

Extremitätenarterien

Wilhelm Schäberle

- 2.1 Becken- und Beinarterien – 53**
 - 2.1.1 Gefäßanatomie – 53
 - 2.1.1.1 Beckenarterien – 53
 - 2.1.1.2 Beinarterien – 53
 - 2.1.2 Untersuchungsablauf und Untersuchungstechnik – 55
 - 2.1.2.1 Beckenarterien – 55
 - 2.1.2.2 Beinarterien – 56
 - 2.1.3 Spezielle untersuchungstechnische Aspekte aus
angiologisch-gefäßchirurgischer Sicht – 61
 - 2.1.4 Befundung und Dokumentation – 64
 - 2.1.5 Normalbefund bei duplexsonografischer Untersuchung
der Becken-Bein-Arterien – 64
 - 2.1.6 Pathologische Befunde – 66
 - 2.1.6.1 Arteriosklerotische Verschlusskrankheit – 66
 - 2.1.6.2 Arterielle Embolie – 87
 - 2.1.6.3 Aneurysma – 88
 - 2.1.6.4 Seltene, stenosierende, nichtarteriosklerotische Arterienerkrankungen – 93
 - 2.1.7 Gefäßrekonstruktionen – Verlaufskontrolle – 102
 - 2.1.7.1 Thrombendarteriektomie (TEA) – 102
 - 2.1.7.2 Perkutane transluminale Angioplastie und Stentimplantation – 103
 - 2.1.7.3 Bypassverlaufskontrolle – 104
 - 2.1.7.4 Sonografisches Venenmapping vor peripherer Bypasschirurgie – 111
 - 2.1.8 Wertigkeit der (Farb-) Duplexsonografie im Methodenvergleich
– Probleme und Fehlermöglichkeiten – 111
 - 2.1.8.1 Vergleich mit Häodynamik – Morphologie – 115
- 2.2 Armarterien – 117**
 - 2.2.1 Anatomie – 117
 - 2.2.2 Untersuchungsablauf und Untersuchungstechnik – 118
 - 2.2.3 Klinische Relevanz der duplexsonografischen Untersuchung – 118
 - 2.2.3.1 Arteriosklerotische Gefäßveränderungen – 118
 - 2.2.3.2 Kompressionssyndrome – 119
 - 2.2.4 Dokumentation – 119
 - 2.2.5 Normalbefund – 119
 - 2.2.6 Pathologische Befunde, duplexsonografische
Messergebnisse und ihre Wertigkeit – 120
 - 2.2.6.1 Arteriosklerotische Gefäßveränderungen – 120
 - 2.2.6.2 Kompressionssyndrome – 120

- 2.2.6.3 Entzündliche Gefäßerkrankungen – 122
- 2.2.6.4 Thrombangiitis obliterans (Morbus Winiwarter-Buerger) – 122
- 2.2.6.5 Morbus Raynaud – 122
- 2.3 Atlas: Extremitätenarterien – 124**

Mit zunehmender Lebenserwartung steigt die klinische Relevanz arteriosklerotischer Verschlussprozesse nicht nur in den Koronarien und hirnversorgenden Gefäßen, sondern auch in den Extremitätenarterien. So liegt die Prävalenz der **symptomatischen arteriellen Verschlusskrankheit (AVK)** für Männer und Frauen zwischen 55 und 75 Jahren bei > 5 %. Rechnet man die asymptomatische AVK dazu, so liegt sie bei > 20 %. Die Folge arteriosklerotischer Verschlussprozesse führt nicht nur zu reduzierter Lebensqualität, sondern auch zu Immobilität, Pflegebedürftigkeit und einer Verringerung der Lebenserwartung. Diese ist bei männlichen AVK-Patienten um etwa 10 Jahre vermindert. Haupttodesursachen sind dabei die koronare Herzkrankheit (55 % der Patienten mit AVK, 36 % ohne) und zerebrale Todesursachen (11 % mit AVK und 4 % ohne). Die AVK ist somit Ausdruck der generalisierten Arteriosklerose mit Schädigung aller Gefäßareale, jedoch mit hoher Koinzidenz von Koronarien und hirnversorgenden Gefäßen, insbesondere bei einer AVK vom Beckentyp. Bei Patienten mit peripherer AVK müssen daher einerseits die Symptome entsprechend den Stadien und den Rekonstruktionsmöglichkeiten adäquat therapiert werden. Andererseits muss die diagnostizierte AVK Ausgangspunkt für diagnostische und therapeutische Maßnahmen in präventiver Intention (koronare Herzkrankheit/KHK, Karotisstenose) sein. Die zunehmenden therapeutischen Möglichkeiten, besonders auch die interventionellen perkutanen Maßnahmen, können durch Rekonstruktion oder Wiedereröffnung von Verschlussprozessen den Extremitätenverlust vermeiden und durch frühzeitigen Einsatz geeigneter Verfahren mit Beseitigung von Stenoseprozessen die Lebensqualität steigern. Für die richtige therapeutische Weichenstellung ist eine frühe Diagnostik wichtig; die Duplexsonografie als nichtinvasives Verfahren bietet dafür eine effiziente und risikoarme Methode in Primärdiagnostik und Therapieplanung an.

2.1 Becken- und Beinarterien

2.1.1 Gefäßanatomie

2.1.1.1 Beckenarterien

In Höhe von Lendenwirbelkörper (LWK) 4/5 teilt sich die Bauch-aorta in die beiden Aa. iliacae communes auf. Dies entspricht bei einer Untersuchung von ventral etwa der Nabelhöhe. Die A. iliaca communis taucht bogenförmig in das kleine Becken ab und bildet etwa am dorsalsten Punkt die **Iliakalararterienbifurkation**. V. iliaca communis und externa verlaufen dorsal der gleichnamigen Arterie. Die A. iliaca interna geht in Höhe des Iliosakralgelenks nach dorsal ab und versorgt Beckenorgane, Beckenwand und Gesäßregion. Als Verlängerung der A. iliaca communis zieht die A. iliaca externa bogenförmig zur Lacuna vasorum unter dem Leistenband. Sie verläuft medial des M. iliopsoas. Kurz vor dem Leistenband zweigen die A. epigastrica inferior und die A. circumflexa ileum profunda ab, die bei Beckenarterienverschlüssen eine **Kollateralfunktion** einnehmen können.

Der arterielle Durchmesser in der A. iliaca communis beträgt zwischen 0,6 und 1,4 cm, in der A. iliaca externa zwischen 0,5 und 1 cm und in der A. iliaca interna zwischen 0,4 und 0,8 cm.

2.1.1.2 Beinarterien

Unterhalb des Leistenbandes zweigt sich die ca. 2–4 cm lange A. femoralis communis in die meist dorsolateral abgehende A. profunda femoris und die A. femoralis superficialis auf (■ Abb. 2.1a).

Der **Abgang der A. profunda femoris ist variabel**, so können mehrere Profundaäste direkt aus der A. femoralis communis abgehen. Meist geht ein Profundaast nach dorsal ab und der Hauptprofundaast nach dorsolateral, er kann jedoch auch selten nach dorsomedial abgehen. In die Femoralisbifurkation bzw. proximale A. profunda femoris münden Äste der A. circumflexa medialis und lateralis ein, wichtige Kollateralisationswege bei Stenosen und Verschlüssen der distalen Beckenarterien und der A. femoralis communis. Die A. profunda femoris ist das wichtigste Kollateralgefäß bei Verschlüssen im femoropoplitealen Abschnitt. Etwas distal der Femoralisgabel ist die Konfluenz von Profundavenen und der V. femoralis superficialis lokalisiert. Die Profundavenen ziehen quer durch die Femoralisgabel. Die V. femoralis superficialis begleitet die Arterie dorsalseitig zum distalen Oberschenkel. Das Gefäß-Nerven-Bündel tritt in Höhe des sogenannten Adduktorenkanals durch die Membrana vasoadductoria nach dorsal, und die A. femoralis superficialis geht in das proximale Segment (P1) der A. poplitea über.

Aus radiologisch interventioneller und gefäßchirurgischer Sicht wird die **A. poplitea in drei Segmente** aufgeteilt, wobei in der Angiografie die obere Patellakante den Übergang zum P2-Segment darstellt und der Kniegelenkspalt den Übergang zum P3-Segment, das bis zum Abgang der A. tibialis anterior reicht. Zunächst zweigt die A. tibialis anterior nach ventral ab und durchtritt am Unterrand des M. popliteus die Membrana interossea. Sie zieht in der Extensorenloge ventral der Membrana interossea bis zum oberen Sprunggelenk und verläuft im proximalen Abschnitt relativ fibulanah. Die A. poplitea setzt sich sehr variabel mit etwa 1–5 cm Länge als Truncus tibiofibularis fort (■ Abb. 2.1b) und zweigt sich dann in die A. tibialis posterior und die A. fibularis auf. Die A. tibialis posterior verläuft zwischen den oberflächlichen und den tiefen Beugemuskeln in der Fascia cruris profunda. Sie ist die bedeutendste Unterschenkelarterie, verläuft dorsal des medialen Innenknöchels zur Fußsohle und teilt sich hier in eine kräftigere A. plantaris lateralis und eine kaliberschwächere A. plantaris medialis auf. Die A. plantaris lateralis setzt sich zum Arcus plantaris profundus fort, der über die Kollateralisierung zur A. dorsalis pedis den Fußbogen komplettiert und die Verbindung zu A. tibialis-anterior-Ästen herstellt. Die A. fibularis findet sich dorsomedial der Fibula, ebenfalls auf dem Niveau der Fascia cruris profunda. Sie endet am distalen Unterschenkel und gibt mehrere muskelversorgende Arterien ab, die bei Verschlüssen der anderen Unterschenkelarterien Kollateralfunktionen übernehmen.

Die Kaliberstärke der **Unterschenkelarterien** ist sehr variabel. Bei Hypoplasie (sehr selten sogar Aplasie) übernehmen die anderen Arterien über Kollateralen die Funktion. So ist in 2 % die A. tibialis anterior nicht angelegt oder endet im Verlauf am Unterschenkel. In ca. 5 % ist die A. tibialis posterior nicht angelegt oder endet früher und in ca. 7 % ist die A. fibularis das Hauptgefäß am Unterschenkel, das dann in Sprunggelenkgelehnhöhe breite Verbindungskollateralen zur distalen A. tibialis

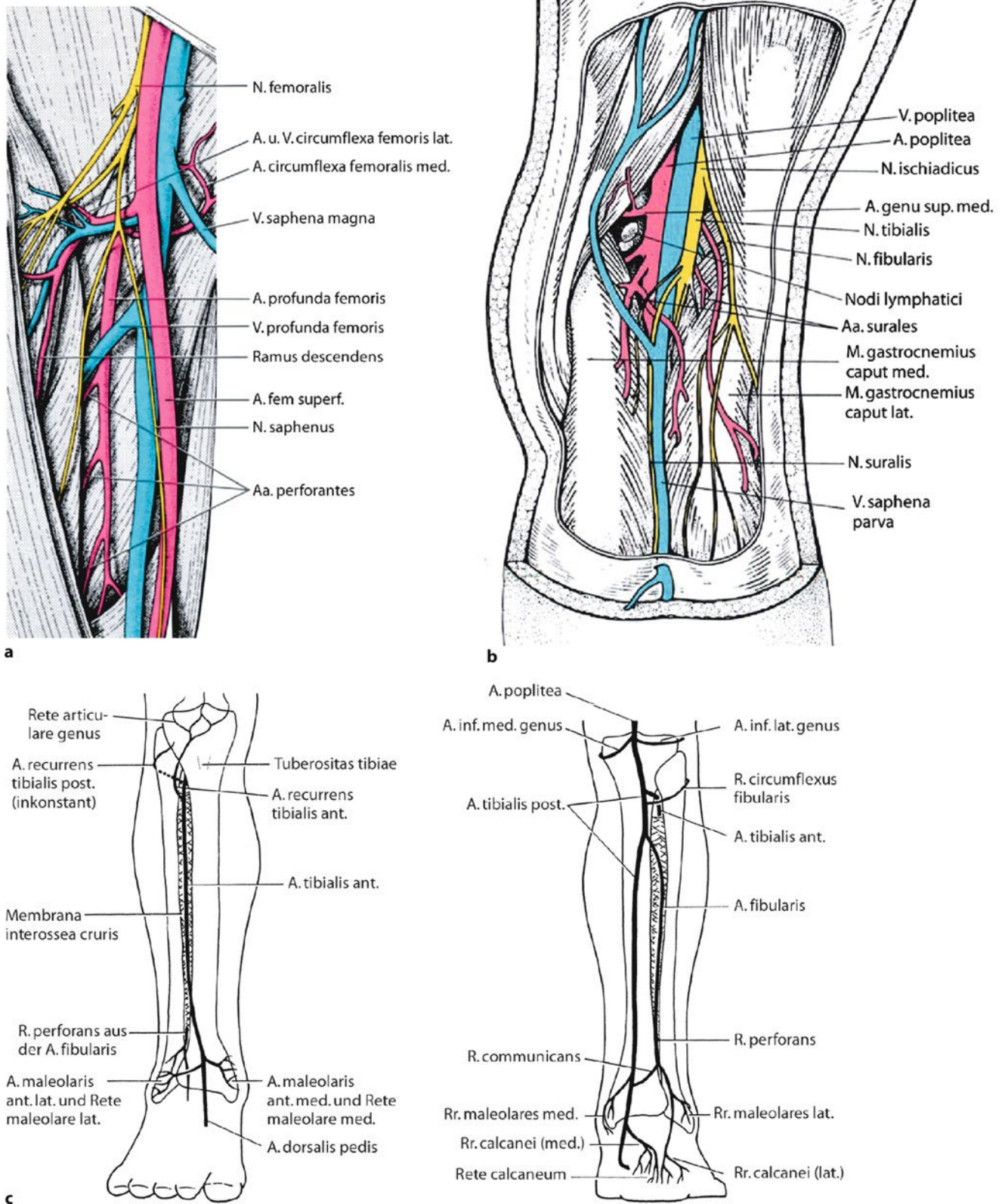


Abb. 2.1 a Schematische Darstellung der Gefäßverläufe in der Leiste (aus Heberer u. van Dongen 1987). b Schematische Darstellung der Gefäßbeziehung in der Fossa poplitea (aus Heberer u. van Dongen 1987). c Schematische Darstellung der Unterschenkelarterien

posterior oder zur A. dorsalis pedis zeigt. Bei arteriosklerotischen Verschlussprozessen oder Hypoplasien ist die Kollateralisation über das Rete malleolare in Höhe des oberen Sprunggelenks bedeutsam.

2.1.2 Untersuchungsablauf und Untersuchungstechnik

2.1.2.1 Beckenarterien

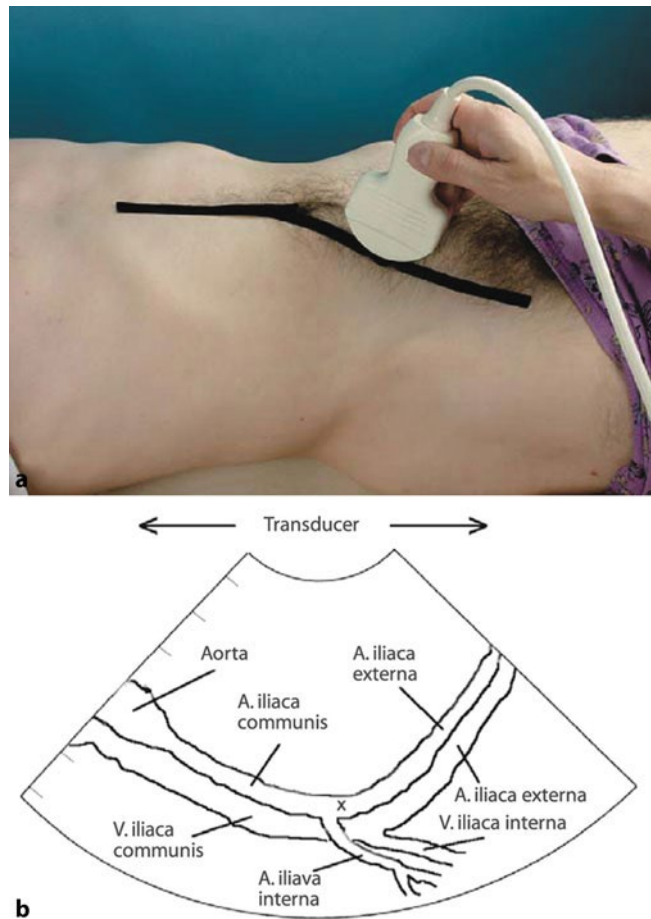
Entsprechend der notwendigen Eindringtiefe muss bei Untersuchung der Beckenarterien auf 3,5- bis 5-MHz-Konvexschallköpfe zurückgegriffen werden. Die Pulsrepetitionsfrequenz muss an gesunden Gefäßarealen adäquat eingestellt (kein Aliasing) und die Empfindlichkeit (Gain) optimiert werden. Untersucht wird in Rückenlage und nach ausreichender Ruhepause, um keine durch eine reaktive Hyperämie bedingten falsch-positiven Befunde zu bekommen. Bei arteriosklerotischen Verschlussprozessen klingt die Hyperämiephase nach Belastung langsamer ab.

Ein erster Überblick über hämodynamisch wirksame **Stenosen** oberhalb des Leistenbandes kann mit relativ geringem Zeitaufwand durch die Ableitung und Analyse des Dopplerfrequenzspektrums in der A. femoralis communis erreicht werden. Bei einem triphasischen Spektrum mit einer maximalen systolischen Geschwindigkeit von mehr als 70 cm/s (Seitenvergleich) sind höhergradige Stenosen in der Beckenetape nicht anzunehmen.

In der genauen Untersuchung wird dann die **Aortenbifurkation** (Nabelhöhe) im Querschnitt aufgesucht und die **Aa. iliaca communis und externa** im Längsschnitt auf **Stenoseprozesse** untersucht (■ Abb. 2.2a). Darmschlingen, insbesondere luftgefüllte, führen zu einer deutlichen Schallstreuung und Schallabschwächung, wodurch die kontinuierliche Untersuchung der Beckengefäße erschwert ist. Durch kontinuierliche Kompression mit dem Schallkopf können luftgefüllte Darmschlingen aus dem Schallfeld verdrängt werden. Weiterhin kann durch Verschieben des Transducers eine Umgehung schallabschwächender Strukturen erreicht werden.

Kalzifizierte Plaques behindern die sonografische Gefäßbeurteilung aller Gefäßprovinzen. Durch Schallauslöschung werden im B-Bild Gefäß- wie auch dorsal davon liegende Strukturen nicht beurteilbar. Bei langstreckigen, kalzifizierten Plaques kann auch mit höherem Gain das Stenosesignal dopplersonografisch nicht ausreichend ableitbar sein. In diesen Fällen muss die Stenose in der Veränderung des Charakters im Dopplerfrequenzspektrum im vor- und nachgeschalteten Gefäßsegment beurteilt werden. Bei gleichbleibender systolischer Spitzengeschwindigkeit und unverändertem Charakter im Dopplerfrequenzspektrum (dreiphasig) führt die Plaque zu keiner höhergradigen Stenose (vgl. ■ Abb. 2.64 (Atlas)).

Die **Iliakalarterien** verlaufen bogenförmig durch das kleine Becken; dies erschwert die spitzwinklige Einstellung des Dopplerstrahls zum Gefäß, v. a. am tiefsten Punkt, der Iliakalbifurkation (■ Abb. 2.2b), einem Prädilektionsort für Beckenarterienstenosen, nämlich dem Abgang der A. iliaca externa. Durch Verschieben des Transducers nach proximal oder distal entlang des Gefäßverlaufs und durch Kippen des Schallkopfs muss einerseits



■ **Abb. 2.2** a Schallkopfpositionierung bei Untersuchung der Beckenarterien (die Aortenbifurkation liegt etwa in Nabelhöhe). b Schematische Darstellung des bogenförmigen Verlaufs der Iliakalgefäße durch das kleine Becken. Am dorsalsten Punkt ist die Iliakalbifurkation mit dorsalem Abgang der A. iliaca interna. V. iliaca communis und externa verlaufen dorsal der gleichnamigen Arterien. Ein Prädilektionsort für arteriosklerotische Stenosen ist der A. iliaca-externa-Abgang (X). In normaler Transducer-Position von ventral ist der Dopplerwinkel äußerst schlecht (um 90°, was eine Stenosedagnostik unmöglich macht). Um spitzwinkligere Dopplerwinkel zu erzielen, muss der Transducer nach kranial oder kaudal (siehe Pfeil) geschoben (und gekippt) werden (vgl. ■ Abb. 1.40c, d)

der Dopplerwinkel optimiert werden (vgl. auch ■ Abb. 1.40b, c und 2.2b). Andererseits kann bei spitzwinklig (zum Schallstrahl) abgehenden Gefäßen, besonders bei großer Eindringtiefe (A. iliaca interna) ein Aliasing manchmal nicht mehr verhindert werden, und die systolische Spitzengeschwindigkeit wird „abgeschnitten“ (vgl. ► Kap. 1, ► Abschn. 1.1.4, Pulsrepetitionsfrequenz; und ■ Abb. 1.35).

Bei schlechten Schallbedingungen und einem pathologischen Dopplerfrequenzspektrum in der Leiste sollten zunächst die A. iliaca communis am Abgang aus der Aorta, die A. iliaca externa nach der Bifurkation und knapp proximal des Leistenbandes dargestellt und das Dopplerfrequenzspektrum abgeleitet werden. Dies sind Prädilektionsorte für Stenosen der Beckenarterien, und neben der Analyse des Dopplerfrequenzspektrums nach bekannten Stenosekriterien kann der Vergleich der an verschiedenen Orten abgeleiteten Spektren auch Hinweise für dazwischen liegende stenotische Prozesse liefern.

2.1.2.2 Beinarterien

Wegen des oberflächlichen Verlaufs der Beinarterien kann die Untersuchung mit relativ hochfrequenten Schallköpfen von 5–7,5 MHz je nach Weichteilmantel durchgeführt wird.

Prinzipien jeder Gefäßdarstellung, -einstellung und -beurteilung (farbduplexsonografisch) sind grundsätzlich (Abb. 2.4, Tab. 2.1):

- Prinzipiell werden Arterien zunächst im **B-Bild** im Querschnitt aufgesucht und der Gefäßverlauf lokalisiert (Gefäßabgänge in Bifurkationen). Die Gefäßwand wird dann im Längsschnitt sonografisch beurteilt und freies Gefäßlumen von Plaque (Intimaläsion bei Arteriosklerose), Media-Verdickungen bei entzündlichen Gefäßerkrankungen und von perivaskulären Strukturen mit Gefäßkompression differenziert.
- Die **Farbduplexsonografie** wird orientierend zur raschen Lokalisation von Stenosen (Aliasing) und Gefäßverschlüssen sowie zur Darstellung von Kollateralarterienabgängen eingesetzt; sie ist fakultativ.
- **PW-dopplersonografisch (Spektralanalyse)** werden Stenosen exakt lokalisiert und graduiert. Die Verschlusslänge wird ergänzt durch die Farbduplexsonografie bestimmt. Für ein zeiteffizientes Vorgehen im Untersuchungsablauf spielt die Spektralanalyse des PW-dopplersonografisch gewonnenen Strömungssignals an Schlüsselstellen (A. femoralis communis und A. poplitea, bei klinischer Relevanz von Unterschenkelobstruktionen auch Aa. tibialis anterior und posterior) im Sinne einer Etagenuntersuchung eine entscheidende Rolle. Anhand indirekter Stenosekriterien wird die proximal des Ableitpunkts gelegene hämodynamisch relevante Stenose oder Verschluss diagnostiziert, die dann durch Mappen dieses Abschnitts genau lokalisiert und graduiert werden muss. Bei pulsatilem, triphasischem, „peitschend klingendem“ Spektrum und adäquater Spitzengeschwindigkeit (Seitenvergleich) ist keine Obstruktion im vorausgehenden Gefäßabschnitt anzunehmen und auf ein Mappen kann verzichtet werden.

Bei Verwendung von **Linearschallköpfen** muss durch Zuschalten des Beam steering und adäquate Anpassung zum Gefäßverlauf eine spitzwinklige Anlotung des Gefäßes durch den Dopplerschallstrahl erzielt werden. Die Verwendung von **Curved-array-Schallköpfen** mit engem Radius führte zwar zu einer etwas geringeren Detailauflösung im B-Bild, hat jedoch den Vorteil, dass relativ schnell durch Kippen des Schallkopfs und Platzieren des Sample volume am lateralen Bilddrand sehr gute Dopplereinschallwinkel ($>60^\circ$) erreicht werden können. Dagegen erlaubt das Beam steering bei fast allen Geräteherstellern nur eine Abwinklung von bis zu 20° , d.h. bei parallelem Gefäßverlauf zur Haut Dopplerwinkel von 70° . Für die Beurteilung des Dopplerfrequenzspektrums bezüglich indirekter Kriterien für okklusive Gefäßprozesse etwas entfernt von der Ableitstelle ist aber eine spitzwinklige Anlotung (unter 60°) notwendig.

A. femoralis (Abb. 2.3a) und A. tibialis anterior werden in Rückenlage untersucht, die übrigen Unterschenkelarterien und die A. poplitea in Bauchlage, mit leicht angehobenem distalem Unterschenkel (Unterlage in Knöchelregion).



■ **Abb. 2.3** a Schallkopfpositionierung bei Untersuchung der Femoralarterien (im Querschnitt zur Gefäßlokalisierung, im Längsschnitt zur Beurteilung der Strömungsgeschwindigkeit). b Schallkopfpositionierung bei Untersuchung der Poplitealgefäße (P3-Niveau – Truncus-tibiofibularis-Übergang)

Prinzipiell werden Gefäße in **zwei Ebenen** dargestellt, die Gefäßlokalisierung beginnt im Transversalschnitt. Wenn im Transversalschnitt eine orientierende Untersuchung durchgeführt werden soll, muss der Schallkopf nach distal oder kranial gekippt werden, um eine spitzwinklige Anlotung im Querschnitt zu erreichen (Abb. 2.4, Tab. 2.1 und 2.2). Die orientierende Untersuchung im Querschnitt hat den Vorteil, dass sich bei adäquater Geräteeinstellung relativ rasch aneurysmatische Gefäßerweiterungen, hochgradige Stenosen, die zum Aliasing führen, und Verschlüsse (sowie Abgänge von Kollateralen) erfassen lassen. Der pathologische Befund muss jedoch im Longitudinalschnitt bestätigt und quantifiziert werden. Pulsrepetitionsfrequenz und Gain werden so eingestellt, dass im Arterienlumen eine satte Farbkodierung ohne Aliasing auftritt. Die spitzwinklige Anlotung des Gefäßes und die im B-Bild kontrollierte Einstellung des Dopplereinfallswinkels sind für quantitative Aussagen in der Stenosedagnostik notwendig. Wie in der Grauwertsonografie wird in der Gefäßsonografie im Longitudinalschnitt das Gefäß so eingestellt, dass das kraniale Gefäßsegment linksseitig und das distale Gefäßsegment rechtsseitig auf dem Monitor erscheinen.

Nach Einhaltung einer ausreichenden Ruhezeit (>5 min) wird in Rückenlage zunächst die **A. femoralis communis** im Querschnitt identifiziert und bis zur Bifurkation verfolgt. Durch die geeignete Platzierung des Schallkopfs (meist von medialseitig am Oberschenkel) wird die Bifurkation so eingestellt, dass die

meist dorsolateral abgehende A. profunda femoris genau hinter der A. femoralis superficialis zum Liegen kommt; nach Drehen des Schallkopfs in den Längsschnitt kann so die Bifurkation als Gabel dargestellt werden. Dies erleichtert die exakte Einstellung des Dopplerwinkels zur genauen Beurteilung einer Profundaabgangsstenose und die Identifikation der Gefäße. Die A. profunda femoris sollte v. a. bei Verschlüssen im femoropoplitealen Abschnitt bis in die Äste zweiter Ordnung hinein verfolgt und auf distaler gelegene Stenosen untersucht werden. In [Tab. 2.1](#) wird der Untersuchungsablauf Schritt für Schritt dargestellt. Die A. femoralis superficialis wird am Oberschenkel von medial im Längsschnitt nach distal verfolgt. Bei parallel zur Oberfläche verlaufenden Gefäßen (Beinarterien) geschieht die **kontinuierliche Verlaufsuntersuchung am effektivsten durch Parallelverschiebung des Transducers** auf der Hautoberfläche mit langgestreckter Gefäßeinstellung im B-Bild unter gleichzeitig mitlaufendem Dopplerfrequenzspektrum (optimale Einstellung von PRF, Gain) bei Dopplerwinkeln $< 60^\circ$. Schallstreuung und Schallabschwächung durch Bindegewebestrukturen können im Adduktorenkanal ein Nachregulieren von Empfangsempfindlichkeit (Gain) in B-Bild und Dopplerfunktion erfordern.

Im **Adduktorenkanal** lässt sich der Gefäßverlauf leichter am außenrotierten Bein mit geringer Beugung im Kniegelenk untersuchen. Die **A. poplitea** und die **V. poplitea** werden am einfachsten in Bauchlage untersucht, wobei die V. poplitea dorsal der A. poplitea verläuft. Alternativ dazu kann die A. poplitea auch in Rückenlage bei $30\text{--}60^\circ$ angewinkeltem Knie mit Transducerposition von dorsal in der Fossa poplitea untersucht werden. Durch den ventrolateralen Verlauf des A.-tibialis-anterior-Abgangs aus der A. poplitea ist dieser – bei Beschallung von der Fossa poplitea aus – schallkopffern aus der A. poplitea abgehend dargestellt ([Abb. 2.3b](#) und [2.2](#)). Ihr Abgang variiert von relativ kranial bei kurzem P3-Segment bis sehr kaudal bei längerem P3-Segment oder gemeinsamem Abgang aller drei Unterschenkelarterien (ca. 4 % der Fälle) in einer Trifurkation (Lippert u. Pabst 1985). Nach Durchtritt durch die Membrana interossea wird die A. tibialis anterior von ventrolateral im Längsschnitt nach distal verfolgt.

Die Aufteilung des unterschiedlich langen (je nach Abgangshöhe der A. tibialis anterior 0–6 cm lang) Truncus tibiofibularis in **A. tibialis posterior** und **A. fibularis** wird im Querschnitt identifiziert. Die Gefäße werden im Längsschnitt nach distal kontinuierlich auf Stenosen oder Verschlussprozesse untersucht ([Abb. 2.5](#)). Bei Verlust des Gefäßes aus der Schallebene kann dieses durch Drehen des Transducers in den Querschnitt rasch wieder aufgefunden werden. Als Landmarken dienen Tibia und Fibula mit ihrer Schallausschöpfung. Als echoreiches Band kann die Fascia cruris profunda ebenfalls zur Orientierung dienen. Bei entsprechenden Schallbedingungen sind die Unterschenkelarterien bis zur Knöchelregion untersuchbar. Zur Zeitersparnis kann das Frequenzspektrum in der proximalen und distalen Unterschenkelarterie abgeleitet werden und bei gleichem Strömungsprofil und adäquater systolischer Spitzengeschwindigkeit ein hämodynamisch wirksamer Verschlussprozess dazwischen im Allgemeinen ausgeschlossen werden.

Bei schlechter farbduplexsonografischer Gefäßdarstellbarkeit auf adäquate Geräteeinstellung achten (wegen zu erwartender

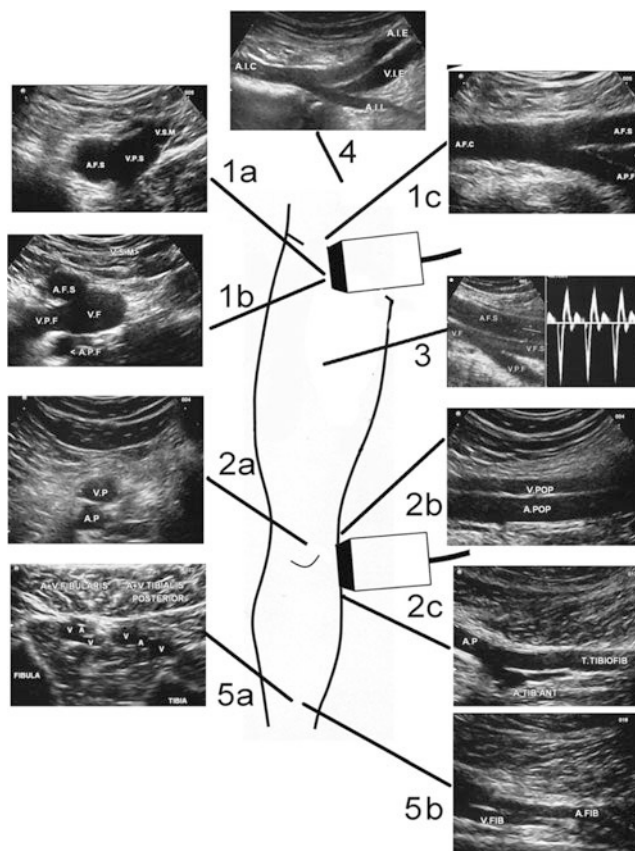


Abb. 2.4 Sonoanatomische bildliche Darstellung der primären Untersuchungspunkte in der Diagnostik der Beinarterien (links im Querschnitt zur Gefäßlokalisierung, rechts im Längsschnitt zur Gefäßbeurteilung und Stenosedagnostik mit Ableitung des Dopplerfrequenzspektrums) 1a und 1b in Leiste Femoralisbifurkation im Querschnitt. 1c Femoralisbifurkation im Längsschnitt 2a Fossa poplitea im Querschnitt 2b A. poplitea im Längsschnitt 2c Truncus tibiofibularis im Längsschnitt 3 A. femoralis superficialis im Längsschnitt 4 Iliakalbifurkation im Längsschnitt 5a Wade von dorsal im Querschnitt mit A. fibularis und A. tibialis posterior 5b Wade im Längsschnitt von dorsal mit A. und V. fibularis

langsamerer PSV, evtl. venöses Preset). Bei schwer darstellbarer Arterie infolge Verkalkung, Stenose oder Verschluss sollten Begleitvenen als Leitstruktur genutzt werden; weiterhin:

- Knochenreflexe von Fibula und Tibia sind die topografischen Leitstrukturen zur Identifikation der Unterschenkelgefäße, weiterhin die Membrana interossea und die Fascia cruris profunda ([Abb. 2.5b](#) und [2.6](#)).
- Durch Kompression der Fußsohle oder Knöchelregion lassen sich die Begleitvenen farbkodiert darstellen (A-sound), um die Leitarterien einfacher aufsuchen zu können.

Die A. dorsalis pedis am Fußrücken und die A. tibialis posterior dorsal des medialen Innenknöchels ([Abb. 2.6](#)) werden in Rückenlage mit hochfrequenten Schallköpfen (7,5–10 MHz) im Querschnitt aufgesucht und danach im Längsschnitt das Dopplerfrequenzspektrum abgeleitet. Von dort aus kann im Querschnitt der Verlauf der A. plantaris dargestellt und mit hochfrequenten Schallköpfen die Offenheit bis in die Interdigitalarterien überprüft werden.

■ **Tab. 2.1** Duplexsonografischer Untersuchungsablauf der Becken-Beinarterien (chronologisch, „step by step“) (■ Abb. 2.2, 2.3, 2.4 und 2.12)

Untersuchungsort	Untersuchungsmethode/Untersuchungsablauf	Untersuchungsziel, Diagnostik, Kriterien für pathologischen Befund
I Leiste	B-Bild: Querschnitt	Orientierung Gefäßverlauf, Lokalisation Profundaabgang, Gefäßwandbeurteilung
	B-Bild: Längsschnitt (Drehen auf der A. femoralis communis von Querschnitt in Längsschnitt)	(Plaque?) Darstellung der Femoralisgabel
	Farbduplexsonografie: a. Längsschnitt curved Transducer: nach kranial gekippt oder Linearschallkopf: beam steering nach cranial Sample volume in distaler A. iliaca externa/A. femoralis-communis-Übergang	Interpretation Dopplerfrequenzspektrum Seitenvergleich Ausschluss oder Anhalt für Beckenarterienstenosen (triphasisch/monophasisch) Indirekte Kriterien
	b. Längsschnitt Kippen Transducer nach kaudal oder beam steering nach kaudal Ableitung Dopplerfrequenzspektrum in A. profunda femoris und A. femoralis superficialis am Abgang	Stenoselokalisierung und -graduierung in Femoralisbifurkation (■ Abb. 2.19) Frage Profundaabgangsstenose, PSV > 180 cm/s
	c. Längsschnitt (bei Verdacht auf A. femoralis-communis-Stenose): Eventuell kontinuierliche Untersuchung A. femoralis communis: Parallelverschieben des kaudal gekippten Schallkopfs zum Leistenband mit Ableitung des Dopplerfrequenzspektrum kontinuierlich	Stenose/Verschlussdiagnostik Stenoselokalisierung Stenosegraduierung Nachweis Femoralis-communis-Stenose PSV > 180 cm/s bzw. PSV-Ratio (■ Abb. 2.17)
Fakultativ befundabhängig Becken (Iliakalarterien im Verlauf)	Bei pathologischem Dopplerfrequenzspektrum in A. femoralis communis monophasisch oder reduzierte Pulsatilität, im Seitenvergleich reduzierte PSV: Kontinuierliche farbduplexsonografische Untersuchung (3,5- bis 5-MHz-Transducer) Beckenarterien im Gefäßlängsschnitt	Stenose/Verschlussdiagnostik Stenoselokalisierung Stenosegraduierung Farbduplexsonografisch und Dopplerfrequenzspektrum: Stenosekriterium: PSV-Ratio > 2/> 4 Bifurkation PSV > 180 cm/s (■ Abb. 2.12)
II Kniekehle (Fossa poplitea)	B-Bild: Querschnitt	Aufsuchen A. poplitea, Beurteilung von Gefäßwand und perivaskulären Strukturen; Frage nichtarteriosklerotische Gefäßerkrankung, Aneurysma?
	Längsschnitt	Orientierung Gefäßverlauf, perivaskuläre Strukturen, Gefäßwandbeurteilung (nichtarteriosklerotische Gefäßerkrankung, Aneurysma?)
	(Farb)duplexsonografie: a. Längsschnitt: curved array: Kippen des Schallkopfs nach kranial Linearschallkopf: Beam steering nach kranial	Beurteilung Dopplerfrequenzspektrum, Frage indirekte Kriterien für Stenose/Verschluss in A. femoralis superficialis (triphasisch/monophasisch) Vergleich Dopplerfrequenzspektrum proximale A. femoralis superficialis und proximale A. poplitea
	b. Längsschnitt: curved array: Kippen des Transducers nach kaudal Linearschallkopf: Beam steering nach kaudal	Poplitealarterienstenose? Beurteilung Dopplerfrequenzspektrum: monophasisch, im Seitenvergleich reduzierter PSV
	c. Evtl. Mapping der A. poplitea bei pathologischem Dopplerfrequenzspektrum in distaler A. poplitea	Stenose/Verschlussdiagnostik A. poplitea-Stenose: PSV-Ratio > 2 => 50 %ige Stenose PSV-Ratio > 4 => 75 %ige Stenose
Fakultativ befundabhängig Oberschenkel Femoralarterie im Verlauf	Bei reduzierter Pulsatilität in A. poplitea (→ monophasisch) oder einseitiger Reduktion der PSV: Kontinuierliche Untersuchung der A. femoralis superficialis (Längsschnitt) durch Parallelverschiebung des Transducers (abgewinkeltes Beam steering oder Kippen des Curved-Schallkopfs (evtl. Farbduplexsonografie) mit kontinuierlichem Ableiten des Dopplerfrequenzspektrums	Stenosekriterien (► Abschn. 1.2.3): PSV-Ratio > 2 => 50 %ige Stenose PSV-Ratio > 4 => 75 %ige Stenose (■ Abb. 2.14 und 2.20) evtl. Verschlusslängenbestimmung (farbduplexsonografisch) (■ Abb. 2.25)

■ Tab. 2.1 (Fortsetzung)

Untersuchungsort	Untersuchungsmethode/Untersuchungsablauf	Untersuchungsziel, Diagnostik, Kriterien für pathologischen Befund
III Unterschenkel	B-Bild: Querschnitt	Gefäßlokalisierung
Bei AVK III und IV und therapeutischer Relevanz: A. tibialis anterior und posterior in Knöchelhöhe	Duplexsonografie: Längsschnitt A tibialis anterior und posterior punktuell distal	Ableitung Dopplerfrequenzspektrum, indirekte Kriterien Spektralanalyse: postokklusiv
Evtl. Unterschenkelarterien im Verlauf bei klinischer Relevanz	(Farb)duplexsonografie: Bei pathologischem Dopplerfrequenzspektrum und klinischer Relevanz: Kontinuierliche Untersuchung der Unterschenkelarterien Querschnitt: Gefäßlokalisierung Längsschnitt: Stenosedagnostik farbduplexsonografisch und mit Ableitung des Dopplerfrequenzspektrums	Stenose/Verschlussdiagnostik Stenoselokalisierung Stenosegraduierung Stenosekriterien: PSV-Ratio > 2/> 4 im Gefäßverlauf (■ Abb. 2.22) Suche nach Anschlusssegment für kruralen Bypass

■ Tab. 2.2 Diagnostisches Stufendiagramm bei AVK (pointiert)

	Fragestellung	Entscheidungskriterien
I	Muss etwas gemacht werden?	Klinik! Duplexsonografie? Keine Angiografie (obsolet)
II	Was muss gemacht werden?	(Farb-)Duplexsonografie (konservativ z. B. Gehtraining, PTA oder Bypassoperation) Keine Angiografie (obsolet)
III	Wie muss es gemacht werden?	Angiografie mit PTA MR-/CT-Angiografie, oder Duplexsonografie (evtl. CEUS) zur Festlegung des kruralen Bypassanschlusssegments Ergänzend invasive Untersuchungsmethoden (Angiografie) indiziert

Ad I: Ist die pAVK überhaupt Ursache der Schmerzsymptomatik: Klinik, Pulsstatus, Dopplerverschlussdruck (hohe Validität bezüglich Diagnose AVK). Therapeutisches Vorgehen bei pAVK ausschließlich abhängig von der klinischen Notwendigkeit (Beschwerdebild).

Ad II: Farbduplexsonografie zur Festlegung der Etage der Obstruktion (Becken-/Oberschenkel-/Unterschenkeletage). Festlegen des therapeutischen Procederes, abhängig von klinischer Notwendigkeit und möglicher Therapieoption bzw. (mittel- und langfristiger) Prognose der Therapieoption. Verschlusslängenbestimmung mit Entscheidung PTA-Versuch oder Bypass. Bei Becken- oder Oberschenkelverschlüssen Indikation zur Bypassimplantation und Auswahl des Anschlusssegments aufgrund Duplexsonografiediagnostik.

Ad III: Gezielte Angiografie mit PTA ohne vorausgehende rein diagnostische Angiografie. Festlegung des kruralen Anschlusssegments bei Mehr-etagenobstruktionen oder Poplitea- und kruralen Obstruktionen mittels Angiografie oder spezieller Kernspinangiografie. Bei Auswahl von pedalem Bypasssegment Kombination von Farbduplexsonografie und Angiografie oder Kernspintomografie. In Stufendiagnostik kein weiterer diagnostischer (invasiver, kostspieliger) Schritt ohne therapeutische Relevanz.

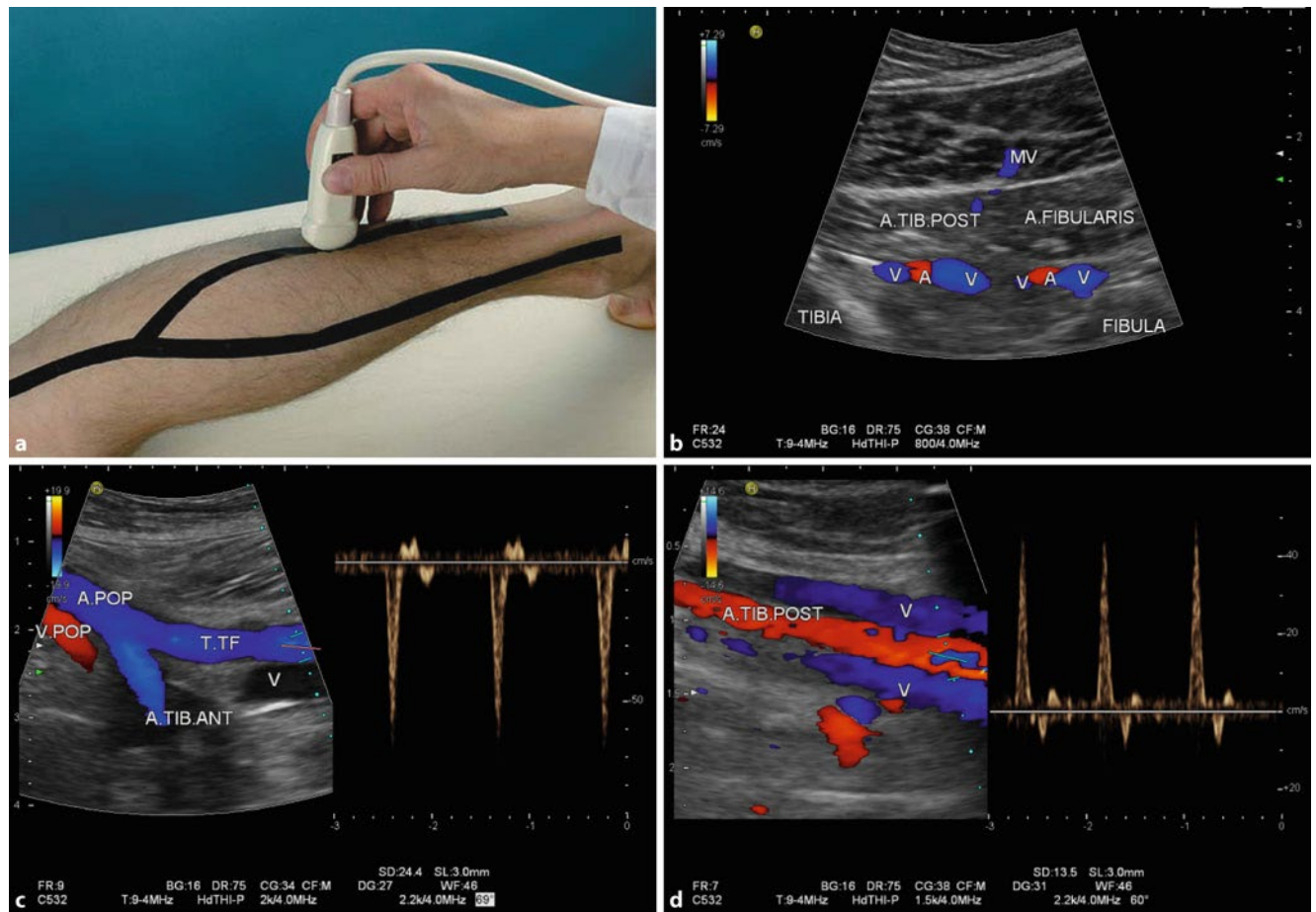
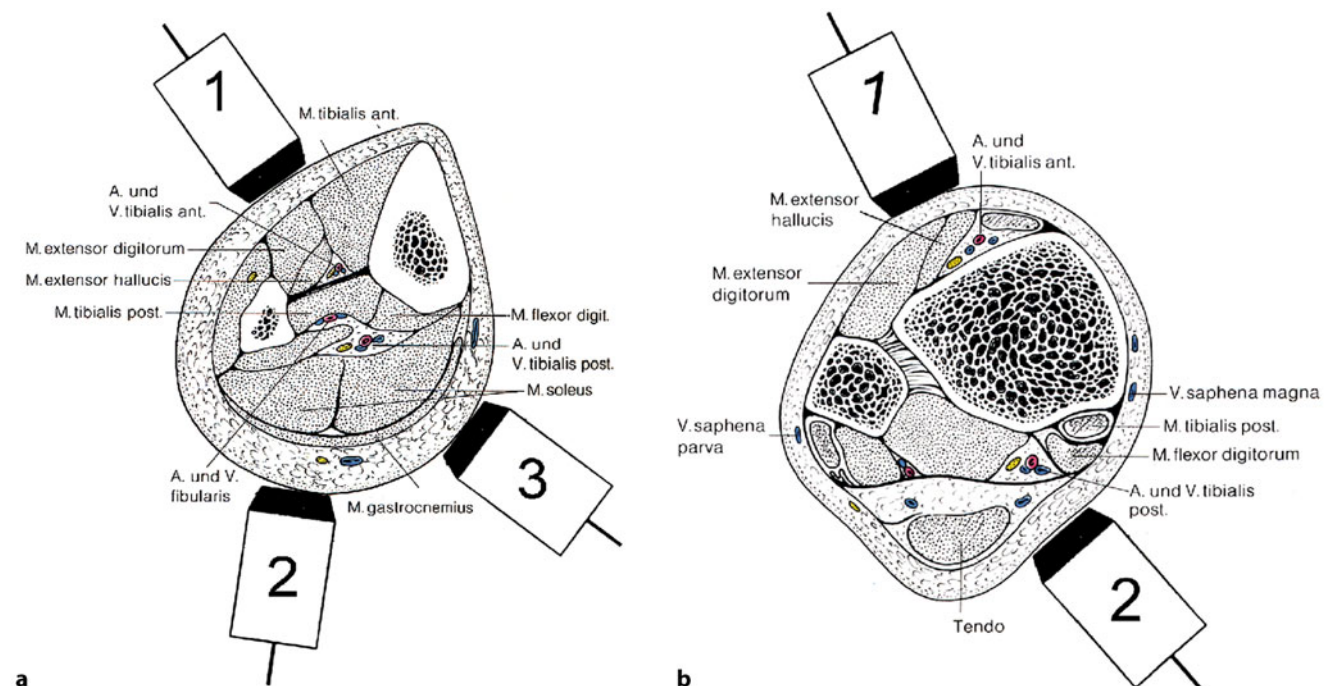


Abb. 2.5a–d **a** Schallkopfpositionierung bei Untersuchung von A. fibularis und A. tibialis posterior (Verlauf markiert). **b** Sonoanatomie von A. tibialis posterior (links, dorsal der Tibia, rotkodiert, A.TIB.POST) und der A. fibularis (rechts, medial der Fibula) mit paarigen Begleitvenen (V, blaukodiert); Verlauf in einer dünnen, etwas echoreicheren Bandstruktur, der Fascia cruris profunda ventral der Soleusmuskulatur. Transducerposition von dorsal. **c** Abgang der A. tibialis anterior (A.TIB.ANT) und des Truncus tibiofibularis (T.TF) aus der A. poplitea (A.POP), Transducer von dorsal (Fossa poplitea). **d** A. tibialis posterior (A.TIB.POST) Mitte Unterschenkel begleitet von den paarigen Venen (V)



<http://www.springer.com/978-3-662-47431-0>

Ultraschall in der Gefäßdiagnostik

Therapieorientierter Leitfaden und Atlas

Schäberle, W.

2016, XXII, 535 S. 1075 Abb., 575 Abb. in Farbe.,

Hardcover

ISBN: 978-3-662-47431-0