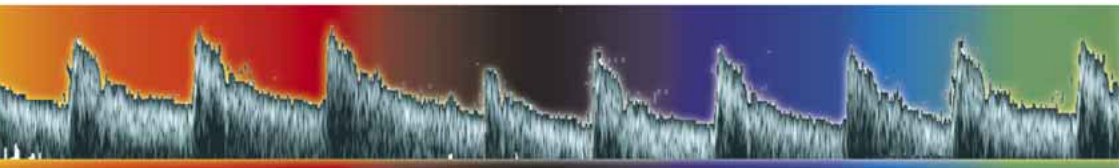


# Duplexsonographie der Gefäße



Kapitel 4  
Katzenschlager R  
Duplexsonographie der peripheren  
Arterien

Krause & Pachernegg GmbH  
VERLAG für MEDIZIN und WIRTSCHAFT

# Duplexsonographie der peripheren Arterien

Reinhold Katzenschlager

## Einleitung

Die Dopplersonographie (CW-Doppler, Messung der distalen Arteriendrucke) ist neben Oszillographie und arterieller Plethysmographie seit Jahren ein Hauptbestandteil der nicht-invasiven angiologischen Diagnostik. Die technische Weiterentwicklung zur farbkodierten Duplexsonographie ermöglicht in vielen Fällen eine vollständige, angiologische Abklärung, auf deren Basis die weiteren therapeutischen Schritte (konservativ, interventionell, chirurgisch) geplant werden können.

## 1. Anatomie

### Obere Extremität

Rechtsseitig entspringt die A. subclavia dem Truncus brachiocephalicus, linksseitig dem Aortenbogen. Durch Abgabe der A. vertebralis wird die A. subclavia sowohl zur extremitätenversorgenden als auch zur hirnvorsorgenden Arterie. Ab dem unteren Rand der Clavicula bezeichnet man die Arterie als A. axillaris. Nach dem Durchtritt in den Arm wird sie A. brachialis genannt. Knapp distal der Ellenbeuge teilt sie sich in A. ulnaris und A. radialis.

Die A. radialis versorgt den Arcus palmaris profundus, die A. ulnaris den Arcus palmaris superficialis, beide Hohlhandbögen sind mit-

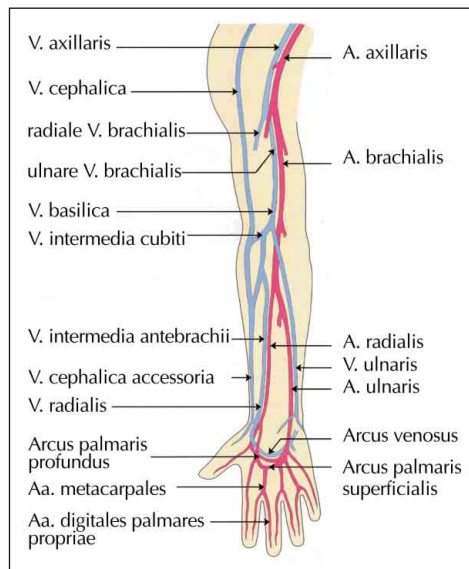


Abbildung 1: Anatomie der Arterien

einander verbunden und versorgen durch die paarig angelegten Aa. digitales palmares propriae die Finger (Abb. 1).

### Untere Extremität

Die distale Aorta abdominalis (Abb. 2) (Normaldurchmesser bis 2,5 cm) teilt sich auf Höhe des 4. Lendenwirbels in die Aa. iliacae communes, welche sich nach etwa 5–6 cm in die A. iliacae interna (versorgt Eingeweide des kleinen Becken) und A. iliacae externa aufzweigt. Knapp vor dem Leistenband gibt die A. iliacae externa zwei kleine Äste, die A. epigastrica inferior und die A. circumflexa ilium profunda, ab. Danach wird die Arterie als A. femoralis communis bezeichnet, welche sich etwa 4 cm distal des Leistenbandes in die A. femoralis superficialis und A. profunda femoris aufteilt. Die A. profunda femoris gibt kurz nach dem Abgang zwei starke Äste ab, die A. circumflexa femoris medialis und A. circumflexa femoris lateralis. Die A. profunda femoris gibt kurz nach dem Abgang zwei starke Äste ab, die A. circumflexa femoris medialis und A. circumflexa femoris lateralis.

Die A. femoralis superficialis zieht durch den Adduktorenkanal und wird ab dessen unteren Rand A. poplitea genannt. Sie reicht bis zum unteren Rand des M. popliteus. In der Regio poplitea gibt die A. poplitea zahlreiche kleine Äste (Aa. genus und Aa. surales) ab. Der erste große Ast, der von der A. poplitea abgeht ist die A. tibialis anterior, welche zwischen den Unterschenkel-

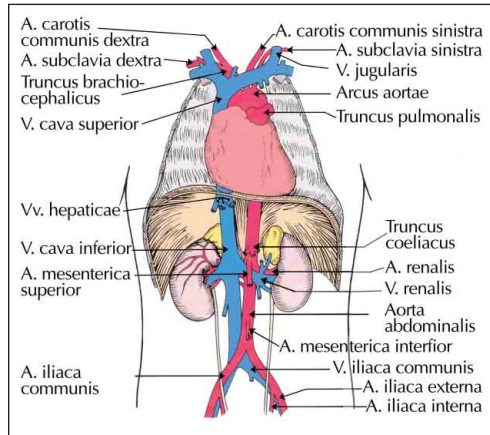


Abbildung 2: Anatomie der Aorta und deren Abgänge

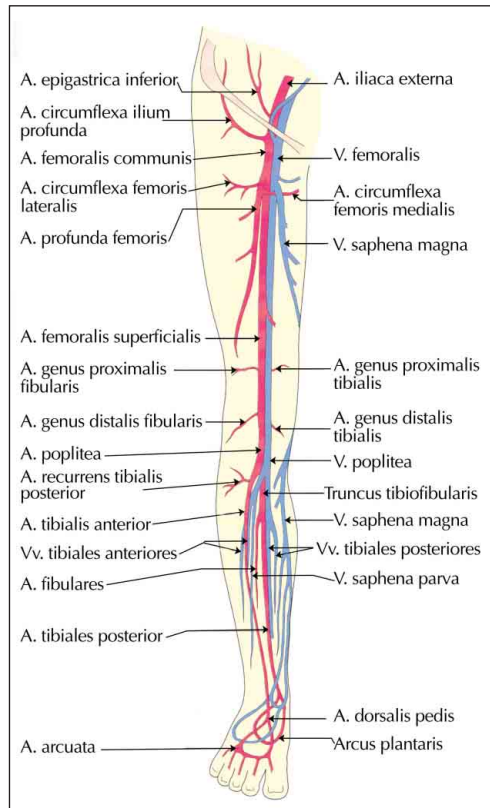


Abbildung 3: Anatomie der unteren Extremität

extensoren abwärts läuft und am Fuß die A. dorsalis pedis versorgt. Nach Abgang der A. tibialis anterior wird die A. poplitea Truncus tibiofibularis genannt. Dieser teilt sich dann in A. tibialis posterior und A. fibularis (A. interossea). Die A. tibialis posterior ist in der Regel der stärkste Endast und zieht zwischen M. soleus und tiefen Flexoren nach distal. Die Endäste A. plantaris tibialis und A. plantaris fibularis stellen den Arcus plantaris dar. Die A. fibularis läuft parallel zur A. tibialis posterior, liegt lateral und mündet in der Knöchelregion in das Rete malleolare fibulare (Abb. 3).

## 2. Messung der distalen Arteriendrucke

Diese Untersuchung kann man mit einem unidirektionalen Ultraschall-Dopplergerät oder auch mit einem bidirektionalen Dopplergerät mit Erfassung der Strömungsrichtung durchführen. Für die Messung benötigt man ein Standardblutdruckgerät mit Manschettenbreite 13 cm (Oberarm, distaler Unterschenkel) oder 15–18 cm (Oberschenkel). Die Sendefrequenz der Dopplergeräte beträgt 8–10 MHz.

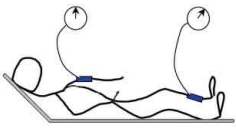
### Untersuchungsvorgang

Die Untersuchung wird am liegenden Patienten nach 5–10minütiger Ruhephase durchgeführt. Die Blutdruckmanschette wird ohne Andruck an den gewählten Meßbereich gelegt (Oberarm, distaler Unterschenkel). Die Meßarterie wird – wenn möglich – zuerst palpirt, dann wird Kontaktgel aufgetragen und mit der Ultraschall-Dopplersonde das optimale akustische Signal

**Tabelle 1:**  
Messung der distalen Arteriendrucke

Auswertung	Normalwert
Absolutwert	10–20 mmHg über Systemdruck
Doppler-Index (Quotient: Knöchel-Arm)	> 0,9

Systolischer Blutdruck im Arm




Systolischer Blutdruck im Knöchelbereich

}

$$ABI = \frac{\text{Syst. BD Knöchel}}{\text{Syst. BD Arm}}$$

**Nachweis einer pAVK:**  
ABI ≤ 0,9



**Abbildung 4:**  
ABI-Messung

gesucht. Zur Messung der distalen Arteriendrucke wird dieser Vorgang an der A. tibialis posterior und A. dorsalis pedis durchgeführt. Der Meßvorgang entspricht einer konventionellen Blutdruckmessung. Die Manschette wird supra-systolisch aufgeblasen, langsam wird der Druck abgelassen, bis das Dopplersignal ertönt, dies entspricht dem systolischen Druck der gemessenen Arterie unterhalb der Manschette. Am Oberarm kann nach einer Untersuchung von Thulesius 1971 auch das Stethoskop verwendet werden (Tab. 1).

Bei Normalwerten und doch vorhandenen Beschwerden kann die Druckmessung nach Belastung wiederholt werden, folgende Belastungstests werden empfohlen:

- Bei Verdacht auf Oberschenkelläsionen: 40 Zehenstände.
- Bei Verdacht auf Beckenläsionen: 20 Kniebeugen.

Von klinisch höherer Aussagekraft ist die Durchführung einer Belastungsoszillographie nach 40 Zehenständen bzw. 20 Kniebeugen.

### Fehlerquellen der distalen Druckmessung

- Mediasklerose (falsch hohe Werte), Ödem, Hypertonie, Subclavialäsionen, zu schnelle Deflation, die Strömungsgeschwindigkeit in der Arterie ist zu langsam (Druck < 30 mmHg).

## 3. Kontinuierliche und gepulste Dopplersonographie

- Geräte: bidirektionale Dopplergeräte
- Verwendete Sonden:  
4–5 MHz: A. femoralis, A. poplitea,  
8–10 MHz: A. tibialis posterior, A. dorsalis pedis, A. radialis, A. ulnaris
- Untersuchungsbedingungen: Patient in Rückenlage
- Ziel der Untersuchung: Strömungsgeschwindigkeitskurven, Frequenzanalysen

$$\text{Pulsatilitätsindex (PI)} = \frac{\text{Höhe des max. Vorwärts- und Rückwärtsfluß}}{\text{Mittlere Geschwindigkeit}}$$

zur Ergänzung der distalen Arterienmessung

### Normalbefund

- Kurve: triphasisch, mit steilem systolischem Anstieg, schmalem Gipfel, schnellem Abfall und einer Rückflußkomponente in der frühen Diastole, welche etwa ein Drittel des Vorwärtsflusses ausmacht, danach folgt in der späten Diastole ein kurzer Vorwärtsfluß.
- Pulsatilitätsindex (PI): > 5

## Pathologische Befunde

### Mittelgradige Stenosen (Stenosegrad 50–60 %):

- Kurve: distal der Stenosen vermindert sich die Amplitudenhöhe, der Rückflußanteil verringert sich bzw. entfällt (biphasische bzw. monophasische Kurven).
- Pulsatilitätsindex (PI): etwa 3–4

### Hochgradige Stenosen (Stenosegrad > 70 %) bzw. Okklusionen:

- Kurve: distal der Läsion vermindert sich die Amplitudenhöhe stark, der Rückflußanteil entfällt, es entsteht eine monophasische Kurve.
- Pulsatilitätsindex (PI): etwa < 2

## 4. Farbkodierte Duplexsonographie (allgemein)

- Geräte: Duplexsonographiegeräte, welche aus B-Modescanner bestehen, in welche simultan ein kontinuierlicher und/oder gepulster Doppler-Mode integriert ist.
- Verwendete Sonden:  
Aorta abdominalis: 3,5–5 MHz Sektorscanner; 5 MHz Linearscanner  
Beckenarterien: 5 MHz Linearscanner, 3,5–5 MHz Sektorscanner  
Beinarterien: 5 MHz Linearscanner, 7,5 MHz Linearscanner  
Armarterien: 5 MHz Linearscanner, 7,5 MHz Linearscanner
- Untersuchungsbedingungen: Patient in Rückenlage mit Ausnahme bei Untersuchung der A. poplitea, der A. tibialis posterior und der A. fibularis (A. interossea), diese werden besser in Bauchlage untersucht.
- Ziel der Untersuchungen: Erstellung eines exakten Gefäßbefundes, sowohl morphologisch als auch hämodynamisch mit Graduierung der Stenosen bzw. Vermessung der Verschlußlänge, zur weiteren Planung der Therapie.
- Graduierung von peripheren Gefäßläsionen (Tab. 2)
- Peak-Velocity Ratio (PVR): Quotient: maximale systolische Flußbeschleunigung in der Stenose durch maximale systolische Flußbeschleunigung unmittelbar vor der Stenose (Abb. 5)

**Tabelle 2:** Graduierung von peripheren Gefäßläsionen

Läsion	Qualitative Graduierung	max. Flußgeschwindigkeit	PVR
Normalbefund	triphasische Kurve	< 1,2 m/s	< 1,1
Stenose < 25 %	leichte Spektralverbreiterung	< 1,2 m/s	< 1,3
Stenose < 50 %	Auslöschung des syst. Fenster	< 1,8 m/s	< 2,4
Stenose > 50 %	Erhöhung auch des diast. Flusses	> 1,8 m/s	> 2,4
Stenose > 80 %	Rückflußanteil in Systole	> 4 m/s	> 3
Verschluß	Kein Fluß	0	0

### 4.1. Farbkodierte Duplexsonographie der Schulter- und Armarterien

- Untersuchungsbedingungen: Patient liegt in Rückenlage.
- Sonde: 5 MHz Linearscanner, 7,5 MHz Linearscanner
- Indikationen zur Sonographie der Armarterien: Armclaudicatio, Verdacht auf akuten Armarterienverschluß, Fingerarterienverschlüsse, Vertigo mit Verdacht auf Subclavian-Stealphänomen (RR-Differenz > 20 mmHg).

#### Pathologie

a) Atherosklerotische Läsionen (Stenosen, Verschlüsse) im Abgangsbereich A. subclavia sind links häufiger als rechts, klinisch von Bedeutung sind diese Läsionen beim Subclavian-Stealphänomen bzw. bei Arm-Claudicatio (Abb. 6).

b) Aneurysma bzw. post-stenotische Dilatationen der A. subclavia können gelegentlich beim neurovaskulären Kompressionssyndrom auftreten. Aus den Aneurysmen kann es gelegentlich zu peripheren Embolien und dadurch zu Fingerarterienverschlüssen kommen. Ursache für ein neurovaskuläres Kompressionssyndrom sind Engstellen, welche die A. subclavia in ihrem Verlauf passiert, danach werden die Syndrome auch benannt:

- 1) Scalenus-anterior-Syndrom,
- 2) Halsrippensyndrom,
- 3) Kostoclavikularsyndrom,
- 4) Hyperabduktionssyndrom.

c) Bei entzündlich bedingten Läsionen an den Armarterien ist meist die A. axillaris im Rahmen einer Takayasu-Arteriitis

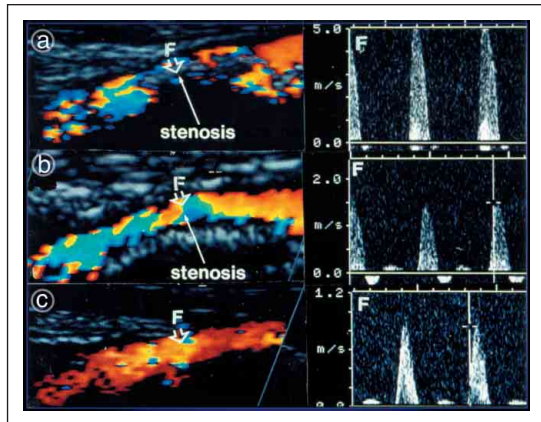


Abbildung 5: a) Hochgradige Stenose, b) mittelgradige Stenose, c) regulärer Fluß

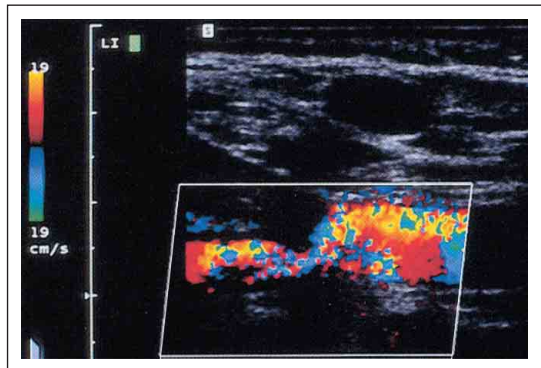
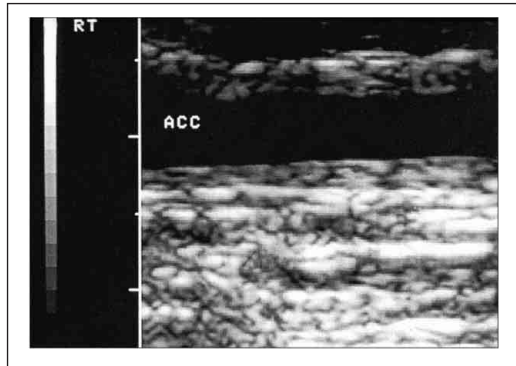


Abbildung 6: Hochgradige Stenose der A. subclavia

oder atypischen Riesenzellarteriitis betroffen. Charakteristisch ist meist der beidseitige Befall und dazu eine Verdickung der Intima in der A. carotis communis (Abb. 7).

- d) Embolische Verschlüsse der A. brachialis im Bereich der Aufzweigung in A. radialis und A. ulnaris sind meist kardialen Ursprungs.



**Abbildung 7:** Verdickung der Intima-Media in der A. carotis communis bei Arteriitis

#### 4.2. Farbkodierte Duplexsonographie der Becken-Beinarterien

- Untersuchungsbedingungen: Patient liegt in Rückenlage bei Untersuchung der Becken- und Oberschenkeletage und in Bauchlage bei Untersuchung der A. poplitea, A. tibialis posterior und A. fibularis.
- Sonden:  
Beckenarterien: 5 MHz Linearscanner, 3,5–5 MHz Sektorscanner  
Beinarterien: 5 MHz Linearscanner, 7,5 MHz Linearscanner
- Indikationen zur Sonographie der Becken-Beinarterien: Morphologische und hämodynamische Abklärung bei PAVK, Kontrolle von Interventionen, Abklärung bei Verdacht auf Aneurysma bzw. AV-Fistel.
- Untersuchungsangang: Beginn in der Leiste des symptomatischen Beines, Dokumentation von Farbfluß und Dopplersignal der A. femoralis communis, dann Sonographie nach distal mit Dokumentation von A. fem. superficialis (Abgang, Adduktorenkanal), A. profunda femoris und A. poplitea.

Bei bereits pathologischer Dopplerkurve in A. femoralis communis folgt der Versuch einer Beurteilung der Beckengefäße, dies ist jedoch aufgrund von Adipositas bzw. Darmgasüberlagerungen nicht immer möglich.

Bei den Stadien PAVK III und IV (Ruheschmerz, Ulcerationen, Gangrän) erfolgt auch eine Beurteilung der Unterschenkelarterien, zur Dokumentation neben der Bilddokumentation ist die Erstellung einer Gefäßskizze sehr empfehlenswert.

#### Pathologie

##### Aneurysma der Aorta abdominalis (Abb. 8)

- Durchmesser > 3 cm (2,5–3 cm Ektasie), ab 5 cm Indikation zur Intervention,
- Gefahr: Dissektion, Ruptur
- Differentialdiagnosen: Maligne Lymphome, retroperitoneale Fibrose, Riesenzellarteriitis.



Stenose der Aorta abdominalis (Ab. 9)

- Meist auf atherosklerotischer Basis bei starkem Nikotinabusus
- Lokalisation: Meist distal der Nierenarterienabgänge
- Klinik: Claudicatio an beiden unteren Extremitäten, Potenzprobleme, fehlender oder abgeschwächter Femoralispuls beidseitig, Strömungsgeräusch über der Aorta abdominalis
- Sonographischer Befund: Deutliche wandständige Plaques mit > 50 % Lumenreduktion,  $V_{max} > 2$  m/sec (Normalwert: 0,5–1,2 m/sec) (Abb. 5).
- Therapie: PTA in Kissing-Ballon-Technik, eventuell Stent.

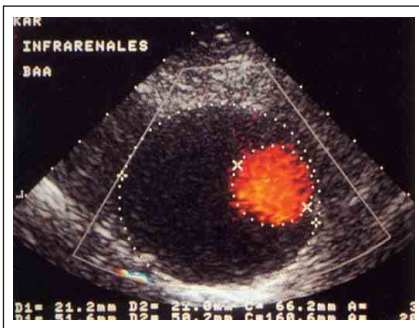
Leriche-Syndrom

- Thrombotischer Verschluss der distalen Aorta und der proximalen Beckenarterien, bei atherosklerotisch vorgeschädigten Gefäßen.
- Klinik: Ruheschmerzen bei beiden unteren Extremitäten im akuten Stadium, bzw. Claudicatio-Beschwerden, Potenzprobleme im chronischen Stadium, fehlender Leistenpuls.
- Sonographischer Befund: Paukenschlagfluß in der noch offenen Aorta, kein Fluß im Verschlusssegment, in der offenen distalen Arterie (meist A. iliaca) schwach poststenotischer Fluß.
- Therapie: Chirurgisch (Bifurkationsprothese), alternativ: Thrombolyse mit zusätzlicher PTA und Stentimplantation (Abb. 10).

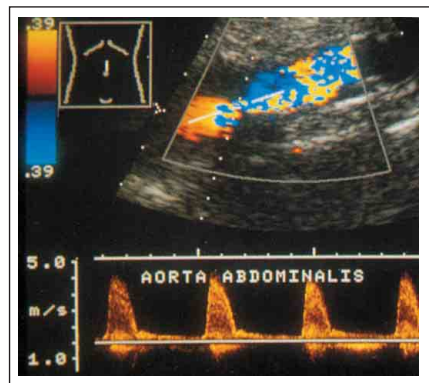
Läsionen in der Beckenetape

Stenosen und Verschlüsse:

- Pathogenese: Meist Atherosklerose, selten zystische Adventitia-Degeneration, Tumorkompression, Spätschäden nach Strahlentherapie.



**Abbildung 8:** Aneurysma der Aorta abdominalis mit wandständigem Thrombus



**Abbildung 9:** Stenose der Aorta abdominalis ( $V_{max} > 4$  m/sec)

- Hauptlokalisationen: Abgang der A. iliaca communis aus Aorta, Bifurkation A. iliaca externa-A. iliaca interna, A. femoralis communis vor Bifurkation, A. femoralis superficialis, A. profunda femoris.
- Klinik: Oberschenkel-Claudicatio, bei Läsionen der A. iliaca communis und/oder A. iliaca interna sind auch Potenzprobleme möglich, abgeschwächter bis fehlender Leistenpuls, bei Stenosen tritt ein deutliches Strömungsgeräusch auf, bei einem Verschuß fehlt das Strömungsgeräusch.
- Sonographischer Befund: Bei höhergradiger Stenose bzw. Verschuß in der Beckenetape bereits in der A. femoralis communis poststenotischer Fluß, Stenosegraduierung siehe allgemeiner Teil.
- Therapie: Stenosen: PTA, Stent; Verschlüsse: chirurgisch, alternativ PTA mit Stent (nicht immer technisch möglich) (Abb. 11).

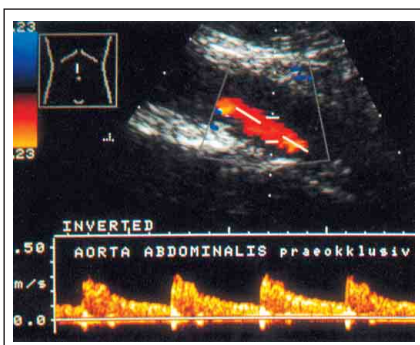
### Aneurysma

- Pathogenese: Meist Atherosklerose vom dilatativen Typ.
- Klinik: Pulsierende Schwellung im Unterbauch bzw. Leiste, lokaler Unterbauchschmerz.
- Gefahr: Ruptur (lt. Literatur bis 33 %), Embolien, akuter thrombotischer Verschuß.
- Therapie: Stentimplantation, Chirurgie.

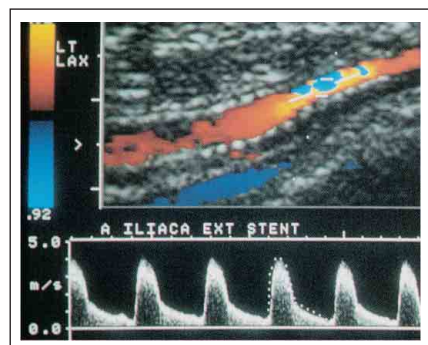
### Läsionen in der Ober- und Unterschenkeletage

#### Stenosen und Verschlüsse:

- Pathogenese: Meist Atherosklerose, selten zystische Adventitia-Degeneration (A. poplitea), Verschlüsse neben Thrombosen bei atherosklerotisch vorgeschädigten Gefäßen, oft auch embolischer Natur aus Aortenaneurysmen bzw. vom Herz (z. B. bei Vorhofflimmern).

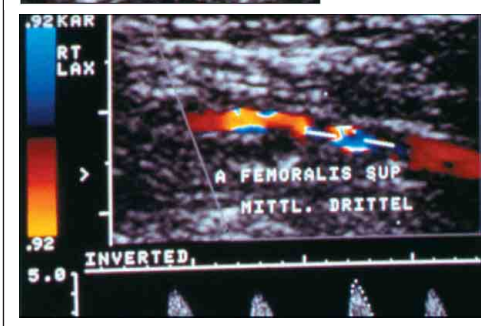
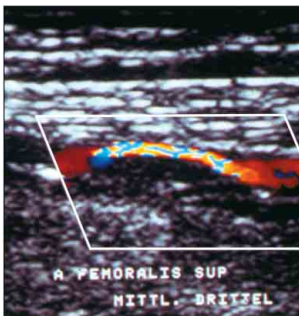
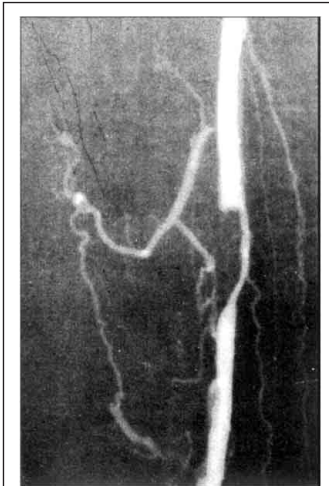


**Abbildung 10:** Verschuß der Aorta abdominalis mit präokklusivem Fluß



**Abbildung 11:** Restenose der A. iliaca externa nach Stentimplantation

- Hauptlokalisationen: Stenosen: Adduktorenkanal, proximale A. poplitea, Abgangsbereich A. femoris profunda vor allem bei Diabetikern, Unterschenkelarterien bei Diabetikern (Abb. 12). Verschlüsse: embolisch: Trifurkation; atherosklerotisch: Adduktorenkanal, bei Diabetikern: Unterschenkelarterien (Abb. 13).

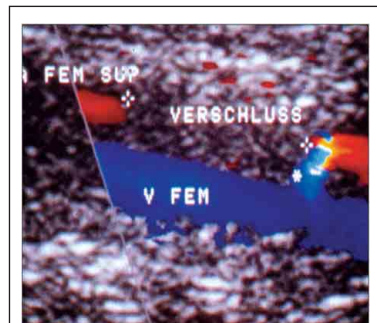


- Sonographische Befunde: Stenosegraduierung siehe allgemeiner Teil, Verschlüsse: vor Verschlußbeginn: Paukenschlagfluß distal des Verschlusses poststenotischer, monophasischer Fluß.
- Unterscheidung: Akut (frisch): echoarm, kaum Kollateralen, poststenotischer Fluß: sehr schwach. Chronisch (alt): echoreich, teilweise verkalkt, meist am Verschlußbeginn kräftige Kollateralen, poststenotischer Fluß relativ kräftig.
- Therapie: Je nach Lokalisation, Länge und Anamnesendauer: PTA, Lyse (lokal, systemisch), Chirurgie (Thrombektomie, Bypass).

#### Aneurysmen

Aneurysma spurium (Pseudoaneurysma):

- Lokalisation: Leiste
- Ursache: Iatrogen nach Angiographie bzw. Katheterbehandlung
- Definition: Perivaskuläres, nicht vollständig thrombosiertes Hämatom, welches anatomisch und hämodynamisch über einen Verbindungsstiel mit der Arterie kommuniziert und durch das umgebende Gewebe abgekapselt worden ist.



**Abbildung 12:** Hochgradige Stenose der A. femoralis superficialis ( $V_{max}$  · 4,5 m/sec).

**Abbildung 13:** Verschluss der A. femoralis superficialis

- Sonographischer Befund: Typischer Hin- und Herfluß im Verbindungsgang zwischen Aneurysma und Arterie.
- Gefahr: Ruptur, Druck auf umliegende Nerven, Haut, Venen, Embolien.
- Therapie: Ultraschallgezielte Kompressionstherapie, chirurgisch (Abb. 14).

#### Aneurysma der A. poplitea:

- Ursache: Meist Atherosklerose vom dilatativen Typ.
- Gefahr: Thrombose, Ruptur, periphere Embolie.
- Sonographischer Befund: A. poplitea deutlicher erweitert mit echoarmem Randsaum, welcher wandständigen Thromben entspricht.
- Therapie: Chirurgie: Bypaß; alternativ: Antikoagulation mit oralen Antikoagulantien oder flexible Stents (Abb. 15).

#### Mediasklerose:

- Sonographischer Befund: Regulärer Fluß, jedoch aufgrund von Kalkeinlagerungen in die Gefäßwand sehr echoreich (Abb. 16), oft auch mit typischen Schallschatten.
- Lokalisation: Bei Unterschenkelarterien häufiger als an anderen Gefäßabschnitten.
- Vorkommen: Bei Diabetikern sowie Patienten mit Nephropathie (Abb. 16).

#### AV-Fistel:

- Verbindung zwischen Arterie und Vene.
- Sonographischer Befund: Hohe Flußbeschleunigung im Fistelgang, perivaskuläre Gewebsvibrationen.
- Therapie: Konservativ: Zuwarten auf Spontanverschluß, chirurgisch (Abb. 17).

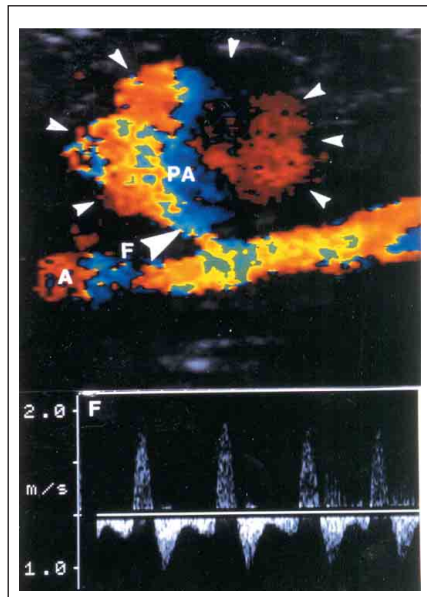
#### Weiterführende Literatur:

Wolf KJ, Fobbe F. Farbkodierte Duplexsonographie. Grundlagen und klinische Anwendung. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York; 1993.

Neuerburg-Heusler D, Hennerici M. Gefäßdiagnostik mit Ultraschall. Lehrbuch und Atlas. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York; 1999.

Braun B. Ultraschalldiagnostik. Ecomed; 1994.

Huck K. Kursbuch Doppler- und Duplexsonographie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York; 2001.



**Abbildung 14:** Pseudoaneurysma der A. femoralis superficialis nach PTA

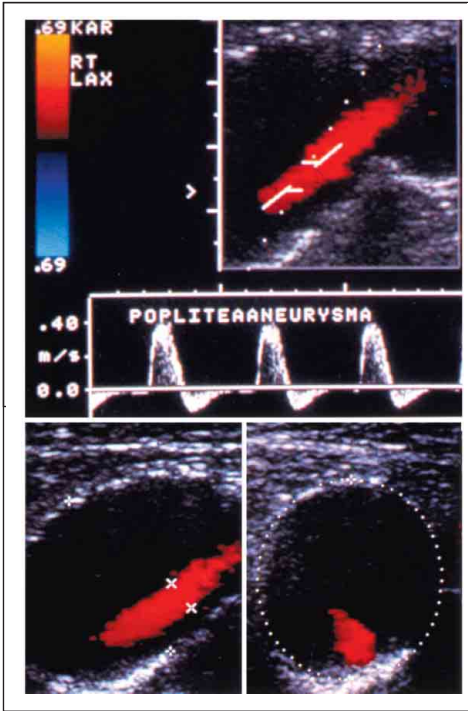


Abbildung 15: Aneurysma der A. poplitea mit wandständigem Thrombus

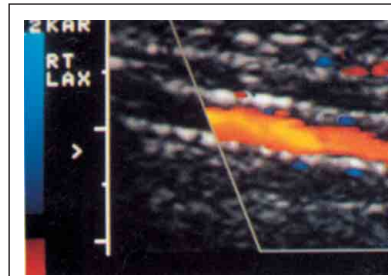
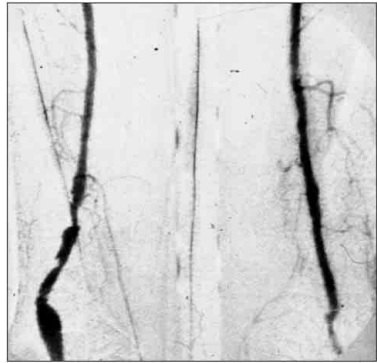


Abbildung 16: A. tibialis posterior mit stark verkalkter Gefäßwand (Mediasklerose)

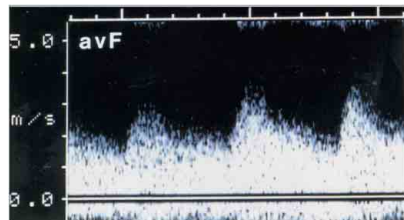
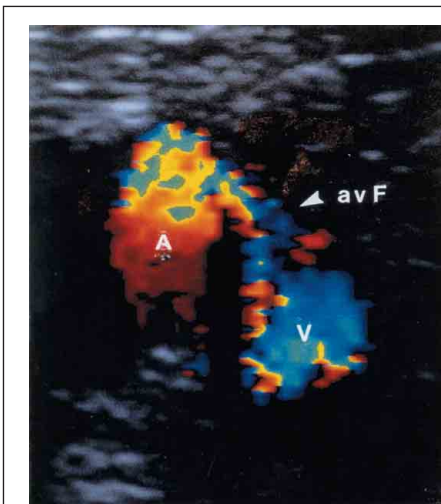


Abbildung 17: AV-Fistel zwischen A. fem. com. und V. fem. com.

ANTWORTFAX

Katzenschlager R. et al. (Hrsg.)

# Duplexsonographie der Gefäße

4. Auflage 2015/16

Hiermit bestelle ich

\_\_\_ Exemplar(e)  
zum Einzelpreis von € 15,-  
(im Ausland zzgl. Versandkosten)

Name

Anschrift

Datum, Unterschrift

## Einsenden oder per Fax an:

Krause & Pachernegg GmbH, Verlag für Medizin und Wirtschaft,  
Postfach 21, A-3003 Gablitz, **FAX: +43 (0) 2231 / 612 58-10**

## Bücher & CDs

Homepage: [www.kup.at/cd\\_buch](http://www.kup.at/cd_buch)

