

Duplexsonographie der Armgefäße bei Dialysepatienten

N18.5 Chronische Nierenkrankheit, Stadium 5
Inkl.: Dialysepflichtige chronische Niereninsuffizienz
Glomeruläre Filtrationsrate unter 15 ml/min/1,73 m² Körperoberfläche
Terminale Niereninsuffizienz

Indikationen

- Gefäßstatus der Arterien und Armvenen vor Shuntanlage
- postoperative Kontrolle (Hämatom, Serom, Shuntfluss)
- Langzeitverlauf (Surveillance)

Voraussetzungen keine

Position Rückenlage oder im Sitzen

Geräteeinstellungen

- Linearschallkopf 5 – 12 MHz
- Untersuchungstyp: vascular/ arterial/ venous UE, upper extremity

Eine terminale Niereninsuffizienz erleiden etwa 175 Personen auf 100 000 Einwohner in Deutschland. Neben der Organtransplantation kommt den Nierenersatzverfahren die Hauptbedeutung in der Therapie der Niereninsuffizienz zu.

Etwa 70 000 Patienten werden derzeit in Deutschland mittels Hämodialyse (HD) behandelt. Voraussetzung ist ein Gefäßzugang, der als kleiner gefäßchirurgischer Eingriff zur Herstellung einer arterio-venösen Fistel erfolgt.

Die primäre Shuntanlage erfolgt am nicht-dominanten Arm (beim Rechtshänder also links und umgekehrt).

Die handgelenksnahe Fistel zwischen A. radialis und V. cephalica (RCAVF, radio-cephale av-Fistel) gilt als erste Option.

Bis zur Reifung und Punktionsfähigkeit oder in Akutsituationen erfolgt die Dialysetherapie über spezielle Kathetersysteme (Demers-, Quinton- und Shaldonkatheter).

Fisteln mit nativen Gefäßen wird gegenüber Fisteln mit Prothesen der Vorzug gegeben, da diese eine deutlich bessere Langzeitprognose haben.

Stenosen der Arterien sind selten. Meist handelt es sich um abgangsnahen Stenosen der A. subclavia, die häufiger links als rechts anzutreffen sind.

Eine orientierende Blutdruckmessung an beiden Oberarmen ist hier bereits hilfreich. Eine Seitendifferenz über 20 mm Hg deutet auf eine vorgeschaltete Stenose hin.

Grundsätzlich werden beim Ultraschall alle Gefäße in Längs- und Querachse dargestellt.

Längsachse: Beurteilung von Gefäßverengungen (Plaquemorphologie, Stenoseberechnung), Messung der Flussvolumina

Querachse: Messung der Durchmesser

Die nachfolgenden Ultraschallbilder sind überwiegend von der linken Seite abgeleitet.

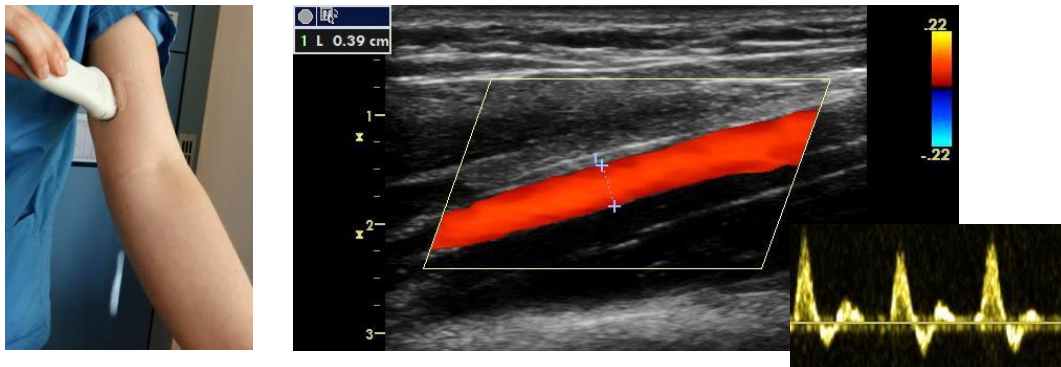
1 Prüfen des arteriellen Einstroms

Darstellen der A. brachialis am Oberarm, der Arterienaufzweigung am proximalen Unterarm, der A. radialis und ulnaris am Unterarm.

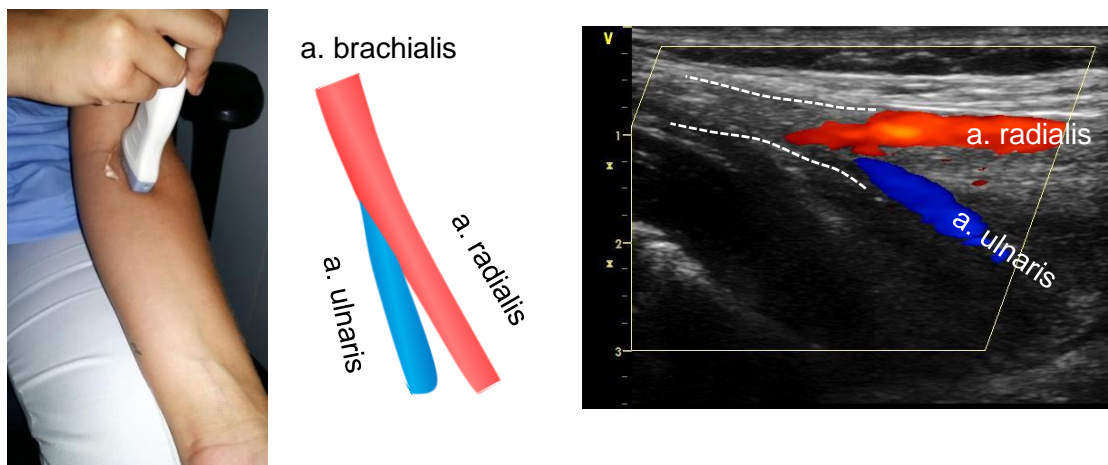
Grundsätzlich wäre die gesamte arterielle Strecke mit Beginn in der Arteria subclavia darzustellen. Für klinische Zwecke hat es sich bewährt mit der Arteria brachialis zu beginnen und hier das Frequenzspektrum abzuleiten. Zeigt sich ein triphasischer Kurvenverlauf kann man davon ausgehen, dass die vorgeschaltete Strecke keine hämodynamisch wirksamen Stenosen aufweist.

A. brachialis (Oberarm):

- Aufsuchen der Arterie am mittleren Oberarm, medialseitig.
- Darstellung im B-Bild, Einschalten des Farbmodus (color) und Ableiten der Spektralkurve (PW-Modus).
- Im Normalfall erwartet man ein triphasisches Flussignal.
- Bestimmen des Gefäßdurchmessers (durchflossenes Lumen) in Längsachse.



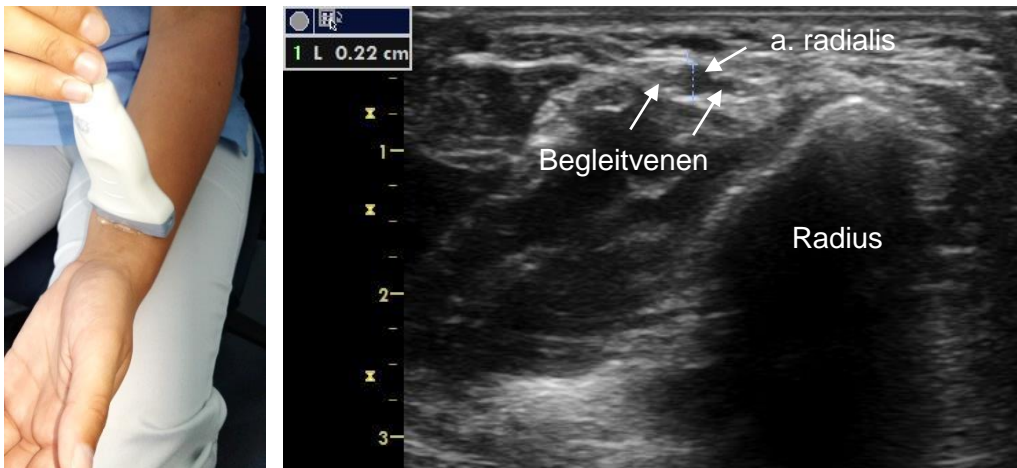
Aufzweigung an der Ellenbeuge in A. radialis und A. ulnaris:



Schema und Farbduplex zeigen die Gefäßanatomie. Die a. ulnaris ist blau kodiert, da hier der Fluss von der Sonde weg gerichtet ist.

Eine sichere Unterscheidung zwischen Ulnar- und Radialarterie gelingt mit dem Triggermanöver: die rasche Kompression der Radialarterie am Handgelenk erzeugt typische Triggerzacken in der Spektralkurve.

A. radialis linker Unterarm:



Durchmesserbestimmung im B-Bild

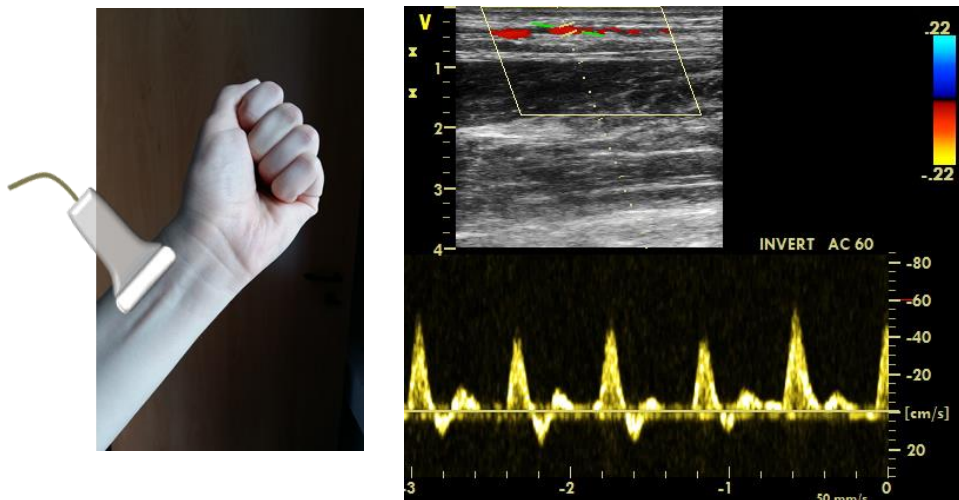
Der Durchmesser der (meist) verwendeten Radialarterie spielt eine wichtige Rolle für das funktionelle Ergebnis nach Unterarmshuntanlage. Ein Arterien­durchmesser von 2 mm oder mehr garantiert eine primäre Offenheitsrate von > 80% nach einem Jahr. Trotzdem ist mit einer Versagerquote von etwa 8% in der frühen postoperativen Phase zu rechnen. Kleinere Durchmesser führen zu deutlich schlechteren Ergebnissen.

Hyperämie-Test

Dieser Test dient der Prüfung, ob die Arterie nach Shuntanlage den erforderlichen hohen Fluss aufrechterhalten kann.

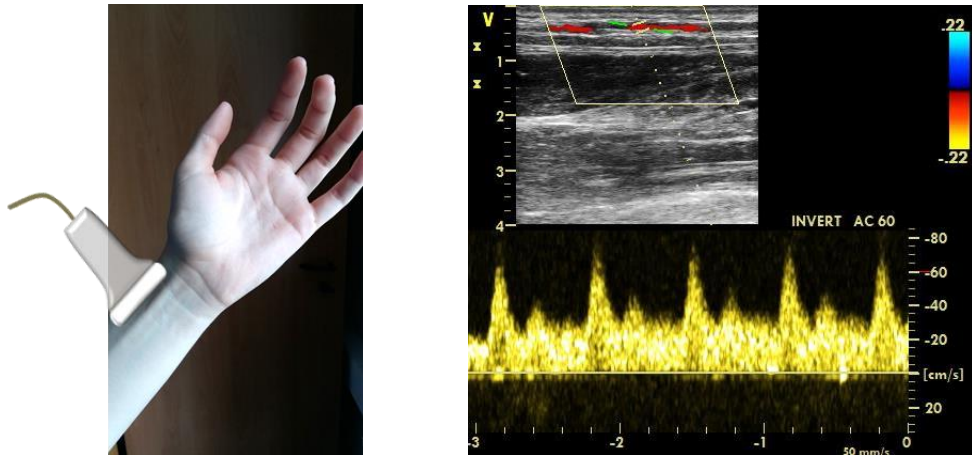
Er stellt damit einen wichtigen prognostischen Faktor bezüglich der Fistelreifung dar.

1. Ableiten des Frequenzspektrums über der A. radialis. Es wird ein Faustschluss über 2 Minuten durchgeführt und damit eine Ischämie erzeugt.



Man sieht hier ein triphasisches Spektrum einer gesunden peripheren Arterie unter Faustschluss.

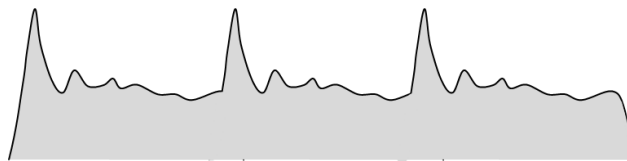
2. Öffnen der Faust und Ableiten des Spektrums.



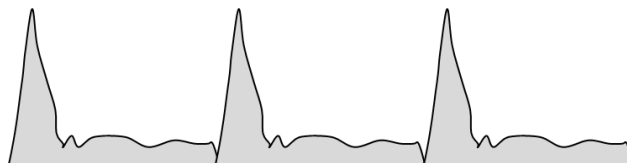
Nach Öffnen der Faust tritt über einige Sekunden das deutlich über der Nulllinie gelegene Frequenzspektrum auf, was für eine gute Reaktivität der Arterie spricht. Aufgrund der vorausgegangenen Ischämie (Faustschluss) tritt eine kurzfristige Hyperämie der Hand mit Absenken des peripheren Widerstands auf.

Ein nur minimal über der Nulllinie gelegenes Spektrum spricht für eine ungenügende arterielle Dehnbarkeit und bedeutet, dass nach Shuntanlage eine mangelhafte Füllung in die Shuntvene stattfinden wird. Es ist dann mit einer verlangsamt oder sogar ungenügenden Shuntentwicklung zu rechnen.

Gegenüberstellung der Flusspektren im Hyperämietest:



Arterie mit
regelrechter Reaktion



Arterie mit
ungenügender Reaktion

Resistive Index RI

Prognostisch wichtig für die Shuntfunktion ist die Bestimmung des RI-Wertes. Dieser wird in der speisenden Arterie (z.B. a. radialis, a. brachialis) sowohl unter Normalbedingungen wie auch unter Hyperämietest gemessen.

Die Berechnung erfolgt automatisch durch die Gerätesoftware nach folgender Formel:

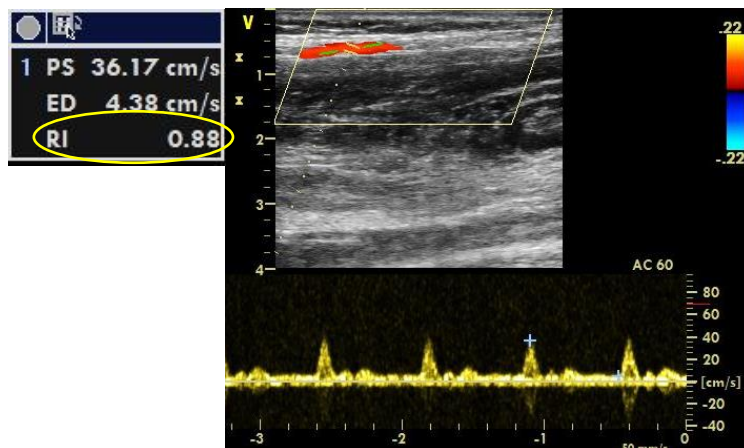
$$RI = (\text{peak systolic velocity} - \text{end diastolic velocity}) / \text{peak systolic velocity}$$

Praktisches Vorgehen:

- Längsdarstellen der a. radialis im Farbbild (Color-Knopf)
- Einblenden des Dopplerspektrums (PW-Knopf)
- Automatische Berechnung und Anzeige von
 - Systolischer Maximalgeschwindigkeit (PS oder PSV)
 - Enddiastolischer Geschwindigkeit (ED oder EDV)
 - Resistive Index (RI)

Ein RI-Wert von $> 0,7$ zeigt eine ungenügende Antwort auf Ischämie und weist auf ein mögliches Shuntversagen (Wochen nach Anlage) hin.

Frequenzspektrum und RI-Berechnung:



Die obige Abbildung zeigt ein regelrechtes Spektrum und regelrechte Messwerte unter Ruhebedingungen.

Ein Spektrum der abgebildeten Form nach Ischämietest wäre als pathologisch einzustufen.

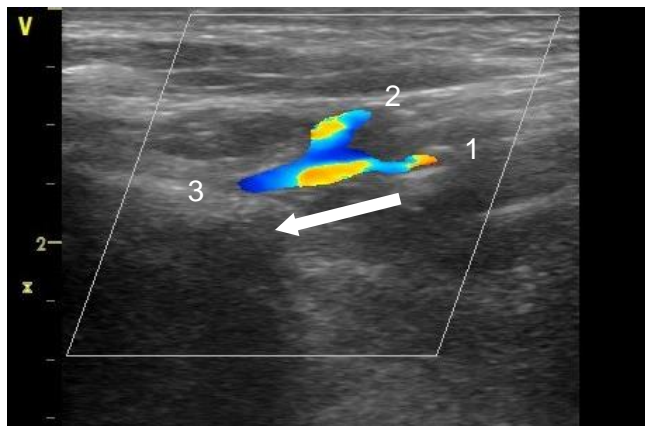
② Prüfen des venösen Abstroms

Untersucht werden die tiefen und oberflächlichen Venen.

Die Untersuchung der zentralen tiefen Venen ist wichtig, um Stenosen oder Verschlüsse auszuschließen. Häufig haben nierenkranke Patienten zentrale Venenkatheter, Dialysekatheter oder Schrittmacher-Elektroden über proximale venöse Gefäße erhalten.

Die Untersuchung der oberflächlichen Venen dient vor allem der Beurteilung des venösen Durchmessers, um Shuntinsuffizienzen vorzubeugen.

Sondenposition und Duplexbild zeigen die Region der Mohrenheim-Grube links:

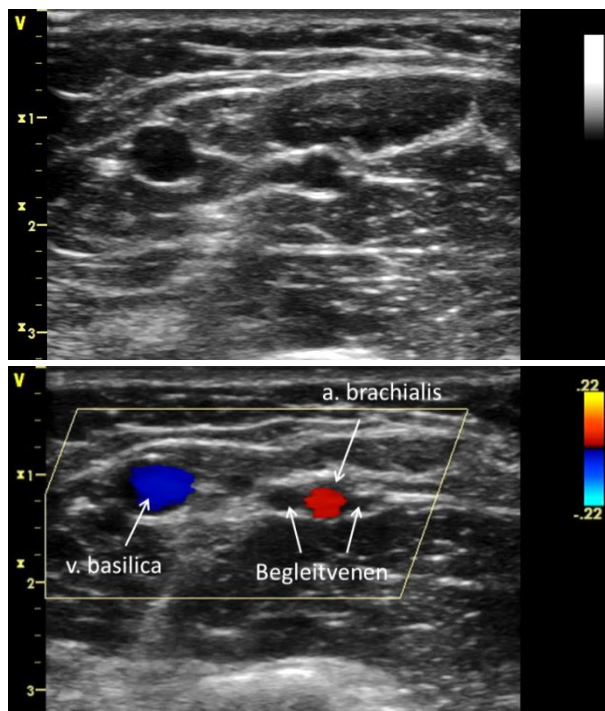


- 1 = v. subclavia vom Arm
- 2 = v. cephalica vom Arm
- 3 = v. subclavia zur linken
v. brachiocephalica

Vena basilica (Oberarm, Querachse):

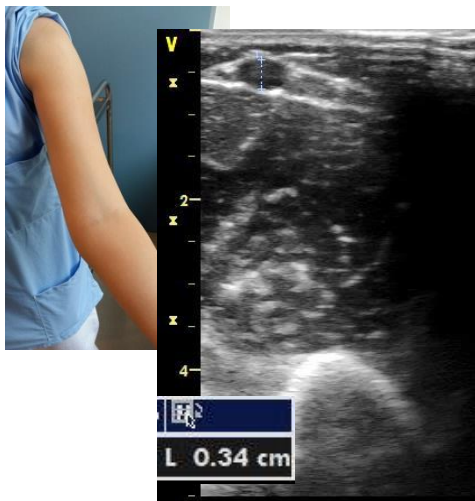


Sondenposition mit
Marker nach rechts

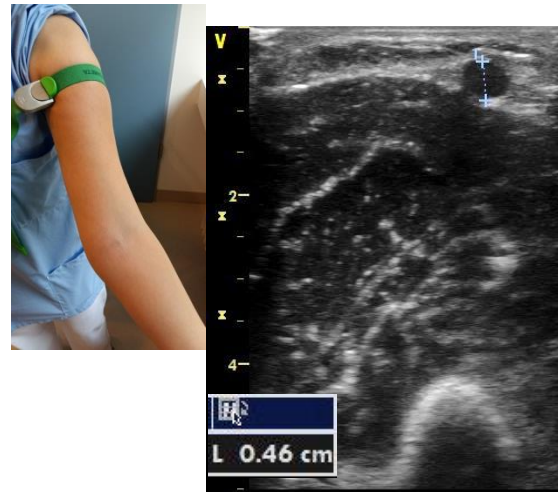


Vena cephalica (Oberarm, Querachse):

Durchmesserbestimmung



ohne Stauung = 3,4 mm



mit Stauung = 4,6 mm

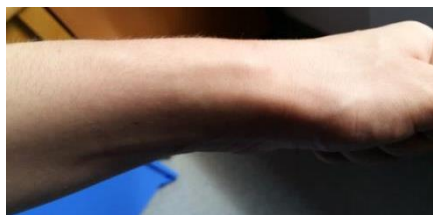
Venendurchmesser

Die Venenmessung unterliegt deutlichen Schwankungen, abhängig vom Kreislaufzustand des Patienten und dem Auflagedruck durch den Schallkopf. Unter Stauungsbedingungen werden diese Faktoren weitestgehend eliminiert.

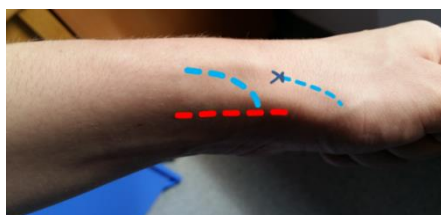
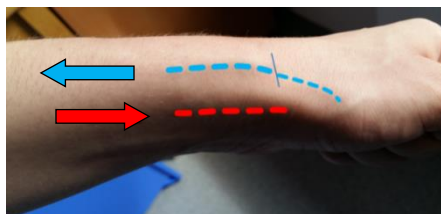
Als prognostisch günstig haben sich folgende venösen Durchmesser erwiesen:

Unterarmvenen	> 2 mm (nach Stauung)
Oberarmvenen	> 3 mm (nach Stauung)
Prothesenshunt	> 4 mm (nach Stauung)

Planung eines Unterarm-Shunts

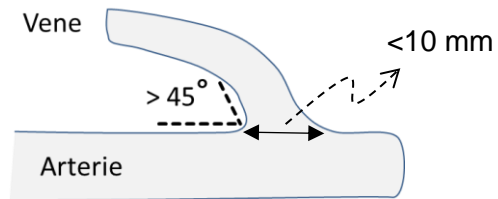


Oberflächenanatomie



Anastomose zwischen A. radialis und V. cephalica. Ein einmündender venöser Ast wird ligiert und abgetrennt.

Um Mangel durchblutungen (DASS, dialyse-assoziiertes Steal Syndrom) der Hand zu vermeiden, sollte die arterielle Inzision weniger als 10 mm betragen. Dies gilt vor allem bei Anlagen von Prothesenshunts.
 Der Anastomosenwinkel Vene zu Arterie sollte über 45° sein, um Intimahyperplasien und spätere Stenosen zu minimieren.



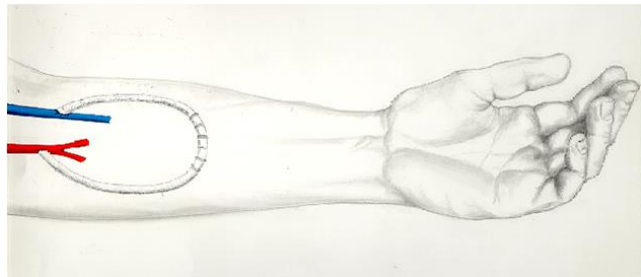
Die primären Offenheitsraten liegen nach:

	<u>1 Jahr</u>	<u>2 Jahren</u>
arterio-venöser Fistel (Ciminoshunt)	90%	85%
Prothesenshunt	60%	45%

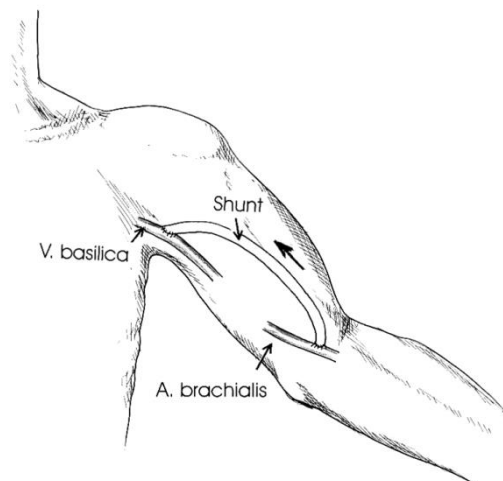
Internet: http://www.dialyseshunt.com/Media/Images/Leitlinien_2009.pdf

Schemata eines

- Prothesenshunts am Unterarm (PTFE Loop):



- Prothesenshunts am Oberarm (PTFE Straight graft):



③ Postoperative Messung des Flussvolumens (generelles Vorgehen)

Folgende Größen werden benötigt:

1. Die über die Zeit gemittelte Flussgeschwindigkeit (time averaged mean velocity, TAMV)
2. Die durchflossene Gefäßfläche (area A = Radius x Radius x π)
3. Umrechnungsfaktor 60 (1 Minute = 60 Sekunden)

Berechnungsformel (diese ist in der Gerätesoftware integriert):

$$\text{TAMV (in cm/sec)} \times \text{Fläche A (in cm}^2\text{)} \times 60 = \text{Flussvolumen in ml / min}$$

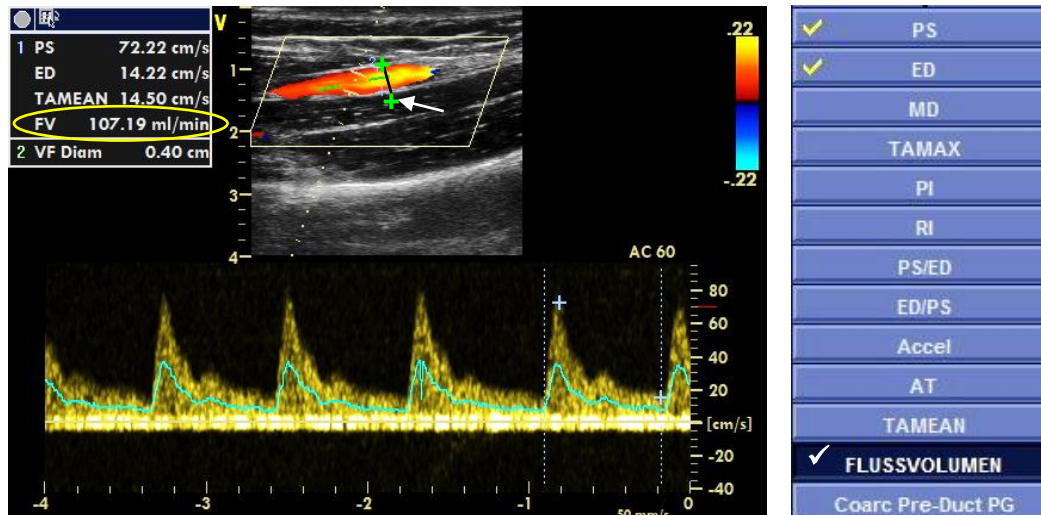
Praktisches Vorgehen:

Die Messungen erfolgen in

- der speisenden Arterie
- der Anastomenregion
- in der abführenden Vene

- Längsdarstellung des Gefäßes im Farbmodus (Color-Knopf).
- Ableiten des Frequenzspektrums (PW-Knopf).
- Einfrieren des Bildes (Freeze Knopf)
- Das Gerät ermittelt die gemittelte Flussgeschwindigkeit und trägt diese fortlaufend in die Spektralkurve ein.
[Je nach Gerätetyp wird im Fenster für Berechnungen (hier im Beispiel: Vivid S5 der Firma GE) das Menü „Flussvolumen“ angeklickt].
- Ausmessen (Caliper Taste) des Gefäßdiameters (Pfeil).
- Danach erfolgt automatisch die Berechnung des Flussvolumens (FV).

Hier im Beispiel ist die Messung in einer gesunden A. brachialis gezeigt:



Niedrige Flussraten gehen häufig mit Shuntverschlüssen einher und sind daher für die Shuntprognose als schlecht einzustufen.

- als kritisch niedrig gelten: < 300 ml/min. für Shunts mit nativen Gefäßen
< 600 ml/min. für Prothesenshunts

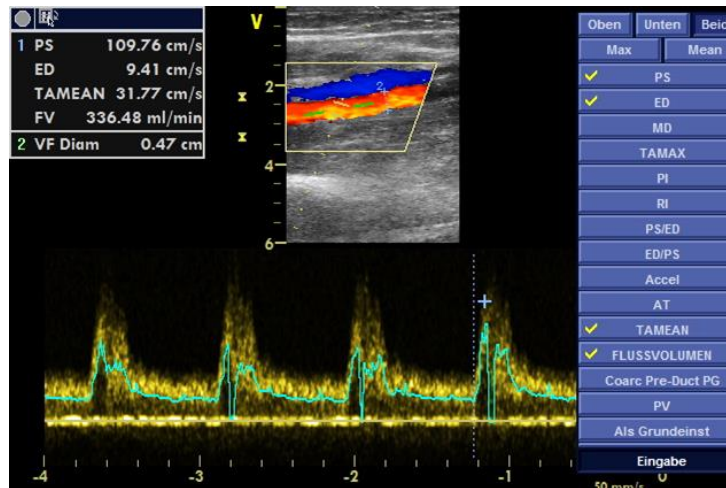
Hohe Flüsse sind bei zu weiter Anastomose zu erwarten, stellen eine Belastung des Herzens dar und sind somit als kardiales Risiko einzustufen.

- als „high flow“ gelten Flüsse > 800 ml/min. für Shunts mit Nativgefäßen
> 1200 ml/min. für Prothesenshunts
- als kritisch hoch gelten Flüsse > 2000 ml/min. im Anastomosenbereich.

④ Klinische Beispiele

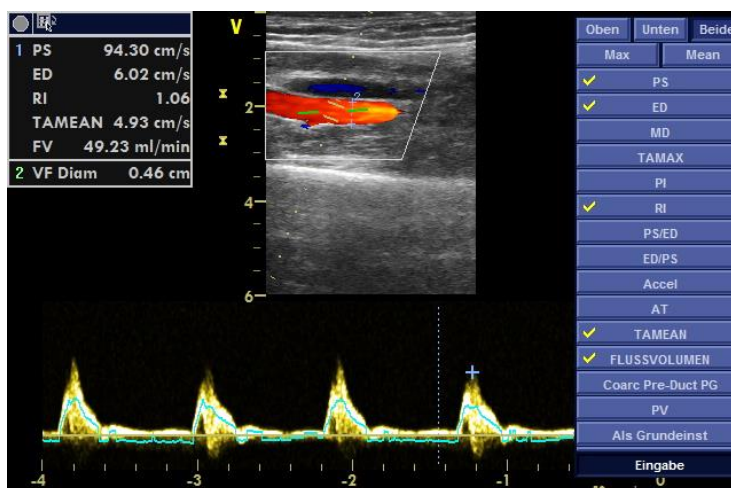
- Bei dem folgenden Beispiel handelt es sich um einen Dialysepatienten am ersten postoperativen Tag, bei dem eine **brachio-cephalica Fistel** im Bereich des rechten Ellenbogens angelegt wurde. Messungen des Volumenflusses in der zuführenden Shuntarterie (A. brachialis), eine Vergleichsmessung der kontralateralen A. brachialis links und direkt im Anastomosenbereich werden dargestellt.

Messwerte a. brachialis rechts (Shuntarm):



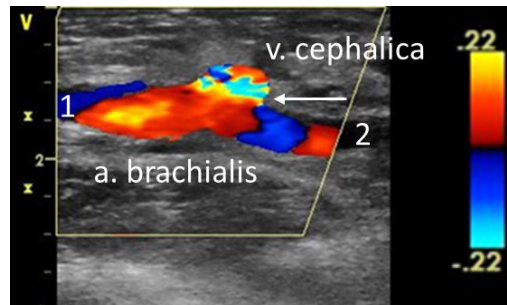
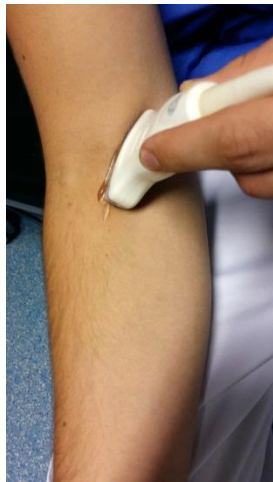
Durchmesser a. brachialis: 4,7 mm
 Spektralkurve: hoher diastolischer Fluss (weit über der Nulllinie)
 TAMEan (hellblaue Linie): 31,77 cm/sec (time averaged mean velocity)
 FV: 336,48 ml/min (flow volume)

Messwerte a. brachialis links (im Vergleich):



Durchmesser a. brachialis: 4,6 mm
 Spektralkurve: niedriger diastolischer Fluss (in Höhe der Nulllinie)
 TAMEan (hellblaue Linie): 4,93 cm/sec (time averaged mean velocity)
 FV: 49,23 ml/min (flow volume)

Anastomosenbereich einer brachio-cephalica Fistel rechts:
(mit regelrechten Strömungsverhältnissen)

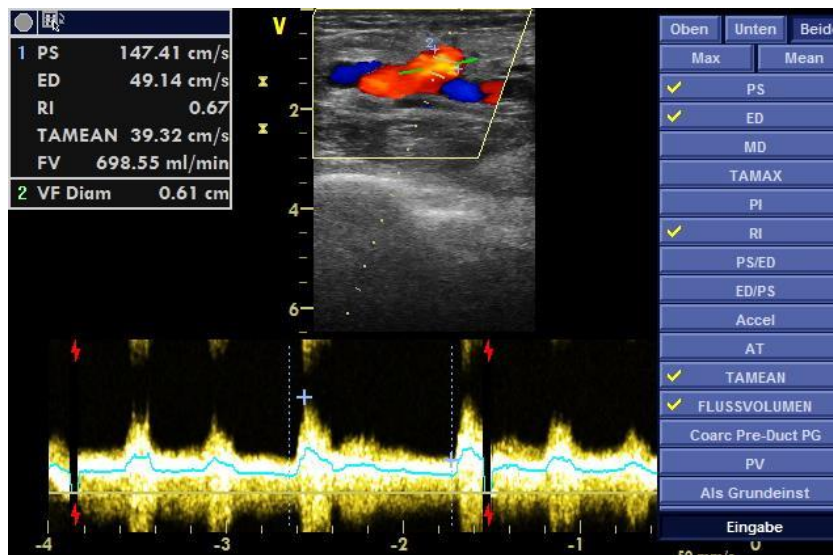


1. Inflow
2. Abfluss zum Unterarm

Das Farbduplexbild zeigt im Bereich der Anastomose (Pfeil) einen Farbwechsel von rot nach blau über eine weiße Linie, was auf ein Aliasing hinweist. Die verwendete Abtastrate (Farbbalken) mit 22 cm/s ist für den hier herrschenden schnellen Blutfluss zu gering.

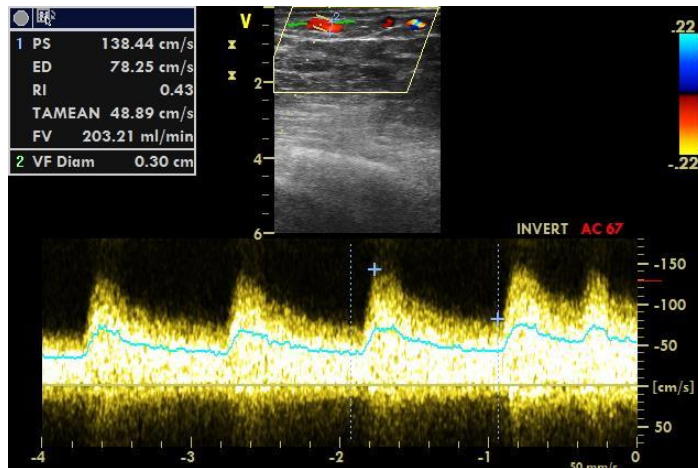
Der Farbwechsel von blau nach rot (Inflow-Bereich 1) und der Wechsel von rot nach blau (Abflussbereich 2) findet über eine schwarze Linie statt. Hier liegt ein scheinbarer „Richtungswechsel“ der Blutströmung vor, bedingt durch senkrechte Sondenposition zur Gefäßachse.

Messwerte Anastomosenbereich (brachio-cephalica Fistel) rechts:



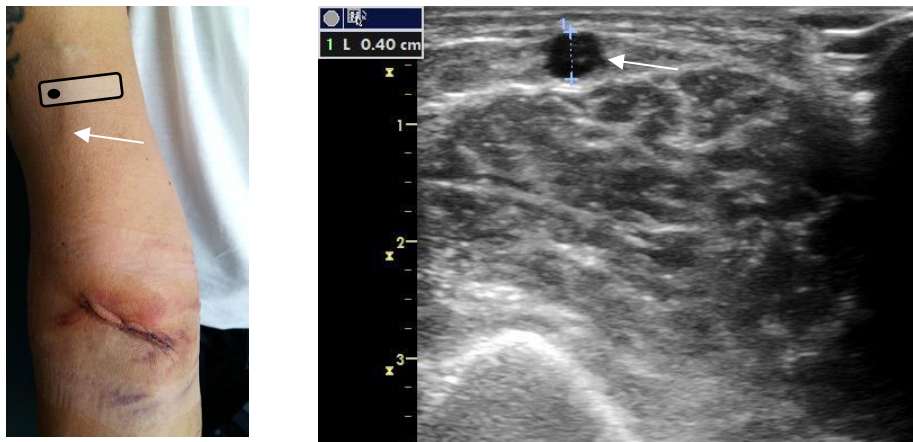
Durchmesser v. cephalica: 4,6 mm
TAMEan (hellblaue Linie): 39,32 cm/sec (time averaged mean velocity)
FV: 698,55 ml/min (flow volume)

Messwerte Shuntvene (v. cephalica, mittlerer Oberarm, Längsachse) rechts:



Spektralkurve: hoher diastolischer Fluss (weit über der Nulllinie)
 PS hohe Maximalgeschwindigkeit (peak systolic)
 TAMEAN (hellblaue Linie): 48,89 cm/sec (time averaged mean velocity)
 FV: 203,21 ml/min (flow volume)

2. Die postoperative Kontrolle erfasst neben der Messung von Flussvolumina den sonographisch leicht zu bestimmenden Durchmesser der abführenden Venen. Hier am Beispiel einer **brachio-cephalica Fistel** in Höhe **der Ellenbeuge** rechts:



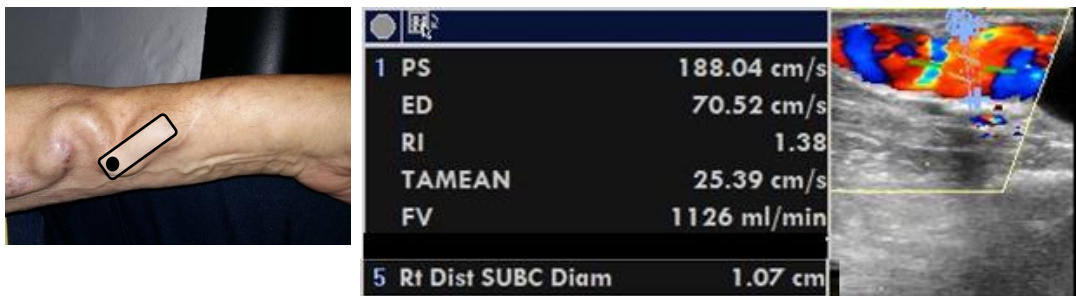
Die Operationswunde der Ellenbeuge ist noch frisch (4 Tage post-op.)
 Die Vene (Pfeil) am Oberarm ist gut zu tasten und schwirrt gut.
 Im B-Bild wird der Durchmesser bestimmt. Hier sind es 4 mm. Bis zum punktionsfähigen Shunt in etwa 6 Wochen sollte er möglichst 5-6 mm betragen.

3. Patient mit **Cephalica-Unterarmshunt** links.
 Man sieht die aneurysmatisch vergrößerte und geschlängelte v. cephalica.
 Der Shunt ist ca. 3 Jahre alt und funktioniert gut.



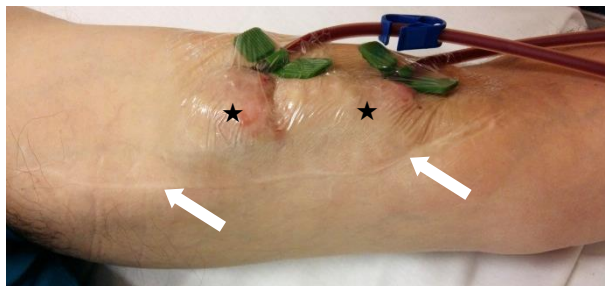
Der Querdurchmesser beträgt etwa 12 mm.
 Im Farbduplex sind infolge schneller
 Strömung gelbe und hellblaue Anteile
 (= Aliasing) und infolge des senkrechten
 Schallwinkels ein Richtungswechsel
 (von rot nach blau) zu sehen.

Flussmessung:



Die anastomosennahe Shuntvene wird in Längsrichtung geschallt. Nach Aufrufen des Dopplerspektrums (PW-Knopf) und einfrieren des Bildes wird der Querdurchmesser bestimmt (Diam. 1,07 cm). Das Gerät berechnet automatisch das Flussvolumen, welches 1126 ml/min. beträgt.

4. Patient mit **Basilica-Oberarmshunt** links unter Hämodialyse. Die Shuntvene ist nach 5 Jahren aneurysmatisch an zwei Stellen (Sternchen) verändert.



Man sieht eine lange reizlose Oberarmnarbe (weisse Pfeile), die durch die operative Vorverlagerung der V. basilica bedingt ist. Diese Maßnahme ist bei Verwendung der V. basilica erforderlich, da die Vene keinen oberflächlichen Verlauf hat.

5 Shuntstenose

Stenosen entwickeln sich meist in den abführenden Shuntvenen.

Sie entstehen

1. infolge einer Intimahyperplasie direkt im venösen Abgangsbereich oder etwas distal.
2. als Folge ständiger Punktionen entlang der Venenstrecke.

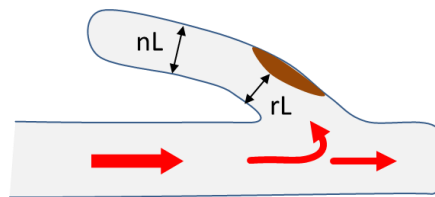
Mittels Duplexsonographie lassen sie sich morphologisch und hämodynamisch beurteilen.

Vermessung des Stenosegrades

Die Messungen erfolgen an der engsten Stelle (rL, residuales Lumen) und im normalen Lumen (nL), meist stromabwärts der Stenose. Wenn möglich sollten die Gefäßwände hier parallel verlaufen.

Beide Messwerte werden in die unten angegebene Formel eingetragen woraus sich die Stenose in Prozent berechnen lässt.

$$\text{Formel: } \frac{nL - rL}{nL} \times 100 = \% \text{ Stenose}$$



In der Duplexuntersuchung finden sich bei höhergradigen Stenosen erhöhte Strömungsgeschwindigkeiten. Zusammen mit Aliasphänomenen wird die Diagnose einer Stenose durch Farbkodierung erhärtet.

⑥ Mögliche Probleme

1. Shuntinsuffizienz
2. Shuntstenose
3. Shuntverschluss
4. Mangeldurchblutung der Hand (Stealsyndrom)
5. Aneurysma
6. Infektion
7. Herzinsuffizienz

- Insuffizienz:
- Als prognostisch wichtig für die Entwicklung von Shunts gelten: Gefäßdurchmesser, vor- und nachgeschaltete Gefäßveränderungen und die Bestimmung des Resistive Index (RI).
- | | |
|-----------------|--|
| Durchmesser | Radialarterie: 2-3 mm (kein Shunt bei < 1,5 mm)
Unterarmvene: > 2 mm (ohne Stau)
Oberarmvene: > 3 mm (ohne Stau) |
| Resistive Index | < 0,8 gute Shuntentwicklung
> 0,7 schlechte Shuntentwicklung
(kein Shunt bei RI > 0,8) |
- Venöse Abflussstörungen sind oft im thorakalen Bereich angesiedelt und bedürfen einer präoperativen Phlebographie.
- Stenose Entstehen oft anastomosennah infolge Intimahyperplasien. Angioplastie oder operative Revision erforderlich.
- Verschluss:
- Frühverschlüsse (Tage nach Operation) deuten auf operationsbedingte technische Fehler hin. Hier ist eine umgehende Revisionsoperation nötig, da sonst der Venenverlauf langstreckig thrombosiert.
 - Shuntanlagen mit nativen Gefäßen haben gegenüber Prothesenshunts deutlich seltener Verschlüsse.
 - Prothesenshunts lassen sich gut thrombektomieren. Eine Revision des Anastomosenbereichs ist sinnvoll.
- Steal:
- Häufiger bei Oberarmshunts in bis zu 10%, seltener bei Shunts am Handgelenk (Cimino-Fistel) mit < 1%.
 - Tritt als Folge hoher Shuntvolumina auf. Volumenmessung mittels Duplex als Methode der Wahl zur Abklärung. Volumina mit > 2000 ml/min. sind nicht tolerabel.
 - Zur Korrektur wird das Banding durchgeführt. (Verengende Nähte der Anastomosenregion im Sinne einer Drosselung). Bei kritischer Ischämie muss der Shunt aufgegeben werden.
- Aneurysma:
- Schicksal der abführenden Venenstrecke infolge Druckbelastung und häufiger Punktionen sind aneurysmatische Veränderungen.
 - Neigung zum Verschluss durch Wirbelflüsse und Bildung wandständiger Thromben.
 - Resektion und Ersatz gegen ein Protheseninterponat kann zur Shuntrettung beitragen.
- Infektion:
- Postoperative Wundinfektionen treten in etwa 2% auf. Bei eitrigem Infekt muss die Wunde operativ inspiziert werden.
 - Größte Gefahr liegt in einer möglichen Arrosionsblutung.
 - Prothesenshunts müssen bei Infektion der Prothese komplett explantiert werden.

Herzinsuffizienz ist bei hyperdynamischem Shuntfluss zu erwarten. Die operative Korrektur ist bei entsprechend hohen Shuntvolumina (> 2000 ml/min.) vorzunehmen.

7 Dialysekatheter

Patienten mit chronischer Niereninsuffizienz und Shuntproblemen benötigen eine kontinuierliche Dialyse, die mit Kathetersystemen durchgeführt werden kann. Erste Wahl ist die Anlage eines Demerskatheters, der über die Vena jugularis interna oder externa implantiert und infraclaviculär ausgeleitet wird

Das Beispiel zeigt eine über 70jährige Patientin mit einem 5 Jahre alten, gut funktionierenden Demerskatheter. Die lokalen Hautverhältnisse sind vollkommen reizlos.



Die Eintrittsstelle wird lediglich mittels Octeniseptlösung abgetupft und mit sterilem Hautpflaster verbunden. Der Verbandswechsel während der Dialysetage (3 mal wöchentlich) erfolgt mit Sterilhandschuhen und Mundschutz.

Infektionen der Austrittsstelle aus der Haut sind möglich, können aber bei guter Pflege, auch nach Jahren, vermieden werden.