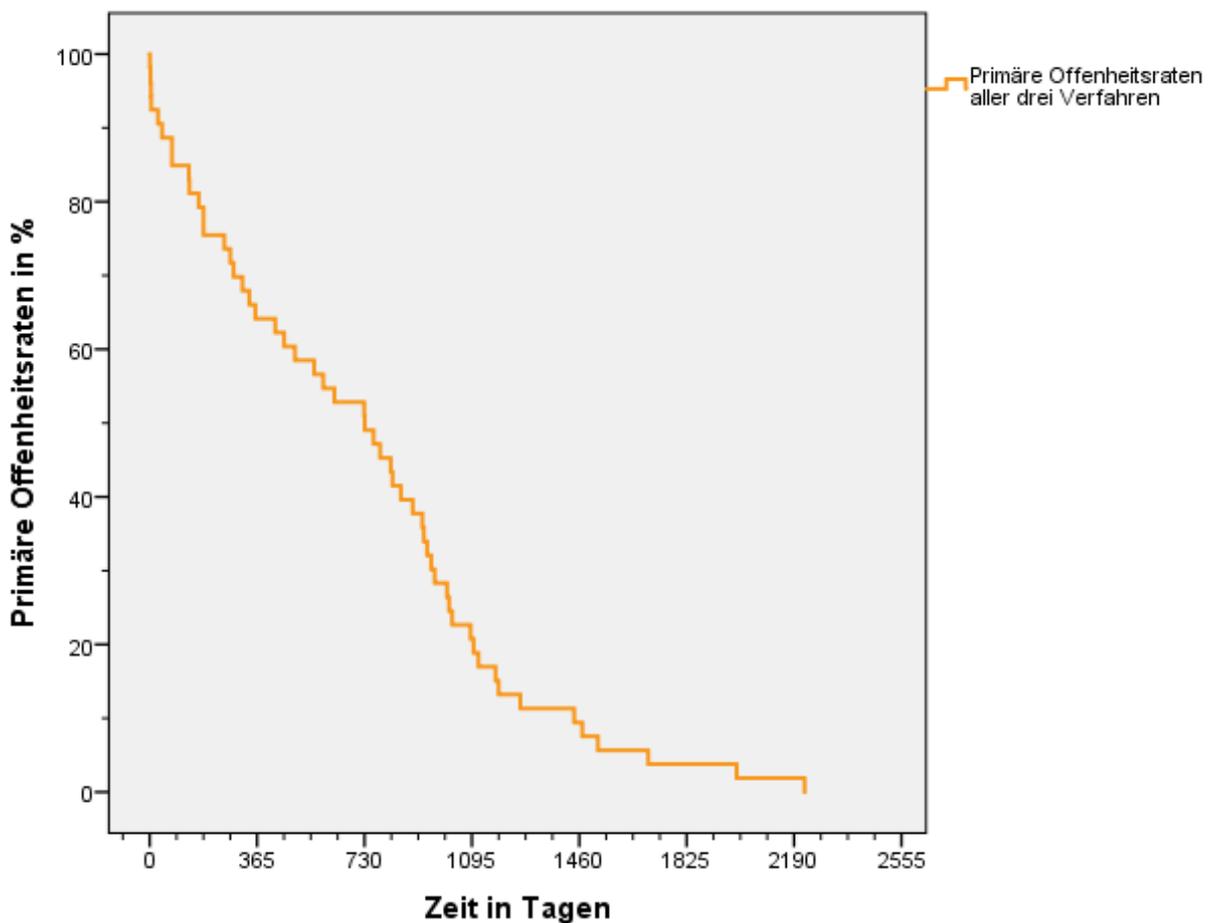
Die primäre Offenheitsrate fiel hier nach einem Jahr auf ca. 65%. Die primär-assistierte Offenheitsrate lag dagegen nach einem Jahr bei ca. 70% und die sekundäre Offenheitsrate lag bei ca. 75%.

## 5 Ergebnisse

### 5.4.4.3 Primäre Offenheitsraten

In Abb. 24 wird der zeitliche Verlauf der primären Offenheitsraten aller drei untersuchten radiologisch-interventionellen Methoden zunächst als Überblick zusammengefasst graphisch dargestellt. Dabei wird der prozentuale Anteil der Verschlüsse angegeben, der nach erster interventioneller Rekanalisation bis zum jeweiligen Beobachtungszeitpunkt offen bleibt.

**Abb. 24: Zeitlicher Verlauf der primären Offenheitsraten der Gefäße der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst**

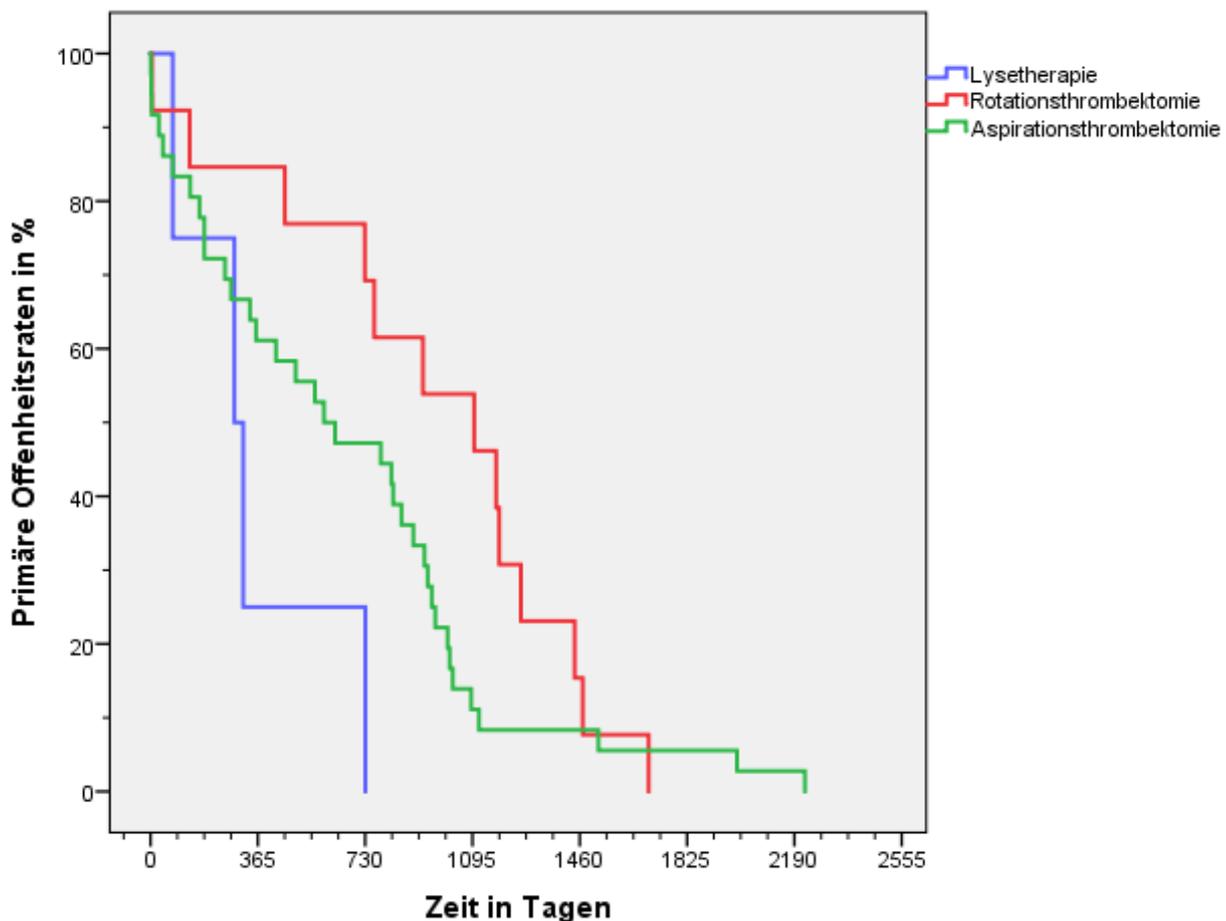


Aus Abb. 24 ergibt sich, dass nach 6 Monaten die primären Offenheitsraten bei ca. 75%, nach einem Jahr noch bei ca. 60%, nach 2 Jahren bei ca. 50% lagen. Nach 3 Jahren fielen die primären Offenheitsraten auf unter 20% ab.

## 5 Ergebnisse

In der folgenden Abb. 25 sind die primären Offenheitsraten der Gefäße, aber aufgeschlüsselt nach den drei verschiedenen Behandlungsmethoden, wiedergegeben.

**Abb. 25: Zeitlicher Verlauf der primären Offenheitsraten der Gefäße aufgeschlüsselt nach Lysetherapie, Rotationsthrombektomie und Aspirationsthrombektomie**



Aus Abb. 25 ist zu entnehmen, dass die Lysetherapie nach 3 Monaten eine ca. 75%ige primäre Offenheitsrate erreichte, die jedoch nach einem Jahr auf ca. 25% abfiel. Bei der Aspirationsthrombektomie lag die primäre Offenheitsrate nach drei Monaten bei ca. 80%, nach einem Jahr noch bei ca. 60%, nach 2 Jahren noch bei ca. 40%, nach 3 Jahren jedoch dann unter 10%. Im Vergleich dazu wurden bei der Rotationsthrombektomie nach 1 Jahr eine primäre Offenheitsrate von ca.

## 5 Ergebnisse

---

85%, nach 2 Jahren noch ca. 75%, nach 3 Jahren noch ca. 50%, nach 4 Jahren unter 10% erreicht.

Vergleicht man die drei interventionellen Verfahren über einen Zeitraum von 4 Jahren, so wurden mit der Rotationsthrömbektomie gegenüber der Aspirationsmethode höhere primäre Offenheitsraten erzielt. Bei der Lysetherapie fielen die Offenheitsraten nach zwei Jahren auf ca. 25%.

Mit dem Log- Rank- Test wird überprüft, ob sich zwei oder mehrere „Überlebenskurven“ statistisch signifikant voneinander unterscheiden, ob also der p- Wert  $< 0,05$  ist.

**Tab. 19: Log- Rank- Test bezüglich der primären Offenheitsraten der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst**

Gesamtvergleiche			
	Chi-Quadrat	Freiheitsgrade	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	5,985	2	,050

Für die primären Offenheitsraten ergibt der Log- Rank- Test einen p- Wert von 0,05. Er erfüllt somit nicht das Kriterium  $p < 0,05$ .

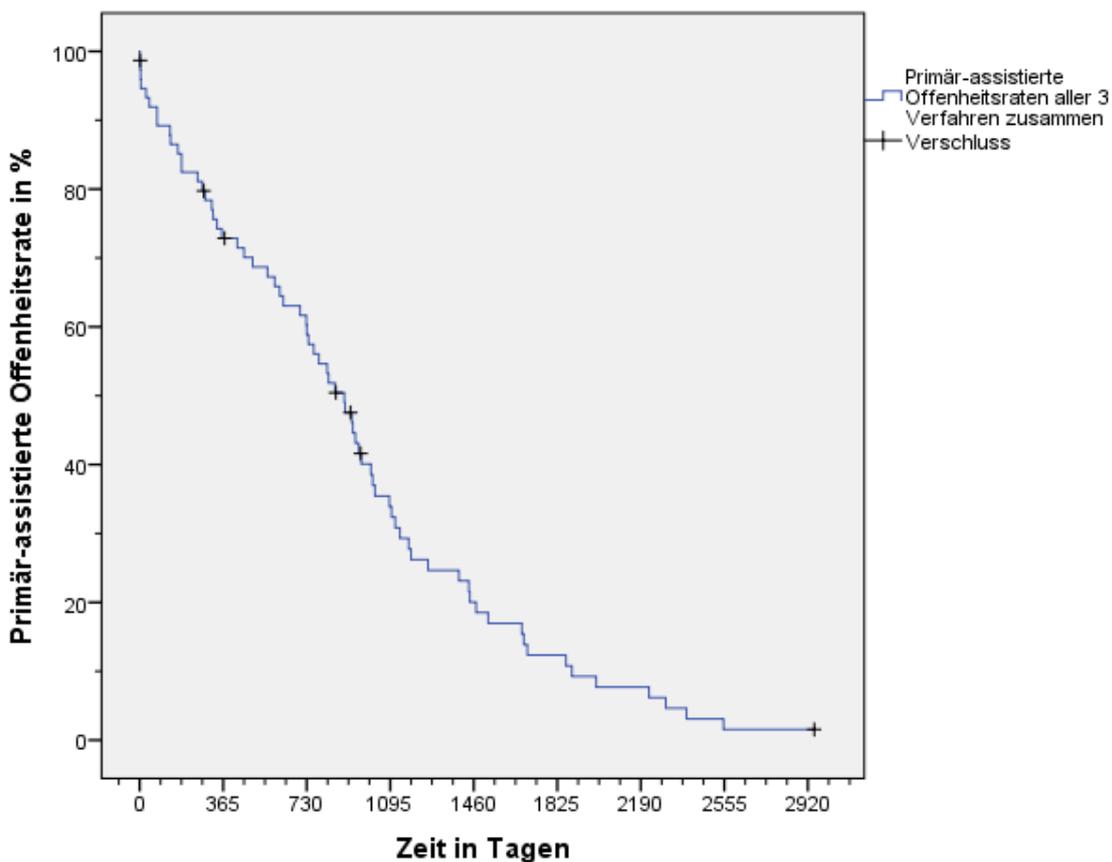
Somit ist statistisch gesehen kein signifikanter Unterschied in den primären Offenheitsraten der drei untersuchten Methoden festzustellen.

## 5 Ergebnisse

### 5.4.4.4 Primär-assistierte Offenheitsraten

Um einen Überblick der Erfolge der interventionellen Verfahren ohne weitere gefäßchirurgische Verfahren zu bekommen wird in Abb. 26 der zeitliche Verlauf der primär-assistierten Offenheitsraten der Gefäße der drei interventionellen Methoden in zusammengefasster Form dargestellt.

**Abb. 26: Zeitlicher Verlauf der primär-assistierten Offenheitsraten der Gefäße der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst**

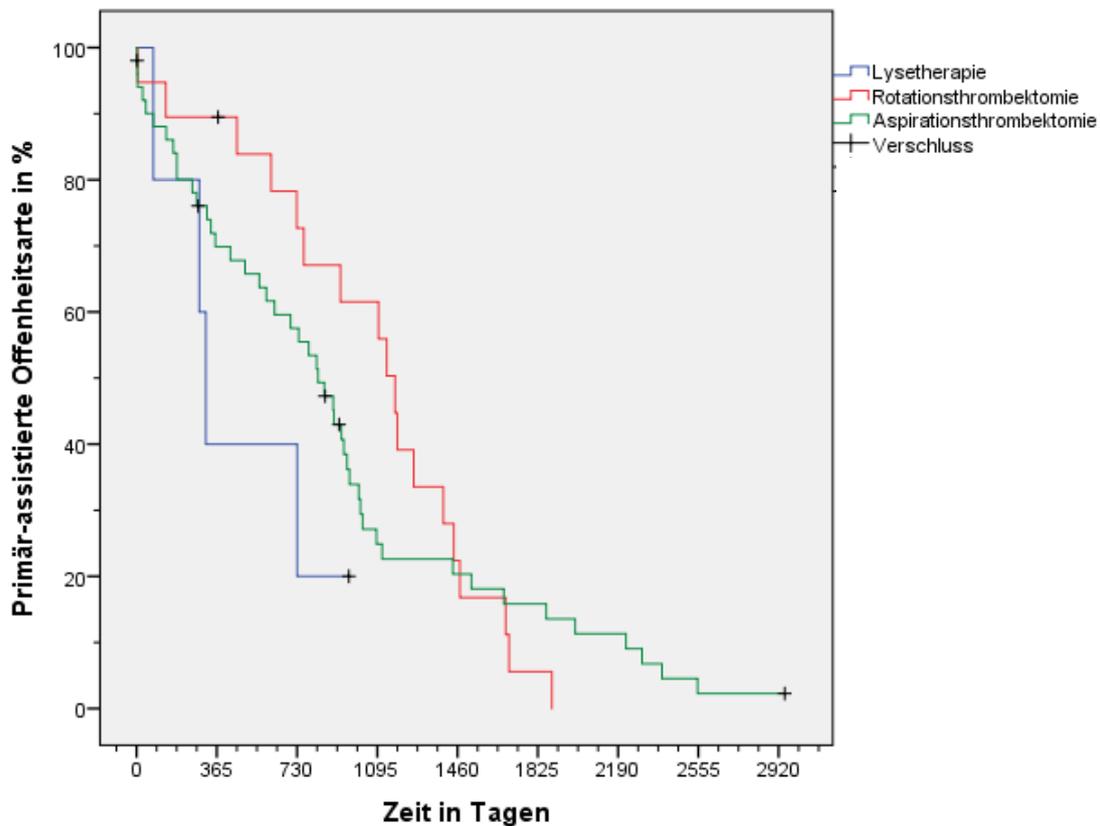


Aus Abb. 26 folgt, dass sich Verschlüsse, die nach der Primärintervention erneut einem endovaskulären Verfahren zur Gefäßwiedereröffnung zugeführt wurden, nach einem Jahr zu ca. 95% offen, nach zwei Jahren zu ca. 60%, nach 3 Jahren zu über 35% und nach 4 Jahren immer noch zu 25% offen zeigten. Der maximale Beobachtungszeitraum endete bei ca. 8 Jahren.

## 5 Ergebnisse

In Abb. 27 werden nun die primär-assistierten Offenheitsraten der Gefäße aber aufgeschlüsselt nach drei endovaskulären Verfahren graphisch dargestellt.

**Abb. 27: Zeitlicher Verlauf der primär-assistierten Offenheitsraten der Gefäße aufgeschlüsselt nach Lysetherapie, Rotationsthrombektomie und Aspirationsthrombektomie**



Aus Abb. 27 ergibt sich, dass nach einem Jahr die primär-assistierten Offenheitsraten bei der Lysetherapie bei ca. 50%, bei der Rotationsthrombektomie bei ca. 90% und bei der Aspirationsthrombektomie bei ca. 80% lagen. Nach zwei Jahren betragen die primär-assistierten Offenheitsraten der Lysetherapie noch ca. 30%, die der Rotationsthrombektomie noch ca. 80% und Aspirationsthrombektomie ca. 60%.

## 5 Ergebnisse

---

**Tab. 20: Log- Rank- Test bezüglich der primär-assistierten Offenheitsraten der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst**

Gesamtvergleiche			
	Chi-Quadrat	Freiheitsgrade	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	1,713	2	,425

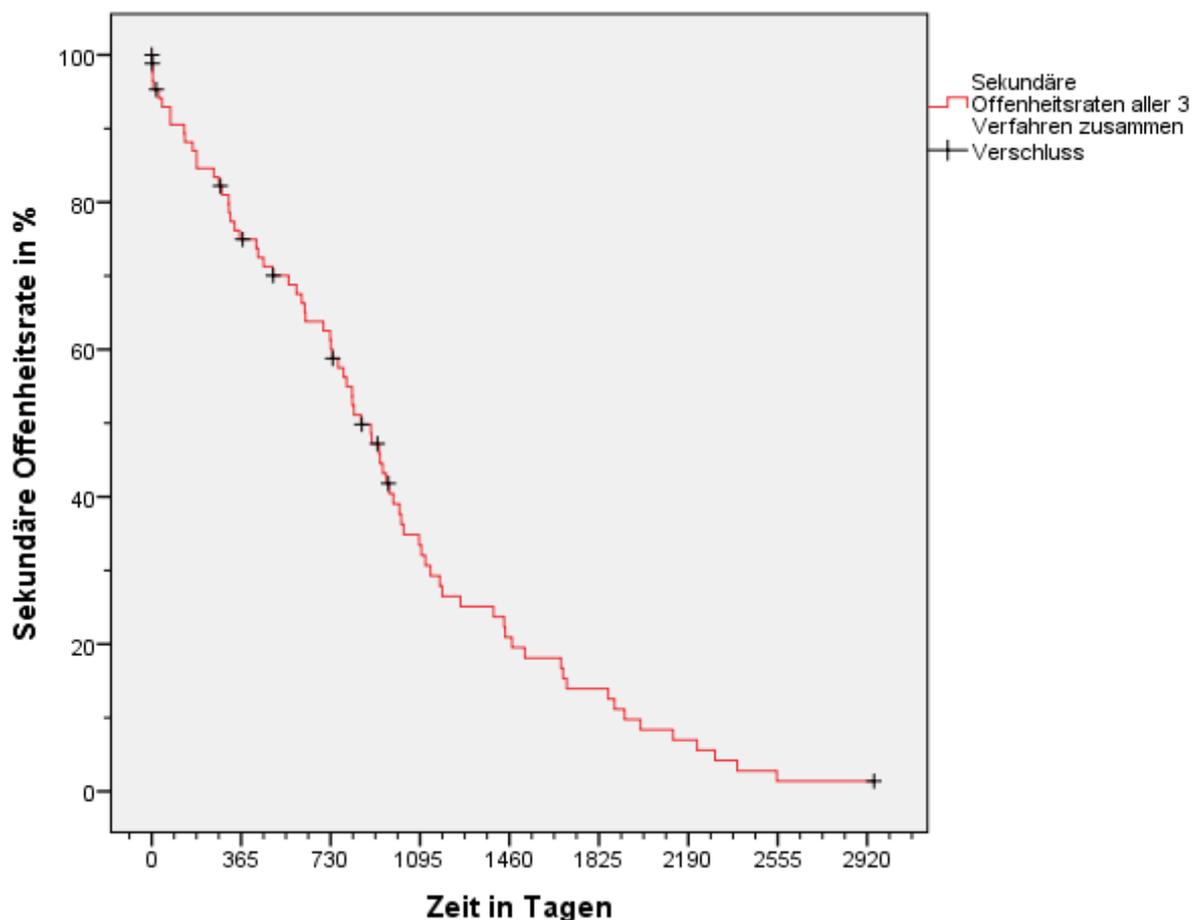
Der Log- Rank- Test in Bezug auf die primär-assistierten Offenheitsraten der drei endovaskulären Verfahren zeigt einen p- Wert von 0,425. Er erfüllt somit nicht das Kriterium  $p < 0,05$ . Damit kann dieser Test keinen statistisch signifikanten Unterschied der Offenheitsraten nachweisen.

## 5 Ergebnisse

### 5.4.4.5 Sekundäre Offenheitsraten

Um einen Überblick über den zeitlichen Verlauf der Gesamterfolge aus interventionellen und gefäßchirurgischen Verfahren ohne Aufschlüsselung nach Verfahren zu bekommen, ist in Abb. 28 der zeitliche Verlauf der sekundären Offenheitsraten der drei untersuchten endovaskulären Verfahren zusammengefasst dargestellt.

**Abb. 28: Zeitlicher Verlauf der sekundären Offenheitsraten der Gefäße der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst**

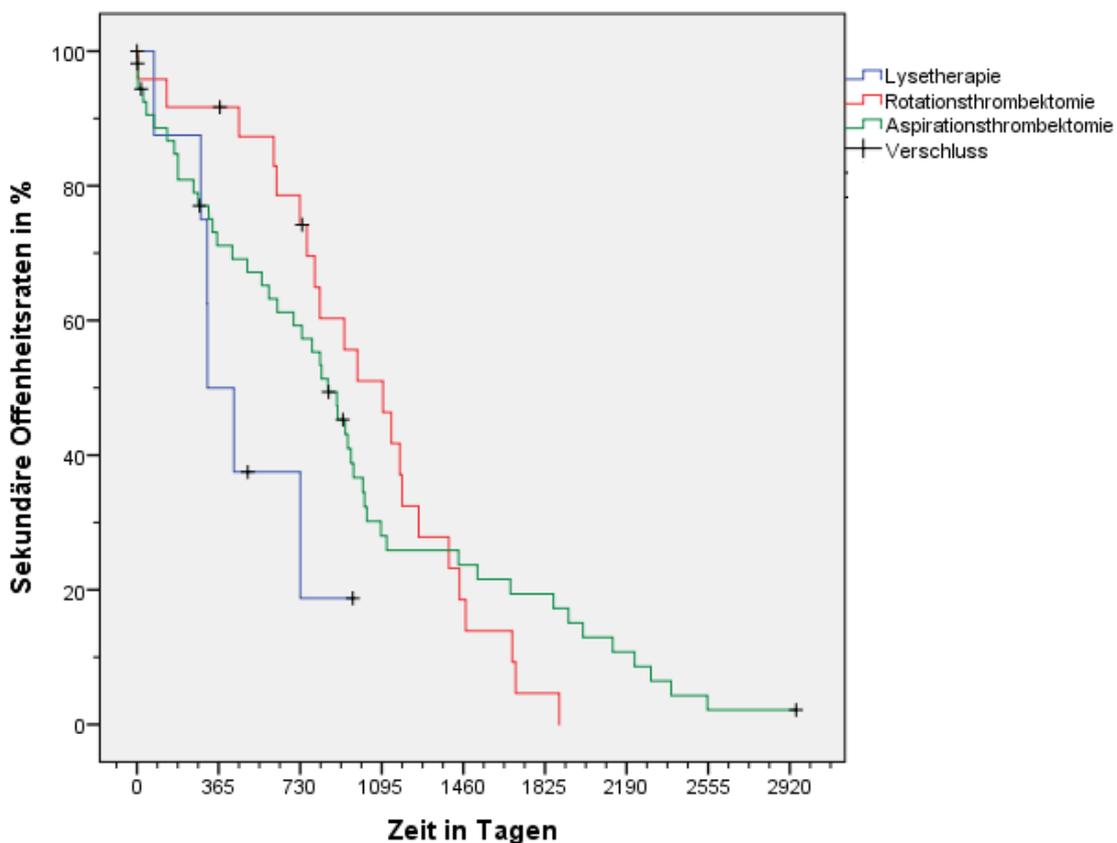


Aus Abb. 28 ist zu entnehmen, dass die sekundären Offenheitsraten aller drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst nach einem halben Jahr bei ca. 85% lagen, nach einem Jahr bei ca. 75% und nach 2 Jahren bei ca. 60%.

## 5 Ergebnisse

In Abb. 29 ist der zeitliche Verlauf des Gesamterfolges an Hand der sekundären Offenheitsraten aufgeschlüsselt nach den untersuchten endovaskulären Verfahren dargestellt.

**Abb. 29: Zeitlicher Verlauf der sekundären Offenheitsraten der Gefäße aufgeschlüsselt nach Lysetherapie, Rotationsthrombektomie und Aspirationsthrombektomie**



Aus Abb. 29 ergibt sich, dass die sekundären Offenheitsraten der drei endovaskulären Verfahren nach einem halben Jahr zu ca. 90% offen waren. Nach einem Jahr lagen die sekundären Offenheitsraten der Rotationsthrombektomie bei ca. 90%, der Aspirationsthrombektomie bei ca. 75% und bei der Lysetherapie bei ca. 50%. Nach 5 Jahren ließ sich in der Gruppe mit der Aspirationsthrombektomie noch eine sekundäre Offenheitsrate von 20% nachweisen.

## 5 Ergebnisse

---

**Tab. 21: Log- Rank- Test bezüglich der sekundären Offenheitsraten der drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst**

Gesamtvergleiche			
	Chi-Quadrat	Freiheitsgrade	Sig.
Log Rank (Mantel-Cox)	8,522	2	,014

Für die sekundären Offenheitsraten der Gefäße für die drei endovaskulären Verfahren zusammengefasst zeigt der Log- Rank- Test einen p- Wert von 0,014. Dies belegt einen statistisch signifikanten Unterschied in den sekundären Offenheitsraten der drei untersuchten Methoden.

# 6 Diskussion

## 6.1 Erfolg der drei interventionellen Verfahren: Lysetherapie, Aspirationstherombektomie und Rotationstherombektomie

Wie schon beschrieben umfasst das Patientenkollektiv dieser Arbeit 100 Patienten, davon 45 Frauen und 55 Männer. Die Altersverteilung lag zwischen 42 (Minimum) und 92 Jahren (Maximum). Das mittlere Lebensalter betrug 68 Jahre.

Bei allen Patienten wurde primär eine interventionelle Therapie durchgeführt.

## 6.2 Kurzfristige Erfolge

Der kurzfristige (technische) Erfolg war für die 3 Verfahren ungefähr gleich gut:

Lysetherapie= 87,5% (7 von 8 Fällen),

Rotationstherombektomie=88,5% (23 von 26 Fällen),

Aspirationstherombektomie= 89,4% (59 von 66 Fällen).

## 6.3 Langfristige Erfolge bezogen auf den Beobachtungsendpunkt

Von den 100 primär interventionell behandelten Patienten konnten bei 86 der 100 die postinterventionellen Verläufe zu den jeweiligen Beobachtungsendpunkten (gemittelt 898 Tage, Spanne 0,5-2948 Tage) erfasst werden, bei 14 der 100 konnte ausschließlich der klinische Ersterfolg erfasst und beurteilt werden.

### **Primäre Offenheitsraten:**

Keine weitere Intervention (sog. „interventioneller Dauererfolg“) benötigten mit

Lysetherapie 50% (4 von 8)

Rotationstherombektomie 52% (12 von 23)

Aspirationstherombektomie 65,5% (36 von 55)

## 6 Diskussion

---

### **Primär-assistierte Offenheitsraten:**

Die primär-assistierte Offenheitsrate durch Einschluss einer (oder mehreren) interventionellen Reinterventionen betrug bei:

Lysetherapie: weiterhin 50% (4 von 8),

da zwar an weiteren 3 von 8 Patienten eine perkutane interventionelle Rekanalisation durchgeführt wurde, diese aber frustriert verlief.

Rotationsthrömbektomie: 78,3% (18 von 23).

Aspirationsthrömbektomie: 83,6% (46 von 55).

### **Sekundäre Offenheitsraten:**

Der Gesamterfolg durch Einschluss aller interventioneller und gefäßchirurgischer Verfahren betrug bei

Lysetherapie: 75% (6 von 8),

Rotationsthrömbektomie: 91,3% (21 von 23),

Aspirationsthrömbektomie: 87,3% (48 von 55).

Damit waren im vorliegenden Patientenkollektiv der 86 postinterventionell beobachteten Patienten die drei Verfahren überzeugend erfolgreich, wobei mit der Rotationsthrömbektomie die Gesamterfolgsrate am höchsten lag.

Ein direkter Vergleich der Effektivität der drei Verfahren bis zum Beobachtungsendpunkt ist jedoch nicht aussagekräftig, da hier die Erfolgsraten nur für die individuellen und damit zufälligen Beobachtungsendpunkte und nicht für gleiche Zeitpunkte ermittelt wurden.

Es wurden daher im Folgenden die Erfolgsraten zu bestimmten Zeitpunkten (1, 6, 12, 24 Monate) und damit mit effektiverer Vergleichbarkeit bestimmt.

### 6.4 Erfolgsraten der drei Verfahren zu bestimmten Zeitpunkten

Anhand der postinterventionellen Verläufe wird die Erfolgsrate der drei interventionellen Verfahren unter Einschluss chirurgischer Verfahren nach einem und zwei Jahren ermittelt und die Effektivität der Verfahren anhand primärer, primär-assistierter und sekundärer Offenheitsraten miteinander verglichen.

#### Primäre Offenheitsrate:

mit Lysetherapie	50%	(1 Jahr)	33,3% (2 Jahre)
mit Rotationsthrombektomie	68,2%	(1 Jahr)	58,8% (2 Jahre)
mit Aspirationsthrombektomie	77,7%	(1 Jahr)	76,7% (2 Jahre)

#### Primär-assistierte Offenheitsraten:

mit Lysetherapie	50%	(1 Jahr)	100% (2 Jahre)
mit Rotationsthrombektomie	86,4%	(1 Jahr)	76,5% (2 Jahre)
mit Aspirationsthrombektomie	94,4%	(1 Jahr)	93,3% (2 Jahre)

#### Sekundäre Offenheitsraten:

mit Lysetherapie	75%	(1 Jahr)	100% (2 Jahre)
mit Rotationsthrombektomie	100%	(1 Jahr)	100% (2 Jahre)
mit Aspirationsthrombektomie	100%	(1 Jahr)	100% (2 Jahre)

Bezogen auf alle 1- bzw. 2 Jahres-Offenheitsraten waren mit der Aspirationsthrombektomie die Offenheitsraten gleich hoch oder deutlich höher als bei Rotationsthrombektomie und noch mehr als bei Lysetherapie.

Werden die 1- und 2-Jahres-Erfolge allein auf den Einsatz interventioneller Verfahren zur Wiedereröffnung von Gefäßen bezogen (primär-assistierte

## 6 Diskussion

---

Offenheit), so erweist sich die Aspirationsthrombektomie als effektiver als die Rotationsthrombektomie.

Die Lysetherapie weist zwar ein 2-Jahres-Offenheitsrate von 100% auf, die Aussagekraft dieses Erfolges muss angesichts der relativ wenigen Lysetherapiefälle allerdings als eingeschränkt bewertet werden.

Der sich aus interventionellen und gefäßchirurgischen Therapien abzuleitende 1- und 2-Jahres-Gesamterfolg (sekundäre Offenheitsrate) ergibt für die Aspirationsthrombektomie und die Rotationsthrombektomie eine gleiche Effektivität von 100%. Der Gesamterfolg der Lysetherapie ist mit o.g. Einschränkung der Aussagekraft ebenfalls als hoch zu bewerten.

## 6.5 Vergleich der Ergebnisse dieser Arbeit mit der Literatur

### 6.5.1 Patientenkollektiv

Wie aus Tabelle 16 ersichtlich, ist das Patientenkollektiv dieser Arbeit hinsichtlich Geschlechterverteilung und Lebensalter mit anderen ähnlichen Arbeiten im Wesentlichen vergleichbar (54) (55) (56) (57) (58).

**Tab. 22: Patientenkollektiv verschiedener Studien**

Studie	Patienten	Geschlechterverteilung	Durchschnittsalter
Eigene Arbeit	100	♂ 55 ♀ 45	68 ± 11,5
Wissgott et al. (54)	265 davon akut: 85	♂ 181 ♀ 84	65 ± 8,4
Krankenberget al. (55)	12	♂ 10 ♀ 2	57,8 ± 9,7
Zeller et al. (56)	98	♂ 63 ♀ 35	66 ± 9
Canova C.R. et al. (57)	84	♂ 46 ♀ 42	67,6 ± 14,4
Zehnder et al. (58)	89	♂ 42 ♀ 47	70,7 ± 14,9

### 6.5.2 Thrombolyse

#### 6.5.2.1 Technischer Erfolg

In einer Studie von McNamara et al. (28) wurden die Ergebnisse von 93 Thrombolyse in peripheren Arterien oder Bypässen untersucht. Dabei wird zu 83% die erfolgreiche komplette Thrombusauflösung erreicht.

Hess et al. berichten in ihrer Studie über 554 periphere arterielle Verschlüsse eine primäre Wiedereröffnungsrate von 68,4% (20).

Die technischen Erfolge thrombolytischer Auflösungen sind in der vorliegenden Arbeit mit 87,5% vergleichbar gut, wobei die Aussagekraft dieser Beurteilung aufgrund der geringen Fallzahlen von 8 Patienten geringer ist als bei den oben beschriebenen Studien mit 93 und 554 Fällen.

Minor-Komplikationen, wie periphere Embolisationen, kommen bei McNamara et al. in 11% der Fälle vor. In der vorliegenden Arbeit wurde eine Minor-Komplikationsrate von 37,5% gefunden, wobei es in zwei Fällen zu einer peripheren Embolisation, in einem weiteren zu einer Dissektion kam. Im Vergleich zu dieser Arbeit werden jedoch Dissektionen in (28) nicht als Komplikation bewertet.

#### 6.5.2.2 Offenheitsraten

Hess et al. (20) geben in ihrer Studie eine 55,5 prozentige Offenheitsrate nach zwei Wochen an. In der vorliegenden Arbeit betrug die primäre Offenheitsrate nach einem Monat 75%.

Darüber hinaus beschreibt Hess eine Offenheitsrate nach 6 Monaten bei embolischen Verschlüssen von 42,3% und bei thrombotischen von 36,2%.

In der vorliegenden Arbeit fand sich nach 6 Monaten eine primäre Offenheitsrate von 57,1%, nach einem Jahr von 50% und eine sekundäre Offenheitsrate von 75% nach einem Jahr.

### 6.5.3 Rotationsthrombektomie

#### 6.5.3.1 Technischer Erfolg

In einer Studie von Zeller und Mitarbeitern aus 2002 wurde bei 98 Patienten das Straub-Rotarex™- System zur Rekanalisation von akuten und subakuten arteriellen und Bypass- Verschlüssen der unteren Extremität verwendet (56). Dort wird eine primäre technische Erfolgsrate von 96% angegeben. In einer ähnlichen Studie von Wissgott et al., wurde die technische Erfolgsrate mit 94,7% beziffert (54). Krankenberg et al. erzielten einen technischen Erfolg von 91,7% (55). In der Studie von Brossmann et al. werden die technischen Erfolgsraten zwischen 67 und 100% angegeben (58). Duc et al. erreicht 2005 sogar einen primären technischen Erfolg von 100% (35).

Diese Erfolgsraten stimmen weitgehend mit denen in dieser Arbeit erlangten technischen Erfolgen der Rotationsthrombektomiegruppe von 88,5% überein, wobei eine eingeschränkte Vergleichbarkeit durch die geringere Patientenzahl in der vorliegenden Arbeit (26 Patienten) zu berücksichtigen ist.

Die Komplikationsrate von 31,5% der Studie von Bérczi et al. ist mit der Komplikationsrate von 38,5% dieser Arbeit ebenfalls vergleichbar (36).

#### 6.5.3.2 Offenheitsraten

In dieser Arbeit belief sich die primäre Offenheitsrate bei der Rotationsthrombektomie nach 12 Monaten auf 68,2 %. Die entsprechenden Ergebnisse von Wissgott et al. betragen hierbei 82,1% (54).

In einer weiteren Studie von Wissgott et al. (59) wird die primäre, primär-unterstützte und sekundäre Offenheitsrate mit 73,0%, 82,5% und 95,2% nach 12 ( $\pm 3$ ) Monaten angegeben, vergleichbar mit den Ergebnissen dieser Arbeit von 68,2%, 86,4% und 100% nach 12 Monaten.

Die Studie von Duc et al. ergab eine primäre Offenheitsrate von 62% nach 6 Monaten und 39 % nach 12 Monaten (35). Im Vergleich dazu zeigte diese Arbeit eine primäre Offenheitsrate von 65,2% nach 6 Monaten und 12 Monaten.

### 6.5.3.3 Vergleich zur Thrombolyse

Wissgott et al. verglichen in zwei Studien die Rotationsthrombektomie mit der lokalen Lyse bei akuten und subakuten arteriellen peripheren Verschlüssen (59). In dem Zeitraum zwischen 1999 und 2002 wurden 65 Patienten mit dem Rotarex-System und 72 Patienten mit der lokalen Lyse behandelt. Hierbei betrug die technische Erfolgsrate in der Rotarex- Gruppe 96,9% und 95,8% in der Lyse-Gruppe. In der zweiten Studie wurden zwischen 2000 und 2003 36 femoropopliteale Bypässe mit dem Rotarex- System und 34 femoropopliteale Bypässe mit der lokalen Lysetherapie behandelt (60). Die technische Erfolgsrate betrug in der Rotarex- Gruppe 95% und in der Lyse- Gruppe 76%. Diese Ergebnisse stimmen im Wesentlichen mit dem in dieser Arbeit erzielten technischen Erfolg der Rotarex-Therapie von 88,5% und der Lysetherapie von 87,5% überein.

Auch in Bezug auf die Nachbeobachtungszeit von  $12\pm 3$  Monaten bei Wissgott et al. sind die primären, primär unterstützten und sekundären Offenheitsraten beim Rotarex- System (73,0%, 82,5%, 95,2%) denen der alleinigen Thrombolyse etwas überlegen (68,8%, 75,4%, 88,4%) (59). Gleichermäßen fanden Kronlage et al. (61), dass nach einem Jahr die primäre (63%) und sekundäre (85%) Offenheitsrate bei alleiniger Rotationsthrombektomie besser als bei alleiniger Thrombolyse oder deren Kombination ist.

Dies kommt auch in der vorliegenden Arbeit in Bezug auf ein Follow up von einem Jahr zum Ausdruck. Auch hier schneiden die primären, primär unterstützten und sekundären Offenheitsraten der Rotarex- Therapie mit 68,2%, 86,4% und 100% deutlich besser ab als die Werte der alleinigen Lysetherapie mit 50%, 50% und 75%.

## 6 Diskussion

---

### 6.5.4 Aspirationsthrombektomie

#### 6.5.4.1 Technischer Erfolg

In zahlreichen Studien wurde der technische Erfolg der Aspirationsthrombektomie ermittelt. Zehnder et al. beschrieben die Erfolgsrate mit 90% (62). Canova et al. erreichten einen Erfolg von 96,6% (57). 86% war die Erfolgsrate der Studie von Wagner et al. (63).

In der vorliegenden Arbeit wird ein technischer Erfolg der Aspirationsthrombektomie von 89,4% erzielt.

Was die Komplikationsrate betrifft fand sich in dieser Arbeit eine Rate bei dieser Therapie von 25,8%.

Komplikationsraten anderer Studien, wie zum Beispiel 8,8% bei Wagner et al., liegen dagegen weit darunter (64). Dies lässt sich durch die unterschiedliche Erfassung von Komplikationsraten erklären. Während die anderen Studien vor allem gravierende Komplikationen wie Blutungen, die Bluttransfusionen nötig machten, sofortige operative Versorgungen oder die Entwicklung eines Kompartment- Syndroms berücksichtigten, wurden in der vorliegenden Arbeit Minor Komplikationen wie periphere Embolisation oder Gefäßdissektion mit eingeschlossen.

#### 6.5.4.2 Offenheitsraten

Die primäre Offenheitsrate nach einem Jahr wird bei Wagner et al. mit 68% (63), bei Canova et al. (57) mit 88,4% angegeben. Die sekundäre Offenheitsrate wird nach Wagner et al. mit 88%, nach Canova et al. mit 94% angegeben.

In der vorliegenden Arbeit beträgt nach einem Jahr die primäre Offenheitsrate 77,8%, die primäre assistierte Offenheitsrate 94,4%, die sekundäre Offenheitsrate 100%.

Damit liegt sowohl die primäre als auch die sekundäre Offenheitsrate dieser Arbeit über den oben angegebenen Vergleichsstudien.

### **6.5.4.3 Therapiewahl**

Grundsätzlich ist jeder akute Gefäßverschluss mit den genannten Techniken behandelbar (19). Die Wahl des Therapieverfahrens ist von einer Reihe von Faktoren abhängig wie die klinische Gesamtsituation, Art, Länge und Lokalisation des Verschlusses, die apparativen und personellen Voraussetzungen, Zeitpunkt des Therapiebeginns und ob die Ischämie extremitätenbedrohend oder noch kompensiert ist (10) (19). Grundsätzlich gilt auch, dass Thrombusaspiration und –fragmentation auf Grund der nur im Sekunden- bis Minutenbereich liegenden Rekanalisationszeit umso mehr zum Einsatz kommen, je mehr die Extremität vital bedroht ist. Auch langstreckige Verschlüsse sind mit mechanischen Verfahren in kurzer Zeit zu öffnen. Die medikamentöse Lyse braucht dagegen in der Regel länger, um das betroffene Gefäß zu rekanalisieren (19).

# 7 Zusammenfassung

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war eine Evaluation radiologisch-interventioneller Methoden zur Rekanalisation von akuten arteriellen peripheren Verschlüssen. Hierbei wurden die Thrombolyse, die Rotationsthrombektomie und die Aspirationsthrombektomie untersucht und bezüglich ihrer Wirksamkeit und Sicherheit miteinander verglichen. Insgesamt wurden retrospektiv 100 Interventionen an 100 Patienten untersucht, die zwischen dem 09.01.2001 und dem 20.08.2008 im Radiologischen Institut der LMU München durchgeführt wurden.

Die technische Erfolgsrate dieser Eingriffe insgesamt betrug 89% (89 Fälle).

In 33% der Fälle traten Komplikationen auf. In 78,8% konnte die Komplikation in gleicher Sitzung behoben werden, z.B. durch Stenteinlage bei einer Dissektion.

Die häufigste Komplikation war hierbei die Gefäßdissektion, die zweit häufigste die periphere Embolisation.

Die 30-Tage-Mortalität betrug 0%.

Eine postinterventionelle Langzeitbeobachtung war in 86 von 100 Fällen möglich. Sie erstreckte sich im Mittel auf 898 Tage mit einem Maximum von 2948 Tagen.

Die Langzeitbeobachtung bis zum Beobachtungsendpunkt ergab für alle drei Interventionsverfahren zusammengefasst eine mittlere primäre Offenheitsrate von 60,5%. Auf 1 bzw. 2 Jahre bezogen war die primären Offenheitsrate bei der Thrombolyse 50 bzw. 50%, bei der Rotationsthrombektomie 68,2% bzw. 58,8% und bei der Aspirationsthrombektomie 77,8% bzw. 76,7%. Die unter Einbeziehung chirurgischer Verfahren ermittelten sekundären Offenheitsraten lagen mit Thrombolyse bei 75% bzw. 100%, mit Rotationsthrombektomie als auch mit Aspirationsthrombektomie 100% bzw. 100%. Damit waren die Gesamterfolge bei der Rotationsthrombektomie und Aspirationsthrombektomie am höchsten. Diese Ergebnisse sind mit den Ergebnissen ähnlicher Studien vergleichbar.

## 6 Diskussion

---

Es wurde damit bestätigt, dass die radiologisch-interventionelle Rekanalisation der peripheren arteriellen akuten Gefäßverschlüsse eine sichere Behandlung mit guten Kurz- und Langzeitergebnissen darstellt. Darüber hinaus stellt im Falle eines Reverschlusses der erneute Einsatz radiologisch-interventioneller Maßnahmen (primär-assistierte Offenheitsrate) ein überzeugendes Ergebnis dar. Überdies ist sie eine sichere Methode, die im Rahmen dieser Untersuchung zu keiner prozedur-assoziierten Mortalität führt.

## 8 Literaturverzeichnis

1. **Kopp, R., et al.** Akute Extremitätenischämie aus allgemein chirurgischer Sicht. *Chirurg* 12. 2003, S. 1090-1102.
2. **Wagner, H.-J.** Periphere arterielle Fibrinolyse und Thrombektomie. [Buchverf.] R.W. Günther und M. Thelen. *Interventionelle Radiologie*. Stuttgart : Thieme, 1999, S. 195-205.
3. **Zeitler, E.** Geschichte der interventionellen Angiologie. [Buchverf.] C. Vallbracht, F.-J. Roth und A.L. Strauss. *Interventionelle Gefäßtherapie*. s.l. : Steinkopff, 2002, S. 23-37.
4. **Herold, G. et al.** *Innere Medizin*. Köln : Herold, 2013.
5. **Dormandy, J., Heeck, L. und Vig, S.** Acute limb ischemia. *Semin Vasc Surg* 12. 1999, S. 148-53.
6. **Schellong, S.** Angiologie. [Buchverf.] H. Lehnert und K. Werdan. *Innere Medizin*. Stuttgart : Thieme, 2005, S. 456-469.
7. **Eckstein, H.H.** Akute Extremitätenischämie. *Chirurg* 69. 1998, S. 38-47.
8. **Pratt, G.H.** *Cardiovascular surgery*. London : Kimpton, 1954.
9. **Vollmar, J.** *Rekonstruktive Chirurgie der Arterien*. Stuttgart : Thieme, 1996. S. 179-193.
10. **Alfke, H., Geks, J. und Wagner, H.-J.** Radiologische Diagnostik und Therapie bei akuter Extremitätenischämie. *Chirurg* 74. 2003, S. 1110-1117.
11. **Henning, g.** <http://www.uni-duesseldorf.de/AWMF/11/004-001.htm>. [Online] 10 2008.
12. *Pschyrembel Klinisches Wörterbuch*. Berlin : de Gruyter, 2004.
13. **Vavrik, J., et al.** Comparison of MR angiographie versus digital subtraction angiography as a basis for planning treatment of lower limb. *J Endovasc Ther* 11. 2004, S. 294-301.
14. **Norgen, L., et al.** Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 33. 2007, S. 1-70.
15. **Ho, K.Y., et al.** Peripheral vascular tree stenoses: evaluation with moving-bed infusion-tracking MR angiography. *Radiology* 206. 1998, S. 683-692.

## 7 Literaturverzeichnis

---

16. **Rutherford, R.B., et al.** Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg* 26. 1997, S. 517-28.
17. **Reiser, M., Kuhn, F.P. und Debus, J.** *Radiologie*. Stuttgart : Thieme, 2006.
18. **Müller, M. et al.** *Chirurgie für Studium und Praxis*. Breisach am Rhein : Medizinische Verlags- und Informationsdienste, 2006/2007.
19. **Düx, M. und Kauffmann, G.W.** Minimal- invasive bildgesteuerte Eingriffe (Interventionelle Radiologie). [Buchverf.] G.W. Kauffmann, E. Moser und R. Sauer. *Radiologie*. s.l. : Urban&Fischer Bei Elsevier, 2006, S. 253-264.
20. **Hess, H., Mietaschk, A. und Brückl, R.** Peripheral arterial occlusions: a 6-year experience with local low-dose thrombolytic therapy. *Radiology* 163. 1987, S. 753-8.
21. **Dotter, C.T., Roesch, J. und Seaman, A.J.** Selective clot lysis with low-dose streptokinase. *Radiology* 111. 1974, S. 31-37.
22. **Starck, E.E., et al.** Percutaneous aspiration thromboembolectomy: an additional transluminal angioplasty method . *Dtsch Med Wochenschr* 111(5). Jan 1986, S. 167-72.
23. **Starck, E.E., et al.** Percutaneous aspiration thromboembolectomy. *Radiology* 156. 1985, S. 61-66.
24. **Kröger, K.** Systemische und regionale Fibrinolyse peripherer arterieller Verschlüsse. *Hämostasiologie* 26. 2006, S. 214-9.
25. **Bookstein, J.J., et al.** Pulsed-spray pharmacomechanical thrombolysis: preliminary clinical results. *AJR Am J Roentgenol* 152. 1989, S. 1097-100.
26. **Breda, A. van, B.T., Katzen und Deutsch, A.S.** Urokinase versus streptokinase in local thrombolysis. *Radiology* 165. 1987, S. 109-11.
27. **Belkin, M., et al.** Intra-arterial fibrinolytic therapy - efficacy of streptokinase vs. urokinase. *Arch Surg* 121. 1986, S. 769-73.
28. **McNamara, T.O. und Fischer, J.R.** Thrombolysis of peripheral arterial and graft occlusions: improved results using high-dose urokinase. *AJR Am J Roentgenol* 144. 1985, S. 769-75.
29. **Semba, C.P., et al.** thrombolytic therapy with use of alteplase (r-tPA) in peripheral arterial occlusive disease: review of the clinical literature. *J Vasc Interv Radiol* 11. 2000, S. 149-61.

## 7 Literaturverzeichnis

---

30. **Meyerovitz, M.F., et al.** Recombinant tissue-type plasminogen activator versus urokinase in peripheral arterial and graft occlusions: a randomized trial. *Radiology* 175. 1990, S. 57-8.
31. **Greenfield, L.J., Kimmell, G.O. und McCurdy, W.C.** Transvenous removal of pulmonary emboli by vacuum-cup catheter technique. *J Surg Res.* 9. 1969, S. 347-352.
32. **Vorwerk, D.** Periphere Arterien. [Buchverf.] D. Hahn. *Handbuch diagnostische Radiologie - Kardiovaskuläres System*. Berlin : Springer, 2007, S. 429-444.
33. **Rajan, D.K., Patel, N.H., Valji, K., Cardella, J.F., Bakal, C., Brown, D., Brontzos, E., Clark, T.W.I., Grassi, C., Meranze, S., Miller, D., Neithamer, C., Rholl, K., Roberts, A., Schwartzberg, M., Swan, T., Thorpe, P., Towbin, R., Sacks, D.** Quality improvement guidelines for percutaneous management of acute limb ischemia. *Journal of Vascular & Interventional Radiology*. 16, 2005.
34. **Müller-Hülsbeck, S. und Jahnke, T.** Peripheral arterial applications of percutaneous mechanical thrombectomy. *Tech Vasc Interv Radiol* 6. 2003, S. 22-34.
35. **Duc, S.R., et al.** Recanalization of acute and subacute femoropopliteal artery occlusions with the rotarex catheter: one year follow-up, single center experience. *Cardiovasc Intervent Radiol* 28(5). 2005, S. 603-10.
36. **Bérczi, V., et al.** Early experience and midterm follow-up results with a new, rotational thrombectomy catheter. *Cardiovasc Intervent Radiol* 25 (4). 2002, S. 275-81.
37. **Dotter, C.T. und Judkins, M.P.** Transluminal treatment of arteriosclerotic obstruction. Description of a new technique and a preliminary report of its application. *Circulation* 30. 1964, S. 654.
38. **Grüntzig, A.R. und Hopff, H.** Perkutane Rekanalisation chronischer arterieller Verschlüsse mit einem neuen Dilatationskatheter. Modifikation der Dotter-Technik. *Dtsch. med. Wschr.* 99. 1974, S. 2502.
39. **Castaneda-Zuniga, W.** *Transluminal Angioplasty*. Stuttgart : Thieme, 1983.
40. **Roth, F.-J.** Seltene Indikationen zur Angioplastie. *Röntgenpraxis* 35. 1982, S. 308-311.

## 7 Literaturverzeichnis

---

41. **Block, P.C., et al.** Transluminal angioplasty: correlation of morphologic and angiographic findings in an experimental model. *Circulation* 61. 1980, S. 778-785.
42. **Fröhlich, H., Kyrieleys, C. und Scheppokat, K.D.** Pathomorphologische Veränderungen nach perkutaner transluminaler Angioplastie. *Fortschr. Röntgenstr.* 140. 1984, S. 726-728.
43. **Leu, H.J.** Morphologie der Arterienwand nach perkutaner transluminaler Dilatation. *Vasa* 11. 1982, S. 265-269.
44. **Sinapius, D.** Pathological basis for percutaneous catheter and balloon revascularisation. [Buchverf.] C.T. Dotter, et al. *Percutaneous transluminal angioplasty*. Berlin : Springer, 1983, S. 56-59.
45. **Roth, F.-J., et al.** Ballonangioplastie peripherer Gefäße. [Buchverf.] R.W. Günther und M. Thelen. *Interventionelle Radiologie*. Stuttgart : Thieme, 1999, S. 81-97.
46. **Jeans, W, et al.** Fate of patients undergoing transluminal angioplasty for lower-limb ischemia. *Radiology*. 1990, S. 559-564.
47. **Currie, I.C., et al.** Femoropopliteal angioplasty for severe limb ischemia. *Br J Surg* 81. 1994, S. 191-193.
48. **Dotter, C.T.** Transluminal placed coil springs and arterial tube grafts: long-term patency in the canine popliteal artery. *Invest. Radiol.* 4. 1969, S. 329-332.
49. **Vorwerk, D. und Zollikofer, C.** Endovaskuläre Prothesen. [Buchverf.] R.W. Günther und M. Thelen. *Interventionelle Radiologie*. Stuttgart : Thieme, 1999, S. 154-160.
50. **Vorwerk, D. und Günther, R.W.** Stentimplantation in periphere Arterien. [Buchverf.] R.W. Günther und M. Thelen. *Interventionelle Radiologie*. Stuttgart : Thieme, 1999, S. 161-171.
51. **Dongen, R.J. van.** Chronische arterielle Verschlusskrankheit im Aorta-Iliacabereich. *Chirurg* 60. 1989, S. 313-321.
52. **Muradin, G.S., et al.** Balloon dilatation and stent implantation for treatment of femoropopliteal arterial disease: meta-analysis. *Radiology* 221. 2001, S. 137-145.

## 7 Literaturverzeichnis

---

53. <https://www.marktforschung.de/wiki-lexikon/marktforschung/Chi-Quadrat-Test/>. [Online]
54. **Wissgott, C., et al.** Mechanische Rotationsthrombektomie zur Behandlung von akuten und subakuten Okklusionen der femoropoplitealen Arterien: Retrospektive Auswertung der Ergebnisse von 1999 bis 2005. *Fortschr Röntgenstr* 180. 2008, S. 325-331.
55. **Krankenber, C., et al.** Behandlung peripherer arterieller Thrombembolien durch ein neuartiges perkutanes mechanisches Thrombektomiesystem. *Fortschr Röntgenstr* 173. 2001, S. 236-239.
56. **Zeller, T., et al.** Long-term results after recanalization of acute and subacute thrombotic occlusions of the infra-aortic arteries and bypass-grafts using a rotational thrombectomy device. *Rofo Fortschr Geb Röntgenstr Neuen Bildgeb Verfahr* 174. 2002, S. 1559-1565.
57. **Canova, C.R., et al.** Long-term results of percutaneous thrombo-embolctomy in patients with infrainguinal embolic occlusions. *International Angiology*. März 2001, S. 66-73.
58. **Brossmann, J, Müller-Hülsbeck, s und Heller, M.** Percutaneous thrombectomy and mechanical thrombolysis. *Röntg Fortschr* 169(4). 1998, S. 344-45.
59. **Wissgott, C.W., Werk, M. und Steinkamp, H.J.** Vergleich von Rotations-Thrombektomiekathetern und lokaler Lyse-Therapie zur Behandlung von akuten und subakuten thrombotischen arteriellen Verschlüssen. *Fortschr Röntgenstr* 176. 2004.
60. **Wissgott, C.W. und Steinkamp, H.J.** Akutverschluss des femoropoplitealen Bypasses: Vergleich der Ergebnisse von Rotations-Thrombektomiekathetern und lokaler Lyse. *Fortschr Röntgenstr* 177. 2005.
61. **Krankenber, H., et al.** Percutaneous transluminal angioplasty of infrapopliteal arteries with intermittent claudication: acute and one-year results. *Catheter Cardiovasc Interv* 64. 2005, S. 12-17.
62. **Zehnder, T., et al.** Percutaneous Catheter Thrombus Aspiration for Acute and Subacute Arterial Occlusion of the Legs: How much Thrombolysis is Needed? *Eur J Vasc Endovasc Surg* 20. 2000, S. 41-46.

## 7 Literaturverzeichnis

---

63. **Wagner, H.J., Starck, E.E. und Reuter, P.** Long-term results of percutaneous aspiration embolectomy. *Cardiovasc Intervent Radiol.* 17(5). 1994, S. 241-6.
64. **Wagner, H.J. und Starck, E.E.** Acute embolic occlusions of the infrainguinal arteries: Percutaneous Aspiration Embolectomy in 102 Patients. *Radiology* 182. 1992, S. 403-407.
65. **Kalinowski, M. und Wagner, H.-J.** Adjunctive techniques in percutaneous mechanical thrombectomy. *Tech Vasc Inter Radiol* 6. 2003, S. 6-13.
66. **Überrück, T., et al.** Risk factors and management of arterial emboli of the upper and lower extremities. *J Vasc Surg* 48. 2007, S. 181-6.
67. **Wagner, H.J., Kalinowski, M. und Klose, K.J.** The use of gadolinium chelates for X-ray digital subtraction angiography . *Invest Radiol* 36. 2001, S. 257-65.
68. **Johnston, K.W.** Femoral and popliteal arteries: reanalysis of results of balloon angioplasty. *Radiology* 183. 1992, S. 767-771.
69. **Matsi, P., et al.** Femoropopliteal angioplasty in patients with claudicatio: primary and secondary patency in 140 limbs with 1-3 year follow up. *Radiology* 191. 1994, S. 727-733.
70. **Murray, J., Apthorp, L. und Wilkins, R.** Long-segment (>10 cm) femoropopliteal angioplasty: improved technical success and long-term patency. *Radiology* 195. 1995, S. 158-162.
71. **Johnston, K.W.** Iliac arteries: reanalysis of results of balloon angioplasty. *Radiology* 186. 1993, S. 207-212.
72. **Olbert, F.N., Muzika, A. und Schlegel, A.** *Transluminale Dilatation und Rekanalisation im Gefäßbereich.* Nürnberg : Wachholz, 1985.
73. **Roth, F.-J., Krings, W. und Cappius, G.** Die perkutane transluminale Angioplastie bei der Behandlung der arteriellen Verschlusskrankheit. *Inn. Med.* 11. 1984, S. 239-253.
74. **Schneider, E., Grüntzig, A.R. und Bollinger, A.** Langzeitergebnisse nach perkutaner transluminaler Angioplastie (PTA) bei 882 konsekutiven Patienten mit iliakalen und femoropoplitealen Obstruktionen. *Vasa* 11. 1982, S. 322-326.
75. **Becker, G. und Katzen, B.** Noncoronary angioplasty. *Radiology* 170. 1989, S. 921-940.

## 7 Literaturverzeichnis

---

76. **Saxon, R.R., et al.** Long-term results of ePTFE stent-graft versus angioplasty in the femoropopliteal artery: single center experience from a prospective, randomized trial. *J Vasc Interv Radiol* 14. 2003, S. 303-311.
77. **Duda, S.H., Bosiers, M. und Lammer, J.** Sirolimus-eluting versus bare nitinol stent for obstructive superficial femoral artery disease: the SIROCCO II trial. *J Vasc Interv Radiol* 16. 2005, S. 331-338.
78. **Becker, G., Katzen, B. und Dake, M.** Noncoronary angioplasty. *Radiology* 170. 1989, S. 921-940.
79. **Johnston, K., et al.** 5-year results of a prospective study of percutaneous transluminal angioplasty. *Ann. Surg.* 206. 1987, S. 403-413.
80. **Söder, H.K., et al.** Prospective trial of infrapopliteal artery balloon angioplasty for critical limb ischemia: angiographic and clinical results. *J Vasc Interv Radiol* 11. 2000, S. 1021-1031.
81. **Heijenbrok, Majanka H., Kock, Marc C.J.M. und Hunink, M.G. Myriam.** Lower Extremity Arterial Disease: Multidetector CT Angiography - Meta Analysis. *Radiology* 245. November 2007, S. 433-439.
82. **Chin, Anne S. und Rubin, Geoffrey D.** CT Angiography of Peripheral Arterial Occlusive Disease. *Techniques in Vascular and Interventional Radiology* 9. 2006, S. 143-149.
83. **Kronlage, M., Printz, I., Vogel B., Blessing, E., Müller, O.J., Katus, H.J., Erbel, C.** A comparative study on endovascular treatment of (sub)acute critical limb ischemia: mechanical thrombectomy vs thrombolysis. *Drug Design, Development and Therapy.* 11, 2017.

## 9 Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

### **Abbildungen:**

Abb.1: Norgen, L., Hiatt, W., Dormandy, J., Nehler, M., Harris, K., Fowkes, F., et al. (2007). Inter-society consensus for the management of peripheral arterial disease (TASC II). *Eur J Vasc Endovasc Surg* 33, S. 1-70.

Abb.2: <http://www.gefaess-chirurg.com/behandlungsverfahren/endovaskulaere-operationen/lokale-lyse/>

Abb. 3: <http://www.nicolai-medizintechnik.de/produkte/pronto035.jpg>

Abb.4: <http://img.mf.cz/860/561/a.jpg>

Abb.5: <http://www.ksgr.ch/leistungen-angiologie.aspx>

Abb.6: [http://www.meinherzdeinherz.info/Images/PTCA\\_Prinzip.jpg](http://www.meinherzdeinherz.info/Images/PTCA_Prinzip.jpg)

Abb.7: <http://media-2.web.britannica.com/eb-media/12/98312-004-9140C0F7.jpg>

Abb.8: [http://www.meinherzdeinherz.info/Images/Stent\\_Prinzip.jpg](http://www.meinherzdeinherz.info/Images/Stent_Prinzip.jpg)

Abb. 9-29: aus eigener Quelle

### **Tabellen:**

Tab.1: Herold, G. et al. (2010). *Innere Medizin*. Köln: Herold.

Tab.2: Rutherford, R., Baker, J., Ernst, C., Johnston, K., Porter, J., Ahn, S., et al. (1997). Recommended standards for reports dealing with lower extremity ischemia: revised version. *J Vasc Surg* 26, S. 517-28.

Tab. 3-22: aus eigener Quelle

## 10 Abkürzungsverzeichnis

AF	Arteria femoralis
AFC	Arteria femoralis communis
AFP	Arteria femoralis profunda
AFS	Arteria femoralis superficialis
AIC	Arteria iliaca communis
APOP	Arteria poplitea
ATA	Arteria tibialis anterior
ATP	Arteria tibialis posterior
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PTA	Perkutane transluminale Angioplastie
Trunc	Truncus tibiofibularis

## 11 Lebenslauf

[REDACTED]

## **12 Danksagung**

Prof. Dr. med. Marcus Treitl danke ich herzlich für die Vergabe des interessanten Promotionsthemas sowie die überaus freundliche und hilfsbereite Betreuung.

Bei Dr. Christoph Degenhart bedanke ich mich für die freundliche und motivierende Betreuung sowie die stetige Diskussions- und Hilfsbereitschaft.

Bei meiner Familie möchte ich mich für die Unterstützung und das immerwährende Interesse an dieser Arbeit bedanken.