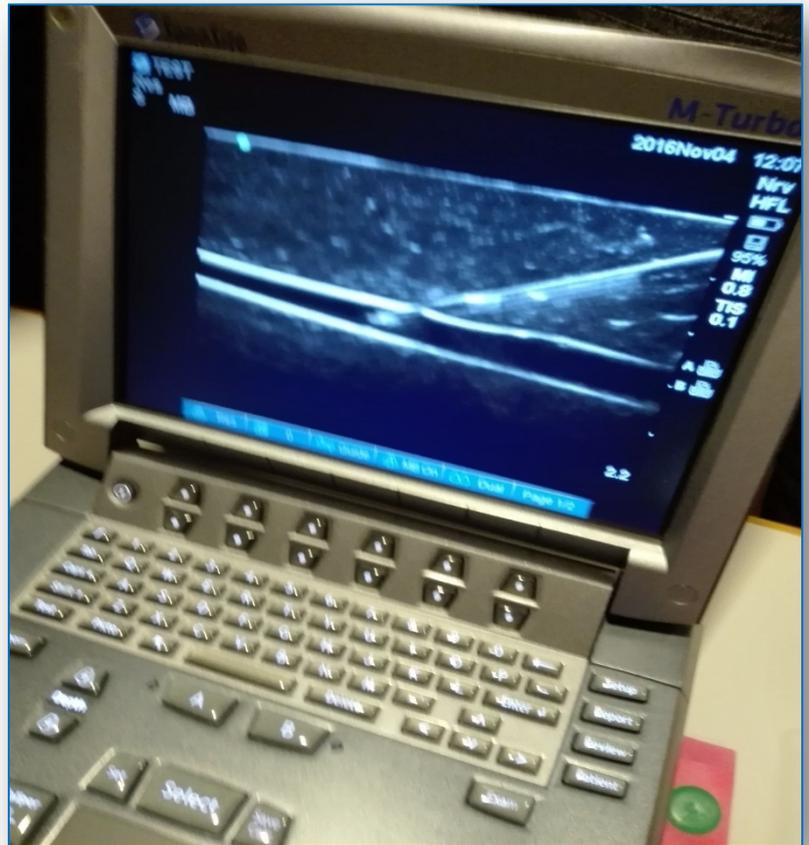


Einsatz von Real-Time-Point-of-Care Ultraschall
in der Anästhesie für periphere Gefässpunktionen



Diplomarbeit im Rahmen des Nachdiplomstudiums HF
Aargauische Fachschule für Anästhesie-, Intensiv- und Notfallpflege

afsain 

Aargauische Fachschule für
Anästhesie-, Intensiv- und Notfallpflege

Paul von der Brälie
Abteilung für Anästhesie Gesundheitszentrum Fricktal

 **GZF** | Gesundheitszentrum
Fricktal

D Lörrach / 29. April 2018

Diese Arbeit wurde im Rahmen des Nachdiplomstudiums an der Aargauischen Fachschule für Anästhesie, Intensiv- und Notfallpflege der beiden Kantonsspitäler Aarau AG und Baden AG verfasst.

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Deklaration

Ich bestätige mit meiner Unterschrift, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig angefertigt und die mit ihr unmittelbar verbundenen Tätigkeiten selbst erbracht habe. Alle ausgedruckten, ungedruckten oder dem Internet im Wortlaut oder im wesentlichen Inhalt übernommenen Formulierungen sind durch genaue Quellenangaben angegeben. Ich nehme zur Kenntnis, dass im Falle von Plagiaten auf nicht erfüllt erkannt werden kann.

D Lörrach / 29. April 2018

Paul von der Brelie

Vorwort / Motivation

Die Technik der Sonographie bietet beinahe unendlich viele Möglichkeiten in der Medizin. In der Anästhesie ist sie vor allem im Bereich der ultraschallgesteuerten Plexus Anästhesien und zur Anlage von zentralen Venenkathetern oder zur arteriellen Kanülierung etabliert.

Mein Interesse an der Sonographie begann mit dem Besuch des gemeinsamen Kongresses der SIGA / FSIA und der SGAR / SSAR im November 2016 in Basel. Dort durfte ich einen Workshop zur ultraschallgesteuerten Punktion peripherer Venen besuchen. Einige Zeit später fand ich dann die Gelegenheit in der Praxis bei einem sehr adipösen Patienten mit schwierigen Venenverhältnissen Ultraschall zu nutzen. Ich konnte damals auf Anhieb eine tiefliegende, nicht palpierbare Cubitalvene erfolgreich zu punktieren.

Ich begann zu überlegen, warum wir uns manchmal selbst das Leben schwermachen und bei schwierigen Punktionen, zum Beispiel bei sehr adipösen Patienten oder sehr kleinen Kindern eher mehrmals frustriert blind zu stechen, statt früh die Sonographie als Hilfsmittel zu nutzen.

Gleichzeitig waren mein Wissen und meine Erfahrung auf dem Bereich der Sonographie bisher eher eingeschränkt. Meist bezog sich meine Tätigkeit für die Pflege auf die Mitwirkung bei der ultraschallgesteuerten Plexusanästhesie durch den Anästhesisten. In anderen Spitälern nutzen Pflegende die Sonographie beispielsweise regelhaft bei schwieriger Venflonanlage oder Blutentnahmen auf den Abteilungen.

Ich möchte mich in dieser Arbeit damit auseinandersetzen, ob es möglich und sinnvoll ist, die Sonographie in meiner täglichen Arbeit auf der Anästhesie einzusetzen. Mich persönlich interessiert dieses Thema, da ich glaube, dass es viel Potential bietet die Pflegeleistung am Patienten zu verbessern. Die vermehrte Nutzung der Technik, auch durch die Anästhesiepflege, würde dieser eine wertvolle Stellung geben.

Mit der vorliegenden Diplomarbeit möchte ich mich intensiver mit dem Thema Sonographie auseinandersetzen und sowohl Möglichkeiten als auch Grenzen zur möglichen Nutzung dieser Methode durch die Anästhesiepflege erarbeiten.

Ich danke allen, die mich beim Verfassen dieser Arbeit und der hierfür nötigen Zeit unterstützt haben, hier insbesondere meiner Familie und Johannes. Danke auch an Joachim, Dominic und Duschka für eure Unterstützung. Danke speziell auch an Reza für die kritische Durchsicht meiner Arbeit und das Feedback.

Zusammenfassung der Arbeit

Diese Arbeit geht der Frage nach, ob Point of Care Ultraschall in der Anästhesie sinnvoll für peripher venöse und arterielle Zugänge genutzt werden kann. Point of Care Ultraschall bezeichnet den Einsatz von kleinen und kompakten Ultraschallgeräten, die zum Patienten gebracht werden und die Beantwortung akuter klinischer Fragestellungen und Interventionen ermöglichen.

Ultraschall liegt ausserhalb des für den Menschen hörbaren Schallbereiches und ermöglicht in modernen hochauflösenden Ultraschallgeräten die 2D Darstellung von Strukturen im Körper und die Nadelnavigation zum Blutgefäss in Echtzeit. Der Schallkopf beinhaltet mehrere nebeneinander angeordnete Piezoelemente, welche durch direkte oder inverse Piezoelektrizität Ultraschallwellen senden und empfangen können. Die Schallwellen werden reflektiert, im Ultraschallgerät verarbeitet und als schwarz-weisses 2D Bild mit grauen Abstufungen dargestellt. Es kann zu Artefakten kommen. Im B-Mode des Gerätes werden durch das Puls-Echo-Verfahren mehrere Bilder pro Sekunde erzeugt und es können Bewegungen im Körper in Echtzeit verfolgt werden.

Während die Nutzung durch Anästhesie Ärzte zur zentralvenösen Katheterisierung und zur Plexusanästhesie weit verbreitet und oft Standard darstellt, ist die Nutzung für periphere Gefässpunktionen weniger verbreitet. Patienten mit schwierigem Venenstatus, wie beispielsweise bei Adipositas, Ödemen oder iv-Drogen-Abusus, profitieren von einer ultraschallgesteuerten Venenpunktion. Es können nicht sicht- oder palpierbare tief gelegene Venen punktiert werden. Die Studienlage spricht sich für die Nutzung bei diesem Patientengut aus.

Bei der Punktion der Arteria radialis ist die Nutzung von Ultraschall ebenfalls wenig verbreitet. Eine ultraschallgesteuerte Punktion erhöht die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Punktion im ersten Versuch, kann die Zahl der Punktionsversuche senken und die Hämatombildung verringern.

Es existieren zwei Möglichkeiten, ein Blutgefäss ultraschallgesteuert zu punktieren: Short Axis Out-Of-Plane, - also mit axial zum Gefäss aufgesetztem Schallkopf und quer eingestochener Nadel. Die Nadelspitze ist beim Einstich nicht immer zu sehen und muss in der Schalebene vorgeschoben werden. Dies nennt man dynamische Positionierung der Nadelspitze. Die Herausforderung besteht hierbei darin, die Nadelspitze immer darstellen zu können. In der Literatur wird diese Technik für Anfänger als leichter erlern- und umsetzbar beschrieben.

Alternativ kann der Schallkopf longitudinal, also quer zum Gefäss aufgesetzt werden und die Nadel In-Plane, also längs dazu eingestochen werden. Der Vorteil hierbei ist, dass die ganze Nadel dargestellt wird, die umliegenden Strukturen allerdings nicht. Durch den schmalen Schallvorhang bei dieser Technik besteht das Risiko die Nadel am Ziel vorbei oder in nicht sichtbare Bereiche vorzuschieben.

Beide Methoden haben Vor- und Nachteile, die in der vorliegenden Arbeit verglichen werden. Die erfolgreiche und sinnvolle Nutzung von Sonographie zur peripheren Gefässpunktion benötigt theoretisches Wissen und Übung, kann dann aber zum Vorteil der uns anvertrauten Patienten genutzt werden.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Fragestellung	1
1.2 Zielsetzung	1
2. Hauptteil	2
2.1 Funktionsprinzip von Ultraschall	2
2.1.1 Puls Echo Verfahren	3
2.1.2 Auflösung und Eindringtiefe	4
2.1.3 Schallkopfsonden	5
2.1.4 Darstellung von Strukturen im Ultraschallbild	6
2.1.5 B-Mode / M-Mode und Dopplerverfahren	6
2.1.6 Artefakte	6
2.1.7 Sicherheit von Ultraschall	7
2.2 Point of Care Ultraschall	8
2.3 Peripher venöser Zugang	9
2.3.1 Typische Fehler und Komplikationen bei der venösen Katheterisierung	10
2.4 Arterieller Zugang	11
2.5 Technik der ultraschallgesteuerten Punktion	12
2.5.1 Unterscheidung Venen und Arterien	13
2.5.2 Short Axis / Out-Of-Plane (SA-OOP)	14
2.5.3 Long Axis / In-Plane (LAX-IP)	15
2.5.4 Auswahl des geeigneten Katheters	16
2.5.5 Auswahl geeigneter Gefäße	17
2.5.6 Dynamische Positionierung der Nadelspitze / Dynamic needle tip positioning	19
2.5.7 Vergleich der beiden Methoden Short Axis / Out-Of-Plane und Long Axis / In-Plane	20
2.6 Studienlage zur ultraschallgesteuerten peripher venösen Gefässpunktion	21
2.7 Studienlage zur Ultraschallgesteuerten Punktion der A. Radialis	22
3. Schlussteil	24
3.1 Schlussfolgerung	24
3.2. Beantwortung der Fragen	25
3.3. Reflexion	29
4. Literaturverzeichnis	30
4.1 Anhang	35

1. Einleitung

1.1 Fragestellung

Die Fragestellung dieser Arbeit ist es, die Möglichkeiten der Nutzung der Sonographie in der Anästhesie zur peripher venösen und arteriellen Punktion zu erfassen.

Die Kernfrage meiner Arbeit lautet:

- *„Kann die Sonographie auch zur peripheren Gefässpunktion sinnvoll genutzt werden?“*

Die Leitfragen lauten demnach:

- *„Wie sieht die wissenschaftliche Studienlage zu der Thematik aus?“*
- *„Gibt es Belege für oder gegen den Einsatz dieser Technik?“*
- *„Wie muss konkret vorgegangen werden?“*
- *„Welche Technik eignet sich am besten?“*
- *„Lässt sich im eigenen Spital die Nutzung auch durch die Pflege umsetzen?“*
- *„Nutzen wir im Gesundheitszentrum Fricktal das volle Potential dieser durchaus teuren Technik aus?“*

Abgrenzung

Auf die Nutzung von Sonographie zur ZVK Anlage und Plexusanästhesie werde ich nicht eingehen, da dies nicht primäres Thema der Arbeit ist und den Rahmen sprengen würde. Auch das transösophageales Echo gehört, - ebenso wie Kardio-Echo, - nicht zum Umfang dieser Arbeit. Auf die physikalischen Grundlagen und die Gerätetechnik gehe ich nur soweit ein, wie es für den Zweck der praktischen Arbeit erforderlich ist.

1.2 Zielsetzung

Zielsetzung dieser Arbeit ist es den Lesern, aber auch mir selbst die Technik der Sonographie näher zu bringen und Möglichkeiten zur sinnvollen Nutzung derselben zur peripher venösen und arteriellen Punktion zu erarbeiten und vorzustellen. Ich möchte eine praxisnahe Kurzanleitung erstellen, wie konkret vorgegangen werden kann. Zudem möchte ich möglichst einfache und konkrete praxistaugliche Anleitungen und Hinweise bieten, um eventuellen künftigen Anwendern die komplexe Thematik der Sonographie in der täglichen Arbeit näher zu bringen. Es würde mich freuen, wenn die Sonographie auch durch die Pflege mehr genutzt werden würde. Dies beinhaltet natürlich auch Eigeninteresse, Engagement und viel Übung. Diese Arbeit richtet sich an interessierte Berufskollegen und soll deren Interesse für das spannende Thema Sonographie wecken. Und damit die Scheu vor dem „unbekannten Wesen“ Ultraschallgerät nehmen.

2.Hauptteil

2.1 Funktionsprinzip von Ultraschall

Die Entdeckung des Ultraschalls beginnt im Jahre 1880 durch die Brüder Pierre & Jacques Curie mit der Entdeckung der Piezoelektrizität. Die elektrische Ladung eines Kristalls ändert sich, wenn er mechanisch beansprucht wird. Umgekehrt erfolgt eine mechanische Verformung des Kristalles, wenn elektrische Ladung angebracht wird.

Durch Piezoelektrizität entstehen sehr schnelle Schwingungen, die Ultraschall erzeugen können. Diese Schallwellen verändern den Luftdruck sehr rasch hintereinander. Der Luftdruck pendelt also mit hoher Geschwindigkeit zwischen zwei Werten. Diese Frequenz wird in der Einheit Hertz angegeben, wobei 1 Hz einer vollen Schwingung pro Sekunde entspricht. Diese Änderung des Luftdrucks wird vom menschlichen Gehör zwischen 20 und 10-20.000 Herz je nach Alter, als Geräusch, bzw. Ton wahrgenommen. (Mirwald, B. / 2012)

Ultraschall liegt über dem für den Menschen hörbaren Bereich, im medizinisch-diagnostischem Ultraschall in der Regel zwischen 0,5 und 20 Megahertz. Ultraschallwellen werden, je nachdem auf was für Hindernisse sie treffen, entweder reflektiert, absorbiert, gestreut oder gehen durch das Hindernis hindurch. Die an Grenzflächen reflektierten Ultraschallwellen werden im Ultraschallgerät in ein-, zwei- oder sogar dreidimensionale Bilder umgewandelt. Der Schallkopf nutzt den inversen Piezoeffekt zur Schallerzeugung und den direkten Piezoeffekt zur Analyse der zurückgeworfenen Schallwellen und Umwandlung in elektrische Signale. (Nöldeke, S. / 2009)

Die akustische Impedanz ist das Mass für den Widerstand auf den die Ultraschallwellen stossen. Je nachdem, auf welche Strukturen die Schallwellen auf ihrem Weg durch den Körper stossen, entsteht ein unterschiedlicher Impedanzunterschied, auch Impedanzsprung genannt. Die reflektierten Schallwellen erscheinen auf dem Bild dann umso deutlicher, je grösser der Impedanzunterschied ist, da die Reflexionen dann stärker (hyperechogen, weiss) oder schwächer (hypoechogen, schwarz) sind. Die verschiedenen Graustufen (echoarm) dazwischen bestimmen die Detailerkennbarkeit.

Das Bild auf dem Ultraschallgerät ist immer ein Schnittbild. Man muss also mit dem Schallkopf Strukturen im Körper Schnittbild für Schnittbild durchmustern, um ein vollständiges Bild der Struktur zu erhalten. (Banholzer, J. / Bannholzer, P. / 2015)

2.1.1 Puls Echo Verfahren

Zur Erzeugung des Ultraschallbildes wird eine Serie von Ultraschallimpulsen in definierte Richtungen ausgesendet und die Dauer des von einer Grenzfläche (zum Beispiel Organ) reflektierten Echos gemessen. Die Geschwindigkeit der Ausbreitung der Ultraschallwellen ist dabei abhängig von dem Medium, in dem diese sich bewegen. In Luft beträgt die Laufgeschwindigkeit zum Beispiel 331 m/s, in Knochen 4080 m/s. (Nöldeke, Stefan / 2009)

Der Reflexionsgrad hängt also von der Schallgeschwindigkeit und der Gewebedicke ab. Die Signalhöhe der Echoimpulse wird in einen Helligkeitswert umgesetzt. Deshalb erscheint das Bild schwarz-weiß, beziehungsweise grau schattiert. Beim medizinischen Ultraschall sind meist mehrere Sender und Empfänger im Schallkopf nebeneinander angebracht um das Signal so darzustellen, wie wir es auf dem Monitor als Bild sehen können. (Nöldeke, S. / 2009)

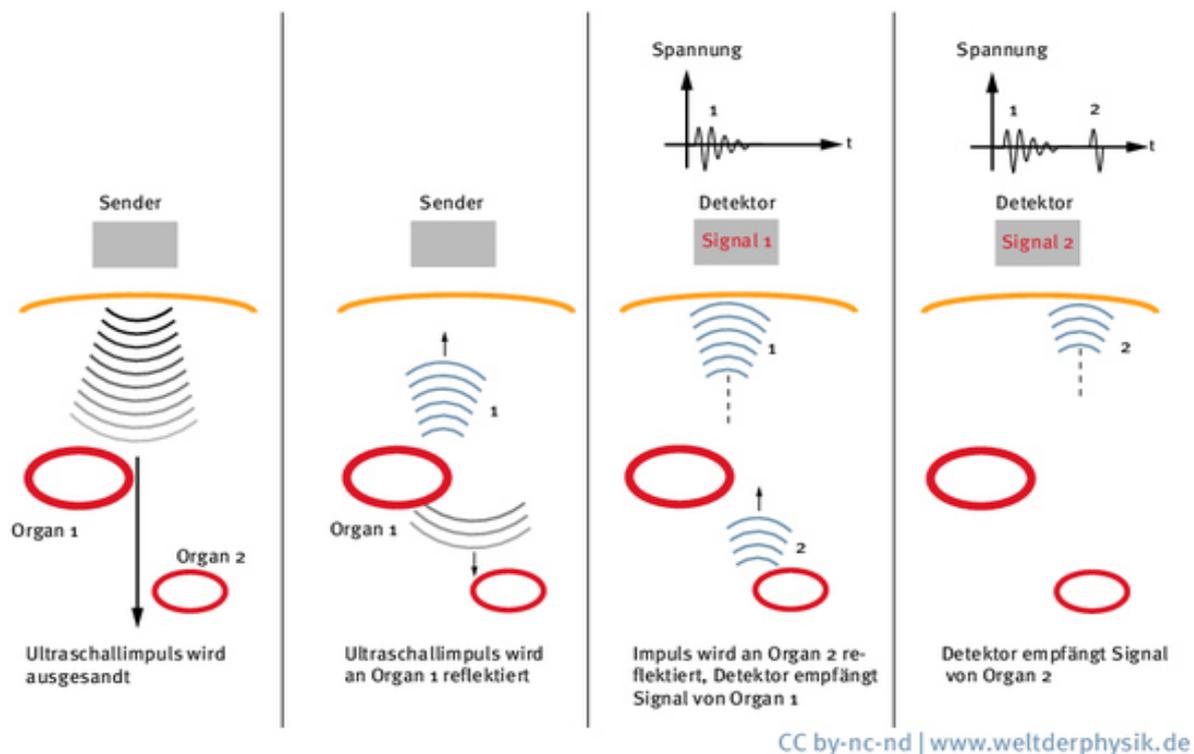


Abbildung 1
Reflexion von Ultraschall an Organen / Heintze, B. / Mirwald, B. (2012)

2.1.2 Auflösung und Eindringtiefe

Wird die Frequenz der Ultraschallwellen vermindert, so erhöht sich die Eindringtiefe. Die Auflösung des Bildes wird allerdings schlechter. Wird die Frequenz erhöht, lassen sich umgekehrt oberflächliche Strukturen besser darstellen, die Auflösung ist besser, die Eindringtiefe der Ultraschallwellen geringer. Dies ist wichtig zu wissen, denn periphere Gefässe liegen eher oberflächlich. Eine falsche Wahl des Schallkopfs oder der eingestellten Schallfrequenz würde das Bild für die Intervention schlecht verwertbar machen.

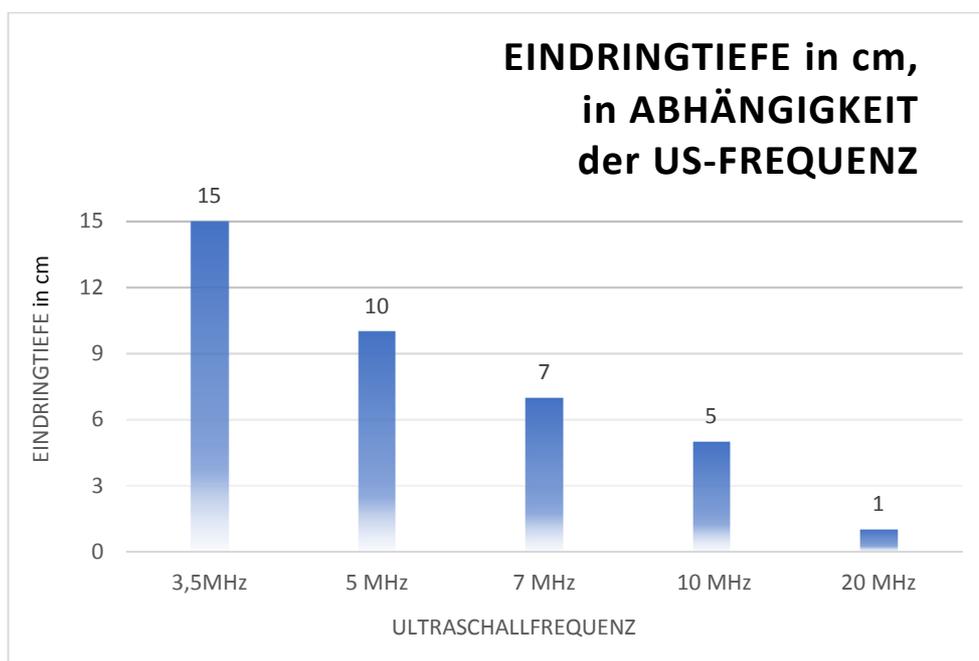


Abbildung 2
Eindringtiefe und Schallfrequenz / mod. nach Grau, T. / Mäcken, T. (2009)

Am Ultraschallgerät lassen sich oft vorausgewählte Einstellungen (presets) für Gefässpunktionen, Nervenblockaden etc. auswählen, die bereits die optimalen Einstellungen beinhalten. Weitere, für die Praxis relevante Einstellungen sind:

- **Verstärkung (Gain)**
hier kann die Schallverstärkung gesamt oder im nah und fern Bereich verändert werden, um das Ultraschallbild je nach Tiefe des zu schallenden Objektes oder dem Patienten (adipös / sehr schlank) beurteilbar zu machen.
- **Tiefenausgleich (depth)**
bestimmt die Grösse des Bildes, hier gilt wieder der Grundsatz, - möglichst kleines Bild mit höherer Impulsfrequenz bedeutet bessere Auflösung, also bessere Bildqualität. (Banholzer, J. / Bannholzer, P. / 2015)

Je nach Gerätetyp lassen sich zahlreiche weitere Einstellungen tätigen, die in der Bedienungsanleitung des Gerätes beschrieben sind.

2.1.3 Schallköpfsonden

Bei **Linearschallköpfen** sind die Piezoelemente in einer Reihe angeordnet. Durch diese parallele Anordnung entsteht ein rechteckiges Bild. Die Auflösung dieser Sonden ist gut, da sie höhere Frequenzen von 4-13 MHz verwenden. Sie werden häufig in der Anästhesie zur Punktion von Gefäßen oder zur Darstellung von Nerven bei der Plexusanästhesie verwendet.

Sektorschallköpfe haben eine kleinere Ankopplungsfläche und erzeugen durch elektronisch angesteuerte ringförmig angelegte Piezoelemente ein dreieckiges Bild. Sie bieten bei niedriger Frequenz von 1-4 MHz eine hohe Eindringtiefe mit einer hohen Auflösung und sind für die Darstellung von sonographisch schwer zugänglichen Bereichen wie der Kardiosonographie geeignet.

Konvexschallköpfe verbinden im Prinzip die Eigenschaften eines Linearschallkopfs mit dem eines Sektorschallkopfs. Die Piezoelemente sind wie beim Linearscanner in einer Reihe angeordnet, allerdings ist die Ankopplungsfläche gekrümmt. Dadurch entsteht ein Bildausschnitt mit einstellbarem Sektorwinkel. Dieser Sondentyp ist beispielsweise gut für die Abdomen Sonographie geeignet.

(Grau, T. / Mäcken, T. / 2009)

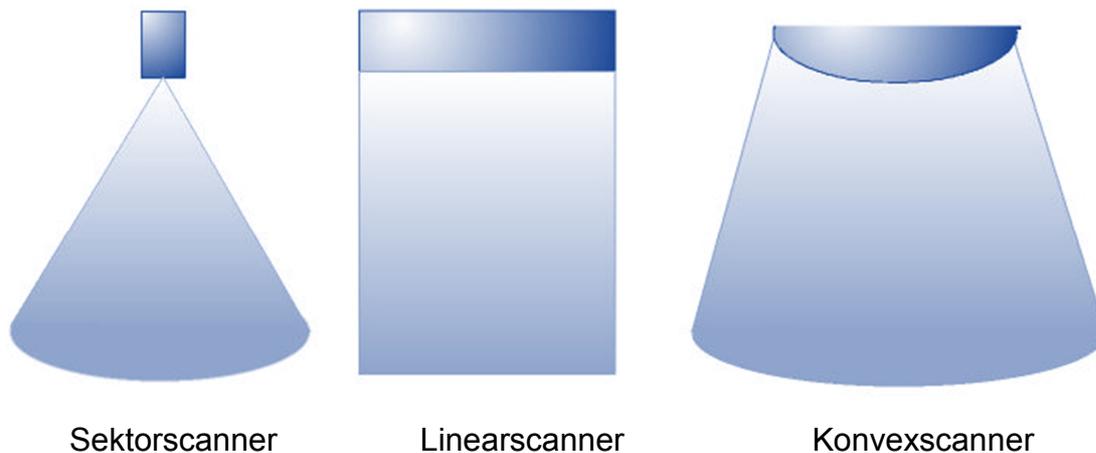


Abbildung 3
verschiedene Sondentypen Kalumet (2004)

2.1.4 Darstellung von Strukturen im Ultraschallbild

- **Flüssigkeit** enthält keine Grenzflächen
also schwarz ▶ echofrei
- **Organe** haben viele Grenzflächen
(hypoechogen), also grau ▶ echoarm
- **Luft, Knochen**, reflektieren den Schall vollständig
(hyperechogen), also weiss ▶ echoreich

Je dichter das Gewebe ist, desto stärker ist die Reflexion an den Grenzflächen und umso weisser erscheint das Bild auf dem Bildschirm.

2.1.5 B-Mode / M-Mode und Dopplerverfahren

B-Mode steht für „Brightness-Mode“ und ermöglicht die Darstellung des Ultraschallbildes in zweidimensionaler Form. Die Impulse werden kontinuierlich entlang zahlreicher Achsen über das von der Schallkopfsonde definierte Feld ausgesendet und ergeben mit einer Frequenz von 25-50 Bildern / sec. eine Darstellung in Echtzeit. Der B-Mode ermöglicht dadurch die Darstellung von Bewegungen im Körper in Echtzeit, beispielsweise das Öffnen und Schliessen der Herzklappen oder interventionelle Verfahren wie das Verschieben einer Kanüle zur Punktion von Gefässen.

M-Mode steht für „Motion-Mode“, - hier wird ein Bewegungsablauf eindimensional als vertikale Bildzeile entlang nur einer Schallachse dargestellt. Die Bilder werden mit einer vorgegebenen Wiederholungsfrequenz kontinuierlich neu von links nach rechts horizontal auf dem Bildschirm aufgebaut. Diese im Vergleich zum B-Mode ältere Technik wird vor allem in der Kardiologie zur Beurteilung der Herzklappen verwendet. Es eignet sich aber auch in der Anästhesie zur Lungenbeurteilung, beispielsweise bei Verdacht auf Pneumothorax.

Das Dopplerverfahren basiert auf dem Dopplereffekt, die Sirene einer Ambulanz die sich auf uns zubewegt wird höherfrequent wahrgenommen, als eine die sich von uns wegbewegt. Diese Frequenzverschiebung wird beim Dopplermodus des Ultraschallgeräts benutzt, um bewegte Reflexionen, zum Beispiel den Blutfluss, farbkodiert darzustellen. Blau codierter Fluss im Farbdopplermodus bedeutet Flussrichtung weg vom Schallkopf und rot bedeutet hin zum Schallkopf, (BART: **B**lue **A**way, **R**ed **T**owards). (Banholzer, J. / Bannholzer, P. / 2015)

2.1.6 Artefakte

„Das Ultraschallbild ist [...] nie eine absolute Abbildung der Anatomie, sondern stets ein Interpretationsbild. [...] durch diese Mechanismen können Artefakte entstehen. Sie sind Darstellungen, die zwar anatomisch bedingt aber nicht anatomisch real sind. (Grau, T. / Mäcken, T. / S. 10, 2009)

Es ist wichtig zu wissen, dass praktisch immer Artefakte auftreten. Artefakte lassen sich am Ultraschallgerät durch veränderte Einstellungen oder durch einen speziellen Artefakt-Unterdrückungs-Modus und eine veränderte Schallkopfhaltung beseitigen.

Die bedeutsamsten Artefakte sind:

- **Wiederholungsecho**
Ultraschallwellen werden mehrfach zwischen den Strukturen reflektiert und erzeugen ein Wiederholungsbild, die Nadel erscheint mehrfach im Bild, eine sichere Nadelführung ist so nicht möglich.
- **seitliche Schattenbildung**
durch vom Objekt abgelenkte Ultraschallwellen entstehen Randschatten, Blutgefäße und Nerven können beispielsweise derartiges erzeugen.
- **Schallverstärkung**
Schallwellen, die durch gut leitende Strukturen, zum Beispiel ein Blutgefäß gehen, erzeugen dorsal davon eine Schallverstärkung. Strenggenommen handelt es sich hierbei um eine verminderte Abschwächung im Vergleich zu Schall, der durch dichteres Gewebe dringen muss.
- **Schallauslöschung**
Wird auch als Abschattung bezeichnet. An Grenzflächen von Strukturen mit hoher Dichte wie Knochen, wird der Schall stark reflektiert, dorsal davon ist eine Darstellung nicht oder sehr schlecht möglich.

(Grau, T. / Mäcken, T. / 2009)

2.1.7 Sicherheit von Ultraschall

Die Anwendung von diagnostischem Ultraschall gilt als nichtinvasiv und im Gegensatz zu Röntgenstrahlung als ungefährlich für Patienten und damit auch für Anwender.

Durch die Nutzung von Ultraschall kann es zu mechanischen und thermischen Phänomenen kommen:

- **thermischer Effekt**
am Sondenkopf selbst oder durch Absorption von Ultraschallwellen im Gewebe entsteht Wärme. Im Arbeitsbereich des diagnostischen Ultraschalls liegt diese Wärmeentwicklung allerdings im subklinischen Bereich und gilt als harmlos, - sie wird sogar therapeutisch bei Verspannungen oder als hochintensiver fokussierter Ultraschall in der Onkologie eingesetzt, - dort natürlich mit anderen Fokus und anderer technischer Vorgehensweise.
- **kaviative Effekte**
in Gewebe, das nichtgelöste Gase enthält, also in Lunge und Darm kann es durch die Schallwellen zu einer Höhlenbildung kommen, - auch hier gilt, dass bei der Verwendung von diagnostischem Ultraschall die Gefahr für Kavitation sehr gering und vernachlässigbar ist.

(Hillmann, R. / Döffert, J. / Nöldeke, S. / 2009)

2.2 Point of Care Ultraschall

Die Nutzung von Ultraschall beziehungsweise die Technik des Sonographierens, also das Sichtbarmachen von Ultraschallwellen in einem Bild, ist in der Medizin bereits seit langem verbreitet. Die erste medizinische Nutzung erfolgte durch den Neurologen Karl Theo Dussik im Jahr 1938 mit der Nutzung von Hyperphonographie zum Nachweis pathologischer Veränderungen der geschlossenen Schädelkapsel. 1984 wurde dann die Sonographie erstmals durch die Anästhesisten Metz, S. / Horrow, J.C. und Balcar zur Punktion der Vena jugularis interna beschrieben.

Für die Regionalanästhesie finden sich die ersten Veröffentlichungen über die ultraschallgesteuerte Leitungsanästhesie des Plexus brachialis in der Fachzeitschrift „Anesthesia and Analgesia“ sogar erst im Jahre 1994, - und die ersten Reviews um das Jahr 2005, zum Beispiel „Ultrasound guidance in regional anaesthesia“ im „British Journal of anaesthesia“.
(Fontana, F. / 2017)

Dies ist eigentlich verwunderlich, denn viele Bereiche der Medizin, wie die Geburtshilfe, Urologie, Kardiologie etc., nutzen den Ultraschall schon lange. Durch das Aufkommen der Elektrostimulation von Nerven, um Leitungsanästhesien durchzuführen, ist die sonographische Technik vorerst im Hintergrund geblieben.

Heute ist die Point of Care Sonographie, also der Einsatz von relativ kompakten und mobilen Ultraschallgeräten die zum Patienten getragen oder gerollt werden können, weitestgehend Standard.

Abseits der umfangreicheren klinischen Sonographie bei spezifischen Fragestellungen in Gynäkologie und Geburtshilfe oder der Kardiologie, hat sich die Nutzung des Point of Care Ultraschall (POCUS) entwickelt. Anders als bei diesen oft lange dauernden „Sonographie-Sitzungen“, geht es bei der Point of Care Sonographie darum, entweder eine schnelle „Blickdiagnose“, zum Beispiel bei Notfällen zu erhalten, oder interventionelle Verfahren wie Punktionen oder Anästhesien sicherer, beziehungsweise überhaupt erst möglich zu machen.

Ultraschall bietet die Möglichkeit, sich schnell einen fokussierten Überblick über die thorakoabdominalen Organsysteme zu verschaffen. Sei es über freie Flüssigkeit im Abdomen (FAST oder eFAST) oder über die myokardiale Funktion und die Funktion der Herzklappen.

Sogar die aktuellen Leitlinien für die kardio-pulmonale Reanimation erwähnen die Bedeutung einer fokussierten Ultraschalluntersuchung, um potenziell reversibel Ursachen eines Herz-Kreislaufstillstands zu erkennen.

(Soar, J. / Nolan, J.P. et al. / 2015)

► Am Gesundheitszentrum Fricktal wird ein hoher Teil der anästhesiologischen Leistungen als Regionalanästhesie erbracht. Bei den Plexusanästhesien wird hier überwiegend die Sonographie gesteuerte Punktions Technik verwendet, auch wenn es vereinzelt Ärzte gibt, die weiterhin die ihnen vertraute und gleichwertige Technik der Elektrostimulation bevorzugen oder beide Verfahren kombinieren.

Aktuell stehen der Anästhesieabteilung des Gesundheitszentrums Fricktal bei drei Standorten je ein Sonographie Gerät pro Standort zur Verfügung. Es handelt sich um Geräte der Firma GE Healthcare, - hier das Model LOGIQ e, sowie das Modell VENUE 40.

2.3 Peripher venöser Zugang

Der peripher venöse Zugang ist Standard zu jeder Narkoseeinleitung. Hierbei wird eine periphere Vene mit einer Stahlkanüle und einem Venenkatheter aus Kunststoff, meist mit Zuspritzmöglichkeit, punktiert. Moderne Venenverweilkanülen haben einen Stickschutz, mit welchem die Spitze der Stahlkanüle nach der Punktion gesichert wird. Die Grösse des Katheters wird in Gauge (G) angegeben. Je kleiner der Wert, desto grösser der Katheter. Der kleinste Wert ist dabei 26 G und der grösste 14 G. Der Nennmesser in Millimeter und die Farbcodierung sind genormt.

Kontraindikationen für eine venöse Punktion an der jeweiligen Stelle sind:

- Dialyse Shunt am Punktionsarm
- Extremität mit gestörtem Lymphabfluss
zum Beispiel Lymphknotenausäumung nach Mama Karzinom OP
- Extremität mit Lähmungen bei z.Bsp. Apoplexie
- Infizierte (Haut-) Areale im Punktionsgebiet
- Vorbestehende Thrombophlebitis am Punktionsort

(Böhmer, R. / Schneider, T. / Wolcke, B. / 2011)

Reihenfolge für den Punktionsort (nach Larsen / 2013) sollte folgende sein:

Unterarm oder Handrücken / Vena jugularis externa / Ellenbeuge
Knöchel oder Fuss / Kopfhaut (Neugeborene)

- dabei ist generell von distal nach proximal vorzugehen, sonst kann dieselbe Vene bei proximaler Fehlpunktion distal nicht mehr punktiert werden

2.3.1 Typische Fehler und Komplikationen bei der venösen Katheterisierung

- Durchstechen der Venenrückseite
oder sekundäre Perforation der Vene
- paravenöse Lage des Katheters
und, - bei Applikation von Infusionslösungen oder Medikamenten-,
Bildung eines Paravasat mit Schwellung und Schmerzen,
je nach injiziertem Medikament sind Gewebnekrosen möglich
- Nervenschädigung,
vor allem bei Punktionen in der Ellenbeuge Schädigung des Nervus
medianus
- die Vena cephalica an der Daumenseite ist risikoärmer zu punktieren,
als die Kleinfingerseite, - die dort liegende Vena basilica ist häufig mit
dem Nervus medianus und der Arteria cubitalis gepaart
(Böhmer, R. / Schneider, T./ Wolcke, B. / 2011)
- intraarterielle Punktion oder Injektion, häufig an der Arteria cubitalis
mit Gefahr des Vasospasmus und Ischämie bzw. Gangrän
und irreversibler Nervenschädigung (Castelli, I. / 2017)

Bei den hier genannten Komplikationen lassen sich wiederum die meisten bei einer
ultraschallgesteuerten Einlage und sonographischen Kontrolle der Katheterlage
vermeiden oder zumindest das Risiko dafür vermindern.

2.4 Arterieller Zugang

Die arterielle Punktion zur Abnahme von arteriellem Blut zur Blutgasanalyse (BGA) oder zur invasiven arteriellen Blutdruckmessung ist eine häufige perioperative Massnahme.

Indikationen invasive Blutdruckmessung
kardiale instabile Krankheitszustände
pulmonale marginale Zustände
Herzrhythmusstörungen
lange Eingriffe mit grossem Volumenverlust
Herz- und grosse Gefäss- Operationen
Polytrauma und Schockzustände
Langzeitbeatmung auf IPS
Operationen in akzidenteller Hypotonie
Operationen mit spezieller Lage

mögliche arterielle Punktionsstellen
Arteria radialis
Arteria brachialis
Arteria axilaris
Arteria femoralis
Arteria dorsalis pedis
Arteria temporalis superficialis

(Sperl, K. / 2016)

In der Praxis wird meist als Punktionsstelle die Arteria radialis der nicht dominanten Hand gewählt. Die Punktion erfolgt entweder mittels Seldinger-Technik, indem zuerst kanüliert, dann ein Draht in das Gefäß vorgeschoben und über diesen dann der eigentliche Katheter eingeführt wird.

Eine andere Technik ist zum Beispiel mit einer Flow-Switch™ Kanüle zu arbeiten, ähnlich einem Venflon wird hier direkt punktiert, dann der Stahlmandrain zurückgezogen, der Plastikkatheter verbleibt hierbei dann in der Arterie.

„Die Arteria radialis ist bei Erwachsenen und Kindern leicht unter Ultraschallkontrolle zu punktieren. Die Anwendung von Ultraschall senkt die Anzahl von Punktionsversuchen. Der oberflächliche, distale Verlauf der Arterie am Unterarm ermöglicht eine exzellente hochauflösende Darstellung. Die supinierte Hand wird wie bei der konventionellen Punktionsstechnik durch eine Unterlage am Handgelenk überstreckt und ggf. mit einem Klebeband fixiert ...“ (Grau, T. / Mäcken, T. / 2009)

Bei der invasiven Blutdruckmessung wird der liegende Katheter an ein Dauer-spülsystem angeschlossen. Dabei handelt es sich in der Regel um einen Druckinfusionsbeutel mit 500 ml NaCl 0,9%. Die Druckmanschette sollte auf 300 mmHg aufgeblasen werden. Über einen Transducer wird das mechanische Signal der Pulskurve in ein elektrisches Signal umgewandelt und auf dem Monitor erscheint der Blutdruckwert, sowie die Druckkurve der Arterie. Der Vorteil der ultraschallgesteuerten Punktion der Arteria radialis ist, dass eine proximalere Punktion möglich ist, da nicht palpirt werden muss.

2.5 Technik der ultraschallgesteuerten Punktion

Grundsätzlich kann die Sonographie dazu genutzt werden Gefäße zu identifizieren, diese dann mit einem Stift zu markieren, um dann die Punktion selbst ohne Hilfe von Ultraschall durchzuführen. Bei eher oberflächlichen Gefäßen bietet sich diese Vorgehensweise sicher an. Das zu punktierende Gebiet mit umliegenden Strukturen, wie Nerven oder anderen Gefäßen, lässt sich so vorher untersuchen um bestehende Thrombosen oder anatomische Besonderheiten und Variationen zu bestimmen.

Die andere Möglichkeit ist, ultraschallgesteuert in Echtzeit zu punktieren. Die Nadelführung lässt sich so, - bei korrekter Technik-, in Echtzeit nachverfolgen und steuern. Dieses Vorgehen bietet sich vor allem bei tiefer gelegenen Gefäßen an oder bei Punktionen in sensiblen Bereichen, wenn beispielsweise eine Vene punktiert werden soll, die in direkter Nähe einer Arterie oder eines Nervs liegt, wie es häufig bei der Vena brachialis proximal der cubitalen Fossa der Fall ist.

2.5.1 Unterscheidung Venen und Arterien

Blutgefäße werden im Ultraschall als schwarze Strukturen dargestellt. In Kurzachsendarstellung rund und in Langachsendarstellung zylinderförmig, beziehungsweise wie eine Strasse in Seitenansicht.

Venen

lassen sich bei Druck mit dem Schallkopf komprimieren, - sie verschwinden bei Druck auf die Haut und tauchen wieder auf, wenn der Druck aufgehoben wird.

Arterien

lassen sich schwerer komprimieren und pulsieren bei Druck gut sichtbar. Ist man zum Beispiel bei Vorliegen einer Hypovolämie (welche auch Arterien leicht kollabieren lässt) unsicher um welches Gefäß es sich handelt, kann auch die Dopplerfunktion des Ultraschallgerätes zur Hilfe genommen werden, um den pulsatilen Blutfluss in Arterien sichtbar zu machen.

Nach dem Prinzip, dass blau codierter Fluss im Farbdopplermodus immer weg vom Schallkopf und rot hin zum Schallkopf bedeutet, lässt sich bei Langachsen-Haltung des Schallkopfs so auch die Unterscheidung zwischen Arterie und Vene treffen.

Weiterhin gilt zu beachten, dass sich thrombosierte Venen ggf. nicht komprimieren lassen. Venen haben eine dünne einschichtige Gefäßwand, Arterien haben eine dickere, in der in-plane Ansicht oft darstellbare, aus drei Schichten bestehende Gefäßwand.

(Blank, W. / Gebhard, M. / Osterwalder, J. / 2014)

2.5.2 Short Axis / Out-Of-Plane (SA-OOP)

Es gibt zwei Möglichkeiten den Schallkopf auszurichten:

Entweder in der kurzen Achse (Short Axis View) oder in der langen Achse (Long Axis View). Die Nadel kann nun entweder quer (Out-Of-Plane) oder längs (In-Plane) zur Schallebene eingestochen und abgebildet werden.

Hält man den Schallkopf in der kurzen Achse, sieht man das Gefäss im Querschnitt, - es erscheint also rund. Die Nadel wird bei der Kurz-Achsen-Technik Out-Of-Plane, also quer zum Schallkopf eingestochen.

Die Besonderheit ist hierbei, dass man Gefahr läuft den Hauptteil der Nadel, nämlich den Nadelschaft im Bild zu haben und nicht die Nadelspitze. Man weiss dann nicht, was die Nadelspitze gerade berührt beziehungsweise punktiert. Die Gefahr einer Punktion der hinteren Gefässwand ist dann gross.

Aus diesem Grund ist die Technik der „dynamischen Positionierung der Nadelspitze“ wichtig. Die Nadel erscheint sonographisch als echoreicher heller Punkt. Eine In-Plane Stichrichtung macht bei kurzer Achse keinen Sinn, weil sonst das Gefäss seitlich punktiert werden würde. Dies wird eher bei Plexus-anästhesien genutzt, wo ein Nerv mit der Nadel angesteuert wird.

(Hillmann, R. / Döffert, J. / Nöldeke, S. / 2009)

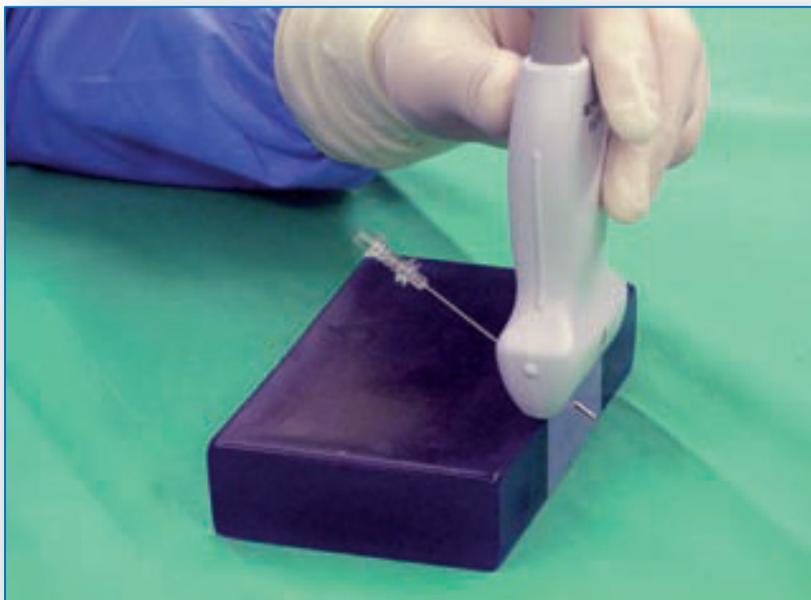


Abbildung 4
Short Axis out-of-plane Armbruster, W. et al. (2016)

2.5.3 Long Axis / In-Plane (LAX-IP)

Wird der Schallkopf in der langen Achse zum Gefäss gehalten, sieht man das Gefäss im Längsschnitt. Die Nadel wird In-Plane eingestochen und ist so in ihrer ganzen Länge sichtbar.

Diese Technik wirkt auf den ersten Blick vorteilhaft, weil die Nadelspitze auf ihrem Weg zum Gefäss sicher identifiziert werden kann. Das Problem ist aber, dass es schwierig sein kann, die gesamte Nadel in der Schallebene zu halten. Eine leichte Abweichung des Schallkopfs, - und die Nadel ist aus dem schmalen Sichtbereich verschwunden. Die Bewegungsfreiheit mit der Nadel ist eingeschränkt.

Ein anderes Phänomen bei dieser Technik kann das Auftreten von Wiederholungsechos dorsal der Nadel sein. Es sind dann vermeintlich mehrere Nadeln zu sehen, was die sichere Nadelführung erschwert.

Ein weiteres Artefakt, welches bei der Long Axis / In-Plane Technik auftreten kann, ist das sogenannte Bajonett-Artefakt. Dabei scheint der Nadelschaft einen Knick zu haben. Die Lage der Nadel im Gewebe ist nicht sicher zu bestimmen.

Ursache ist die unterschiedliche Schallausbreitungsgeschwindigkeit in verschiedenen Geweben. Das Ultraschallgerät geht aber von einer konstanten Geschwindigkeit von 1540 m/s aus. Eine Out-Of-Plane Stichrichtung macht bei langer Achse keinen Sinn, da auch hier das Gefäss sonst seitlich punktiert werden würde.

(Hillmann, R. / Döffert, J. / Nöldeke, S. / 2009)



Abbildung 5
Long Axis in-plane Armbruster, W. et al. (2016)

2.5.4 Auswahl des geeigneten Katheters

Der Katheter zur ultraschallgesteuerten Punktion tiefer gelegener, proximaler Venen, wie der Vena cephalica, brachialis und basilica, muss in der Regel länger sein, um eine sekundäre Dislokation zu vermeiden. Elia, F. et al. fanden 2011 in einer prospektiven, randomisierten kontrollierten Studie (RCT) mit 100 Probanden heraus, dass in Seldinger-Technik eingelegte, längere Katheter gegenüber der Kathetern mit Standardlänge in 14 % der Fälle sekundär nicht mehr funktionierten, - die Gruppe mit Standard Kathetern hatte eine sekundäre Versagerquote von 45% In 86% der Seldinger-Langkatheter Gruppe wurde eine primär erfolgreiche Punktion erreicht, in der Standard-Katheter Gruppe waren es 84%. Vorausgegangen waren jeweils drei erfolglose Blindpunktionen. Dies bedeutet, dass primär eine ultraschallgesteuerte Punktion tiefer Venen mit Standard Kathetern erfolgreich sein kann, die Katheter aber sekundär häufig dislozieren. Im Rahmen einer total intravenösen Allgemeinanästhesie könnte dies natürlich fatal sein und das Risiko für Awareness steigern. (Elia, F. / Ferrari, G. / Molino, P. et al. / 2012)

Die Nutzung der Seldinger-Technik hat Vorteile, ist allerdings zeitaufwendiger. Für oberflächliche Venen reicht oft die Standardlänge beispielsweise ein rosa (G 22) Venflon mit 33 mm Länge. Tiefer gelegene Venen sollten mit 45-50 mm langen Kathetern punktiert werden, zum Beispiel Venflon mit Farbcodierung grün (G 18) oder grau (G 16). Einige Autoren empfehlen Venen distal der Ellenbeuge mit Standardlänge zu punktieren, proximal der Ellenbeuge dagegen immer mit 50 mm langen Kathetern.

Die drei Anästhesisten Erik Sloth, Lars Knudsen und Thomas Fichtner Bendtsen aus Dänemark, - Gründer der Seite usabcd.org -, die sich dem Point of Care Ultraschall verschrieben haben, empfehlen, dass mindestens die Hälfte der Katheterlänge im Gefäß liegen sollte, um eine sekundäre Dislokation zu vermeiden. (usabcd.org Sloth.E et al. 2015)

Eine Möglichkeit ist einen längeren Katheter, wie er zum Beispiel zur arteriellen Punktion genutzt wird, zu verwenden. Für die tiefen, proximal der Ellenbeuge gelegenen Venen bietet sich ein G 20 leader cath mit Seldingerdraht an. Diese Katheter können auch zur venösen Katheterisierung genutzt werden und sind vom Hersteller auch so gekennzeichnet. Die beiliegende Punktionsnadel ist 3,8 cm, der Katheter selbst ist 8 cm lang und kann demnach ausreichend tief im Gefäß zum Liegen kommen. Auch eine Punktion am Unterarm ist damit denkbar, aber seltener nötig. Es sind auch weitere kommerzielle Systeme sogenannte „Midline“- Katheter erhältlich, beispielsweise „Power Glide“ oder periphere Venenkatheter mit modifizierter Seldinger Technik, etwa „Accucath“ der Firma BARD / BD.

Die Tiefe, in der die Strukturen liegen, die auf dem Ultraschallbild dargestellt werden, ist an den meisten Geräten durch Anzeige in Millimeter oder Zentimeter am Bildschirmrand gut abschätzbar. Im Gegensatz zur Punktion oberflächlich sichtbarer oder palpierbarer Venen, bei der eher in einem flachen Winkel zur Haut eingestochen wird, sollte der Einstichwinkel bei der Punktion tiefer Venen nicht zu flach gewählt werden, um möglichst wenig Katheterlänge zu „verschenken“.

2.5.5 Auswahl geeigneter Gefäße

Prinzipiell kann jedes Gefäß, das nachfolgende Kriterien erfüllt, ultraschallgesteuert punktiert werden. Kleinkalibrige Venen mit einem Durchmesser unter 4 mm sind schwierig zu punktieren. Der Durchmesser sollte ≥ 4 mm sein. Sehr oberflächlich oder sehr tief liegende Venen sind schwierig zu punktieren. Die Tiefe, in der die zu punktierende Vene liegt, sollte zwischen 3 bis 15 mm unter der Hautoberfläche sein.
(Witting, MD. / Schenkel, SM. / Lawner BJ et. al 2010)

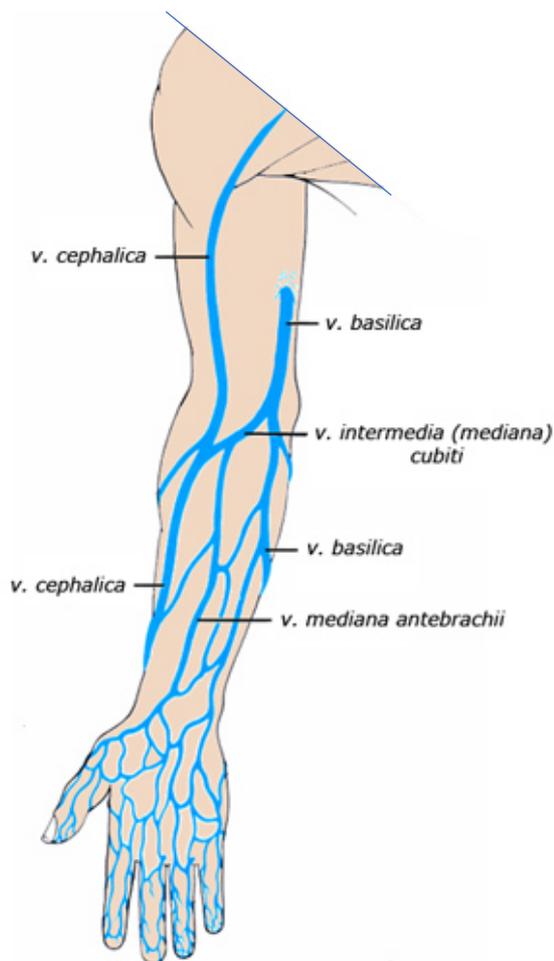


Abbildung 7
Armvenen mobile.dspace.ut.ee (2017)

Besonders geeignet sind die Venen in der Ellenbogenbeuge (Fossa cubitalis), also die Vena mediana cubiti sowie die Vena cephalica und Vena basilica.

Es bietet sich an, den Schallkopf in der Ellenbogenbeuge aufzusetzen und dann distal und proximal davon nach geeigneten Gefäßen zu suchen.

Direkt proximal der Fossa cubitalis läuft die Vena basilica, noch eher entfernt vom Nervus medianus und der Arteria brachialis. Im weiteren Verlauf läuft sie tiefer und nähert sich diesen an.

Tiefer gelegen befindet sich die Vena brachialis, die häufig paarweise angeordnet ist und in direkter Nähe zur Arteria brachialis und dem Nervus medianus verläuft.

Eine ultraschallgesteuerte Punktion der tiefen brachialen Venen ist zwar möglich, es gilt allerdings die Katheterlänge entsprechend zu wählen und auf die erwähnte benachbarte Arterie und den Nerv zu achten.

Einige Autoren nennen weiterhin die Vena jugularis externa als möglichen geeigneten Punktionsort.
(Bradley, A. / Wallace / Todd / Taylor / 2017)

Panebianco et.al. untersuchten 2009, welche Patienten und welche venenbezogenen Eigenschaften mit einer erfolgreichen ultraschallgesteuerten Platzierung eines peripheren Venenkatheters assoziiert sind. Die verwendeten Katheter waren G 20 Katheter mit 49 mm Länge.

Das Ergebnis lautet, dass die Tiefe des Gefässes bis zu einem Wert von 1,6 cm einen schwächeren Einfluss als der Durchmesser des Gefässes hat. Bei Gefässtiefen zwischen 0,2 – 1,6 cm variiert die Erfolgsrate nur noch zwischen 67% und 77%. Über 1,6 cm waren keine erfolgreichen Punktionsmöglichkeiten möglich. Der Gefässdurchmesser war hingegen für eine erfolgreiche Punktion wichtiger, - bei kleinerem Durchmesser als 0,3 cm waren nur 56% und bei grösserem Durchmesser als 0,6cm waren 92% der Punktionsmöglichkeiten erfolgreich.

In der folgenden Tabelle detailliert dargestellt:

	Success Rate
Vessel diameter (cm)	
≤0.3	24/43 (56%)
>0.3–0.4	56/88 (64%)
>0.4–0.5	45/73 (62%)
>0.5–0.6	17/20 (85%)
>0.6	11/12 (92%)
Vessel depth (cm)	
≤0.2	4/6 (67%)
>0.2–0.4	20/31 (64%)
>0.4–0.6	35/49 (71%)
>0.6–0.8	26/41 (63%)
>0.8–1.0	26/39 (67%)
>1.0–1.2	17/28 (61%)
>1.2–1.4	17/22 (77%)
>1.4–1.6	8/12 (67%)
>1.6	0/8 (0%)

Values represent the number of successful IVs placed by category. The calculated proportion is in parentheses.
US = ultrasound.

Abbildung 7
Einfluss von Tiefe und Durchmesser auf die Erfolgsrate Panebianco et al. (2009)

Die patientenbezogenen Kriterien erwiesen sich in der Untersuchung hingegen als irrelevant. Das bedeutet, dass die üblichen Kriterien, die eine Punktion schwierig machen, wie Adipositas, Ödeme im Punktionsgebiet, Drogen-Abusus etc., keinen Unterschied im Punctionserfolg machten. Die Autoren beschrieben das mit „what you see is what you get“, bezogen auf die Sichtbarkeit mit dem Ultraschall und empfehlen sich nicht von patientenbezogenen Faktoren verunsichern zu lassen.

Wenn das Gefäss sich mit Ultraschall gut darstellen lässt, ist es egal, ob der Patient auf herkömmliche Art schwierig zu punktieren wäre. (Nova L. Panebianco, MD. / MPH / Jenna M. Fredette, MD / Demian Szyld, MD et al. 2009)

Meiner eigenen Erfahrung nach ist es essentiell, den Gefässdurchmesser und die Tiefe korrekt zu bestimmen. Ich habe in der praktischen Anwendung einige Male periphere Venen punktiert, die zu tief für die gewählte Katheterlänge lagen. Dies führte dazu, dass ich erfolgreich punktierte, - bei der Lagerung des Patienten oder bei stärkeren Bewegungen allerdings rutsche der Katheter wieder aus der Vene heraus. Der Winkel muss initial wirklich steil, also 45 Grad sein, um genug Katheterlänge in der Vene platzieren zu können.

Die korrekte Lage, mit genügend Katheterlänge intravasal, sollte möglichst sonographisch In-Plane kontrolliert werden. Gegebenenfalls unter Bolus Applikation von 10 ml NaCl. 0,9%.

2.5.6 Dynamische Positionierung der Nadelspitze / Dynamic needle tip positioning

Bei der Short Axis / Out-Of-Plane Vorgehensweise empfiehlt sich die Technik der dynamischen Positionierung der Nadelspitze. Nachdem das gewünschte Gefäss sonographisch identifiziert wurde, wird die Nadel quer zum in kurzer Achse gehaltenen Schallkopf eingestochen und die Nadel als echoreicher Punkt identifiziert. Man fährt nun mit dem Schallkopf den Nadelschaft entlang, bis die Nadel aus dem Sichtbereich verschwindet. Der Punkt kurz vor dem Verschwinden ist die Nadelspitze.

Nun wird der Schallkopf dem Gefässverlauf folgend einige Millimeter vorgeschoben, bis die Nadelspitze aus dem Sichtfeld verschwindet. Jetzt stoppt man mit dem Schallkopf und folgt mit der Nadel Richtung Gefäss, bis die Spitze wieder als heller Punkt im Ultraschallbild erscheint. Dann stoppt man sofort die Nadel und schiebt wieder den Schallkopf vor.

So ist die Nadelspitze immer im Sichtbereich und man vermeidet, dass der Schaft mit der Spitze verwechselt wird. Die Ausrichtung des Transducers im rechten Winkel zum Schliiff der Nadel verbessert die Darstellung dabei deutlich. Wenn das Gefäss erfolgreich punktiert wurde, zeigt sich Blut in der Kammer der Kanüle. Hiervon sollte man sich allerdings weniger leiten lassen, da die Nadelspitze unter Ultraschall sichtbar ist und ein durchstochenes Gefäss mit Hämatabildung auch Blut in der Kammer anzeigen würde. Die Kanüle wird nun wie gewohnt unter Vorschieben des Katheters zurückgezogen und der venöse oder arterielle Katheter fixiert. Durch Aufsetzen des Schallkopfs in langer Achse zum Gefäss kann die korrekte Lage des Katheters verifiziert werden.

Bei oberflächlicheren Venen kann man auch den Schallkopf neigen und damit den Verlauf der Nadelspitze unter Kontrolle halten.

2.5.7 Vergleich der beiden Methoden

Short Axis / Out-Of-Plane und Long Axis / In-Plane

Beide Methoden haben Vor- und Nachteile. Es gibt Untersuchungen, wonach die Kurzachsentechnik / Out-Of-Plane vor allem bei Anfängern erfolgreicher ist. Clemmesen, L. et al. haben 2012 in einer doppelblinden, kontrollierten und randomisierten Studie 59 Ultraschall-Unerfahrene Probanden an Gelatine-Phantomen Gefässe punktieren lassen.

Eine Gruppe (A) nutzte die Technik der dynamischen Positionierung der Nadelspitze in Short Axis / Out-Of-Plane. Die andere Gruppe (B) die Long Axis / In-Plane Methode. Ziel war es, die Nadelspitze im Zentrum des Gefässes darzustellen. Gruppe A hatte eine Erfolgsrate von 97%, Gruppe B von 81%. Die Nadelführung war in der Studie mit SAOOP und DNTP Technik also genauer.

Eine andere Studie von Mahler, SA. / Wang, H. / Lester, C. et al. verglich die beiden Techniken SA-OOP und LAX-IP bei 40 Patienten im Alter von 18-65 Jahren in einer Notfallstation. Jeweils 20 Patienten wurden in einer von beiden Gruppen randomisiert. Vorausgegangen waren jeweils zwei oder mehr frustrane Landmarkentechnik-Punktionen. Erfolgreich punktiert werden konnte zu 95% in der Kurzachsen-Gruppe und zu 85% in der Langachsen-Gruppe. Die Zeit bis zur erfolgreichen Punktion war bei der Kurzachsen-Gruppe mit 34 versus 91 Sekunden kürzer. Einschränkend muss gesagt werden, dass der Unterschied zwischen beiden Gruppen statistisch nicht signifikant war. Alle mit der Langachsen-Technik gescheiterten Punktionsversuche konnten allerdings mit der Kurzachsen-Technik erfolgreich wiederholt werden. (Mahler, SA. / Wang, H. / Lester, C. et al. / 2011)

Die Kurzachsen-Technik mit Out-Of-Plane Punktion scheint nach den meisten Autoren für unerfahrene Anwender besser geeignet. Erfahrenere Personen bevorzugen oft die lange Achse mit In-Plane Stichrichtung.

Meiner Einschätzung nach ist es sinnvoll, beide Techniken zu üben und zu beherrschen und dann die zu wählen, mit welcher man besser zurechtkommt oder beide zu kombinieren. Generell lässt sich sagen, dass bei der kurzen Achse mit Out-Of-Plane die Gefahr des Durchstechens der hinteren Gefässwand grösser ist, da es schwieriger wird, die Nadelspitze immer sichtbar darzustellen. Bei der Längsachsen-In-Plane-Technik ist diese Gefahr geringer, da immer die ganze Nadel sichtbar ist. Allerdings ist es schwieriger, Nadel und Schallkopf genau in einer Linie zu halten. Ein seitliches Verrutschen mit der Nadel neben das Gefäss ist hier eher möglich. Eine weitere sehr gute Möglichkeit ist es, beide Techniken zu kombinieren. Es wird Out-Of-Plane gestochen, um nach erfolgreicher Punktion des Gefässes in den In-Plane-Modus zu wechseln und die Nadelspitze unter direkter Sicht vorzuschieben. Das Risiko einer Perforation der hinteren Gefässwand ist so geringer. Da die Nadelspitze bereits im Gefässlumen liegt, darf der Schallkopf auch In-Plane lateral verschoben werden bis die Sicht optimal ist.

2.6 Studienlage zur ultraschallgesteuerten peripher venösen Gefässpunktion

Egan G., Healy D., O'Neill H. et al. haben in einer Metaanalyse und einem systematischen Review im Jahr 2013 verschiedene Arbeiten zur ultraschallgesteuerten, peripher venösen Punktion versus Standardtechnik verglichen. Inkludiert wurden randomisierte kontrollierte Studien, Probanden aller Altersgruppen mit schwierigen Venenverhältnissen. Outcome-Parameter waren Zeit zur Punktion, Punktionsversuche und erfolgreiche Gefässpunktion.

Die Erfolgsrate der Punktionen war in der Ultraschallgruppe grösser, die Zeit bis zur erfolgreichen Punktion, sowie die Anzahl der Punktionsversuche war bei beiden Gruppen gleich. Die Probandenzahl aller untersuchten Studien betrug 289 Patienten. Die Autoren der Metaanalyse empfehlen die ultraschallgesteuerte Punktion bei schwierigen Venenverhältnissen, wenn die herkömmliche Technik versagt hat. Die Durchführung weiterer Studien mit grösserer Probandenzahl sei nötig, um Aussagen über einen möglichen Benefit für die Anzahl der Punktionsversuche und die benötigte Zeitdauer treffen zu können.

Eine neuere Metaanalyse und ein systematisches Review von Stolz, L. A., Stolz, U., Howe, C. et al. von 2015, die im Journal of Vascular acces veröffentlicht wurde, untersucht sieben Arbeiten zum Thema ultraschallgesteuerter, peripher venöser Zugang. Das Ergebnis entspricht der Untersuchung von Egan et al. zwei Jahre früher. Die Autoren konnten keinen Unterschied in der Anzahl der Punktionsversuche und der Zeit bis zur erfolgreichen Kanülierung zwischen der ultraschallgesteuerten und der herkömmlichen Landmarkentechnik finden. Sie fanden allerdings auch eine grosse Heterogenität innerhalb der verschiedenen Studien für diese Outcomes. Dies wurde auf die grosse Variabilität des Könnens und der Erfahrung der Durchführenden der Intervention zurückgeführt. Der Endpunkt Erfolgsrate, also die erfolgreiche Venenpunktion, war bei Patienten mit schwierigen Venenverhältnissen in der Ultraschallgruppe aber grösser.

Eine ältere Untersuchung aus dem Jahr 2005 mit Fachärzten für klinische Notfallmedizin in US-amerikanischen Notfallstationen, die Palpation oder Landmarkentechnik mit ultraschallgesteuerter Punktion verglich, hat sogar eine 97%ige Erfolgsrate bei der ultraschallgesteuerten Punktion versus 33% in der Kontrollgruppe festgestellt. Vorausgegangen waren mindestens 3 erfolglose Punktionsversuche von erfahrenen Pflegekräften der Notfallstation und eine Vorgeschichte mit entweder schwierigen Venenverhältnissen, i.v-Drogen-Abusus, Adipositas oder chronischen medizinischen Problemen. Die Zeit bis zur erfolgreichen Punktion war in dieser Untersuchung ultraschallgesteuert allerdings kürzer und die Anzahl der Punktionsversuche niedriger in der Ultraschallgruppe. Die Anzahl der Probanden war mit 60 aber auch eher klein. Die durchführenden Ärzte waren im Umgang mit Ultraschall geschult und geübt.

(Costantino, TG. / Parikh, AK. / Satz, WA et al. / 2005)

Die Studienlage scheint also eher für die Nutzung von Ultraschall bei schwierigen Venenverhältnissen zu sprechen. Ich persönlich denke, die Kompetenz der Anwender hinsichtlich Punktionserfolg, aber auch die Schnelligkeit bis zur erfolgreichen Punktion hängt stark von der Übung der Massnahme und der Routine im Umgang mit dem Ultraschall ab. Es ist sicherlich hilfreich, sich mit der Theorie vertraut zu machen und anschliessend auch öfter bei nicht schwierigen Punktionen ultraschall-gesteuert zu punktieren, eben um genau diese Routine zu bekommen und zu erhalten. Die erworbene Kompetenz kann dann den Patienten mit schwierigen Venenverhältnissen zugutekommen.

2.7 Studienlage zur Ultraschallgesteuerten Punktion der A. Radialis

Die Nutzung von Ultraschall zur Punktion oder Katheterisierung der Arteria radialis scheint vor allem die Anzahl der Punktionsversuche zu reduzieren. Shiloh, AL. / Savel, RH. / Paulin, LM. untersuchten 2011 per systematischem Review und einer Metaanalyse 4 Studien mit 311 Probanden. Die Landmarken- oder Palpationstechnik (152 Personen) versus ultraschallgesteuerte Vorgehensweise (159 Personen). Die Nutzung von Ultraschall erhöhte die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreiche Erstpunktion um 71% im Vergleich zur Palpationstechnik.

Es wurden sowohl Erwachsene als auch Kinder in die untersuchten Studien mit einbezogen. Interessant ist zudem, dass die Studie aus dem Review mit nur 13,8 % erfolgreichen Erstpunktionen in der Ultraschallgruppe ebenfalls nur 13,9% in der Palpationstechnik aufzeigte. Die Anwender hatten einfach insgesamt nur wenig Erfahrung in der Punktion der Arteria radialis (<5 ultraschallgesteuerte Punktionen). Die Patienten waren zudem Kinder, was die Technik nochmals erschwert haben dürfte. (Shiloh, AL. / Savel, RH. / Paulin, LM. / 2011)

Tang, L. / Wang, F. / Li Y et al. bezogen sich im Jahr 2014 auf die Metaanalyse von Shiloh, AL. et al., als sie ein Update zur Metaanalyse von kontrolliert randomisierten Studien zur ultraschallgesteuerten Katheterisierung der Arteria radialis veröffentlichten. Sie inkludierten sieben Studien mit 482 Patienten, welche wieder die Landmarkentechnik mit der ultraschallgesteuerten verglichen und kamen ebenfalls zu dem Schluss, dass ultraschallgesteuert die Wahrscheinlichkeit der erfolgreichen Erstpunktion signifikant erhöht wird. In einer Subgruppenanalyse untersuchten sie zudem ob die Ultraschall Methode vor allem bei erfahrenen Anwendern, bei kleinen Kindern und selektiv im Operationsaal angewendet, der Landmarkentechnik überlegen ist. Weiterhin verkürzt sich die Zeit bis zur erfolgreichen Punktion und die Wahrscheinlichkeit eines Hämatoms am Punktionsort sinkt. In ihrer Zusammenfassung bestätigen die Autoren also die Überlegenheit der ultraschallgesteuerten Punktion, verweisen aber auf das nötige Training und Erfahrung der Anwender.

2.8 Asepsis und Hygiene

Da der Schallkopf direkt auf das Punktionsgebiet oder in unmittelbarer Nähe davon aufgebracht wird, ist eine hygienische Vorgehensweise wichtig. Oft wird der Schallkopf vor der eigentlichen Punktion mit unsterilem Gel versehen, um das Punktionsgebiet oder Gefäße und Nerven zu untersuchen. Dabei kommt er in Hautkontakt zum Patienten und damit auch zu den Erregern, welche die Haut besiedeln. Um Kreuzkontaminationen zwischen Patienten zu vermeiden, sollte vor und nach jeder Nutzung des Schallkopfes, insbesondere bei fehlender steriler Abdeckung, der Schallkopf mit einem speziell vom Hersteller zugelassenen Desinfektionsmittel gereinigt werden.

Zur eigentlichen Punktion gibt es 2 mögliche Vorgehensweisen, - entweder man verwendet unsteriles Gel und wischt dieses dann am Punktionsort vor der Punktion gründlich ab und desinfiziert dann wie gewohnt die Haut, - oder man desinfiziert zuerst die Haut und verwendet dann steriles Gel plus eine Abdeckung für den Schallkopf. Für die Abdeckung bietet sich zum Beispiel ein durchsichtiges steriles Pflaster wie Tegaderm Film an. Dies ist auch kostengünstiger als eine sterile Transducer Abdeckung, die das komplette Kabel der Ultraschallsonde mit abdeckt. Diese Vorgehensweise ist nur bei der arteriellen Kanülierung mittels Seldinger-Technik nötig. Das Robert Koch Institut empfiehlt bei arterieller Punktion ein steriles Lochtuch, sterile Handschuhe und einen Mund-Nasenschutz.

(Arvand, M. / Mielke, M. / 2017)

Die Schweizer Gesellschaft für Spitalhygiene unterscheidet zwischen einem kurzzeitigen Monitoring mittels arterieller Kanüle, wo dieselben Hygienemassnahmen wie beim peripheren Venenkatheter nötig sind und dem Langzeitkatheter mittels Seldinger-Technik, wo an der Arteria radialis ein Lochtuch, sterile Handschuhe und Mund- Nasen Schutz benutzt werden sollen.

(Schlegel, M. / Kuhn, R. Riedel, A. / 2018)

Sollte man steriles Gel verwenden, ist darauf zu achten bei der Punktion kein Gel mit der Punktionskanüle unter die Haut zu bringen. Die eigentliche Punktionsstelle sollte also frei von Ultraschall Gel sein. Händedesinfektion vor und nach der Punktion und das Tragen von Einmal- oder sterilen Handschuhen ist wie bei allen Eingriffen an Patienten Standard und sollte beachtet werden.

Das Robert Koch Institut empfiehlt in seiner „Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention“ bei schwierigen Venenverhältnissen von nicht intensivpflichtigen Patienten die Verwendung von Ultraschall zum Auffinden und zur Punktion von peripheren Venen, um eine ZVK Anlage zu vermeiden. Ein ZVK hat ein höheres Blutstrominfektionsrisiko als ein peripherer Katheter.

(Arvand, M. / Mielke, M. / 2017)

3. Schlussteil

3.1 Schlussfolgerung

Vorteile der ultraschallgesteuerten Gefässpunktion

Periphere Venen

- Visualisierung und Verwendung von Gefässen, die sonst nicht zu sehen wären
- es stehen mehr Gefässe für die Kanülierung zur Verfügung
- genauere Einschätzung von Venen-Lokalisation und -Durchgängigkeit
- Echtzeit-Visualisierung von Nadelplatzierung / genauere Nadelkontrolle
- weniger Komplikationen und mehr Patientenkomfort

Periphere Arterien

- genauere Einschätzung von Arterien-Lokalisation und -Durchgängigkeit
- schnellerer Zugriff
- proximalere Anlage des Katheters möglich
- Gefässpunktion und Katheteranlage auch an Stellen möglich,
 - die mit der traditionellen blinden Technik nicht erreichbar wären
- die Punktion der hinteren Arterienseite (Durchstechen) kann,
 - im Gegensatz zur blinden Technik, - vermieden werden
- weniger Versuche und bessere Ökonomie

(<http://usabcd.org> / 2015)

Bei der Auflistung zur Punktionsreihenfolge im „Larsen“, welche ich in Kapitel 2.3 dieser Arbeit zitiert habe, hat mich persönlich verwundert, dass nach Unterarm und Handrücken nicht etwa die Ellenbeuge als nächstes genannt wird, sondern die Vena jugularis externa. Meiner Erfahrung nach werden sowohl von mir, als auch von meinen Kollegen in der Regel jeweils immer zuerst die Ellenbeuge punktiert bevor man die invasivere Variante der Vena jugularis externa wählt, vor allem bei wachen Patienten. Als Grund für die Reihenfolge der Auflistung im „Larsen“ wird das Risiko der Punktion der Arteria brachialis und die Verletzung des Nervus medianus genannt. Durch die ultraschallgesteuerte Einlage des venösen Katheters in der Ellenbeuge lässt sich dieses Risiko deutlich vermindern. Zumal die Punktion der Vena jugularis externa auch Komplikationen wie Luftembolie oder Hämatabildung im sensiblen Halsbereich verursachen kann.

Nachteile der ultraschallgesteuerten Gefässpunktion

Diese liegen in der Notwendigkeit von Ausbildung und Training in der Technik.

Es ist zudem möglich, dass es zu einer Zeitverzögerung durch das Holen und Vorbereiten des Ultraschallgerätes kommt. Allerdings gilt hier wieder einschränkend,

dass man bei frühem Einsatz der ultraschallgesteuerten Punktion, insbesondere bei schwierigen Punktionsverhältnissen, Verzögerungen durch frustrane Blindpunktionen vermeiden kann. Durch Übung und Erfahrung in der Ultraschalltechnik ist aus meiner Sicht und Erfahrung eine schnelle Punktion möglich.

Ein weiterer Nachteil ist die eingeschränkte Verfügbarkeit der Geräte. Da diese in der Anästhesie häufig zur Regionalanästhesie verwendet werden, ist eine dauernde Verfügbarkeit nicht gewährleistet. Es gibt kleine kompakte Geräte, welche auch auf Station mitgenommen werden können, deren Anschaffung in der Zukunft erwogen werden könnte.

Keinen Nachteil, allerdings ein Risiko, sehe ich bei der peripher venösen Punktion darin, dass ein Katheter für die Tiefe der Vene nicht lang genug ist, beziehungsweise der Einstichwinkel zu flach gewählt wurde und die Katheter infolge sekundär dislozieren. Die 1-2-3 Regel, bezogen auf das zu punktierende Gefäß, also max. 1 cm tief, 2 cm lang und 3 mm breit, sollte unbedingt beachtet werden, um Paravasation oder Awareness im Rahmen einer Allgemeinanästhesie zu vermeiden. Die Katheterlänge, die intravasal liegt, sollte In-Plane kontrolliert werden und mindestens die Hälfte der Katheterlänge, besser zwei Drittel betragen.

Ein weiterer Nachteil ist, dass es für manche Patienten schmerzhafter sein kann, tief gelegene Gefäße zu punktieren, da die Prozedur länger dauert bis der Katheter im Gefäß ist und die Nadel Stück für Stück vorgeschoben wird. Hier kann erwogen werden zuvor eine Infiltrationsanästhesie zu machen, um den Patientenkomfort zu erhöhen.

3.2. Beantwortung der Fragen

Die Kernfrage lautete:

„kann die Sonographie auch zur peripheren Gefässpunktion sinnvoll genutzt werden?“

Ich kann diese Frage nach dem erstellen dieser Arbeit und dem praktischen Arbeiten mit dieser Technik für mich selbst mit einem klaren „Ja“ beantworten. Sie kann vor allem dann sinnvoll genutzt werden, wenn man bereit ist sich darauf einzulassen und ausreichend übt. Dann, aber auch nur dann, ist sie in meinen Augen ein sinnvolles „Werkzeug“, welches nachweislich und konkret die Handlungskompetenz am Patienten erhöht. Was nachvollziehbarerweise eher nicht funktioniert ist ein Loslegen ohne Vorwissen und Übung, um dann aufgrund des ausbleibenden Erfolgs die Schuld an der Technik selbst zu suchen. Es braucht

meiner Erfahrung nach neben dem theoretischen Grundlagenwissen eben auch entweder Übung am Phantom oder eine erfahrene Person, welche anleitet.

Es braucht circa 20 ultraschallgesteuerte Punktionen bis die Lernkurve deutlich ansteigt und man sicher punktiert. Dann ist eine Nutzung sicher auch aus Patientensicht sinnvoll.

Ein nicht zu unterschätzender Faktor bei der Frage nach der sinnvollen Nutzung ist die benötigte Zeit. Das Ultraschallgerät muss in nutzbarer Frist am Patienten verfügbar sein. Muss es zuerst von weiter entfernt geholt werden, ist es unwahrscheinlich, dass es auch genutzt wird. Wenn es dann direkt greifbar ist, muss der Anwender eben auch die bereits angesprochene Routine haben, um die Punktion zeitnah erfolgreich durchzuführen zu können.

Die Vorbereitung zum Einrichten des Arbeitsplatzes ist vor allem anfangs zeitintensiv, es dauert etwas bis die Handgriffe sitzen. Mit der entsprechenden Übung und dem benötigten Material ad hoc, sollte die Prozedur allerdings auch im engen Zeitrahmen der Einleitung gut durchführbar sein, zumal die Punktion ultraschallgesteuert vor allem dann zum Einsatz kommt, wenn die Punktion schwierig ist und vermutlich auch mit herkömmlicher Technik länger dauern würde.

Als ich mit dieser Arbeit begann, hatte ich bereits den Kurs über die US-gesteuerte Anlage peripherer Verweilkanülen in Basel am SIGA / SGAR Kongress besucht, jedoch wenig tatsächliche Praxis an Patienten.

Im Verlauf der Erstellung dieser Arbeit habe ich in der Praxis so oft es möglich war den Ultraschall für peripher venöse und arterielle Punktionen genutzt und im Lauf der Zeit zunehmend Erfahrung gesammelt. Anfangs mit mittelmässigem Erfolg und auch einigen Rückschlägen, gelang es mir immer besser und vor allem schneller erfolgreich ultraschallgesteuert zu punktieren. Auch bei Patienten, die auf Station waren oder in den Aufwachraum zur Blutentnahme gebracht wurden, habe ich versucht so oft wie möglich ultraschallgesteuert zu punktieren. Ich denke manchem Patienten wurde so eine mehrfache Punktion erspart.

Auf der Homepage von usabcd.org habe ich einen sehr gut aufgebauten Online Kurs zur Ultraschall gesteuerten Punktion peripherer Gefässe absolviert, der mit echten animierten Ultraschallbildern die Thematik sehr gut darstellt. Der Online Kurs enthält auch einen pre- und post-Test in deutscher Sprache.

Den Kurs von Basel habe ich dann am SIGA / SGAR Kongress 2017 in Interlaken nochmals wiederholt, um noch mehr praktische Übung und Erfahrung zu sammeln. Ich muss aber gestehen, dass in der Rolle, die ich als Studierender in Anästhesiepflege inne habe, eine Punktion der Arteria radialis während der Narkoseeinleitung oft nicht möglich war, da ich am Kopf des Patienten „gefangen“ war und das Management der Beatmung und die Überwachung sicherstellen musste, während der Arzt die Punktion vornahm.

Bei intraoperativen Einmalpunktionen zur Blutgasanalyse wiederum liess sich das besser umsetzen. Auch das bereits genannte Thema Zeit war ein limitierender Faktor.

Gerade der erste Punkt im Saal muss möglichst schnell eingeleitet sein, denn wie wir alle wissen bedeutet die Ressource Zeit auch Geld im Operationssaal und die jeweiligen Operateure warten nachvollziehbarerweise äusserst ungerne.

Als Studierender bin ich zudem fast ausschliesslich im Frühdienst eingeteilt, um möglichst viel Erfahrung bei der Durchführung von Anästhesien zu bekommen. Dadurch entfällt die Möglichkeit vermehrt auf den Abteilungen bei schwierigen Venenpunktionen die Sonographie zu nutzen. Ich denke aber, wenn ich mein Nachdiplomstudium in Anästhesiepflege erfolgreich abgeschlossen habe und andere Dienste auch in der „weissen Zone“ machen werde, bietet sich dann sicher vermehrt die Möglichkeit zur ultraschallgesteuerten Punktion. Ich habe mir jedenfalls vorgenommen, die Sonographie dann noch intensiver zu nutzen.

Die Leitfragen lauteten:

„Wie sieht die wissenschaftliche Studienlage zu der Thematik aus? Gibt es Belege für oder gegen den Einsatz dieser Technik?“

Diese Frage lässt sich trotz teils eher kleiner Studien mit wenig Studienteilnehmern zugunsten der ultraschallgesteuerten Punktion deuten. Es werden deutliche Steigerungen in der Erfolgsrate insgesamt, in der erfolgreichen Erstpunktion und teilweise auch in der benötigten Zeit beschrieben. Belege die eindeutig dagegen sprechen fand ich keine. Die Autoren verweisen häufig auf die Abhängigkeit der Erfolgsrate von Erfahrung und Können der Anwender. Dies interpretiere ich wiederum so, dass man vor allem Anfangs auch bei einfachen Punktionen Ultraschall verwenden kann, um Sicherheit und Routine in dieser Technik zu erlangen, die man dann bei schwierigen Punktionen nutzen kann.

„Wie muss man konkret vorgehen? Welche Technik eignet sich am besten?“

Diese Frage lässt sich aus der Kurzanleitung im Anhang beantworten. Grundsätzlich ist es wichtig, sich mit dem Medium Ultraschall vertraut zu machen und zu verstehen was auf dem Bildschirm zu sehen ist. Dann muss verstanden werden, dass es darum geht, die Nadelspitze immer unter Kontrolle zu haben. Ungewohnt ist anfangs sicher, dass man jeweils lange und ggf. dicke Katheter, also zum Beispiel einen Venflon 16 G grau für Patienten nehmen muss, denen man normalerweise, maximal einen rosa Venflon G 20 legen würde. Diese Patienten haben oft „gute Venen“ allerdings so tief gelegen, dass man sie nur mit Ultraschall identifizieren und punktieren kann. Ich habe die Erfahrung gemacht, dass es die beste Möglichkeit ist beide Techniken zu kombinieren. Es ist für die Punktion des Gefässes leichter in Kurzachsensicht Out-Of-Plane vorzugehen und dann, nachdem man die Nadelspitze in Zentrum des Gefässes dargestellt hat, in die Langachsensicht In-Plane zu wechseln. Danach lässt sich die Nadel unter direkter Sicht vorschieben. Das Problem des kleinen Schallvorhangs ist dann nicht mehr relevant, da der Schallkopf jetzt, wo die Nadel bereits im Gefäss liegt, auch lateral verschoben werden darf.

„Lässt sich im eigenen Spital die Nutzung durch die Pflege umsetzen?“

Ich bin mir sicher, dass sich die Nutzung von Sonographie zur peripheren Gefässpunktion durch die Pflege umsetzen lässt. Es benötigt dafür aus meiner Sicht

vor allem primär das Interesse an der Thematik und natürlich eine Teilnahme an der entsprechenden Weiterbildung, beispielsweise eben an dem gut aufgebauten

Online Kurs unter usabcd.org, sowie sicher zusätzlich an einem praktischen Kurs wie der, welcher aktuell am SIGA / SGAR Kongress regelmässig stattfindet. Dann muss man einfach anfangen, - den Schallkopf in die Hand nehmen und üben. Eine Möglichkeit ohne viel Zeitdruck zu üben, bei der auch der Patient nicht gestresst wird, ist den oft indizierten zweiten Venflon „schlafend“ ultraschallgesteuert zu legen. Die Kurzanleitung zur Vorgehensweise, die sich im Anhang dieser Arbeit befindet, soll dabei eine praktische Hilfestellung sein. Die Nutzung von Ultraschall kann auch wirklich Spass machen, wenn man den Erfolg sieht, den man damit haben kann. Das Ganze soll natürlich keinesfalls zur Spielerei verleiten, bei der man die Zeit aus den Augen verliert. Selektiv eingesetzt denke ich aber an einen klaren Benefit für die Patienten und an eine Steigerung der Berufszufriedenheit bei der Anwendung.

„Nutzen wir im Gesundheitszentrum Fricktal das volle Potential dieser durchaus teuren Technik aus?“

Diese Frage würde ich nach dem Erstellen dieser Arbeit derzeit eher mit „Nein“ beantworten. Es wird meiner Erfahrung nach eher selten und oft erst nach mehrmaliger Fehlpunktion das Ultraschallgerät zur Punktion der Arteria radialis genutzt. Für die peripher venösen Punktionen gilt dasselbe, auch hier wird bisher kaum Ultraschall genutzt. Der Grund dafür scheint zu sein, dass das Ultraschallgerät von vielen nur als Hilfsmittel des Arztes für die Plexusanästhesie gesehen wird, man selbst die Technik und Einstellungen nicht kennt und keine Übung und Erfahrung damit hat.

Die modernen Ultraschallgeräte bieten viele Einstellungen und Hilfsmittel, wie Preset für Gefässpunktionen mit optimalen Voreinstellungen und Hilfslinien auf dem Monitor, um Gefäss und Nadel genau in der Mitte des Bildschirms darstellen zu können. Die Tiefe eines Gefässes lässt sich durch die Tiefenanzeige am Rand gut abschätzen. Der Farbdoppler kann genutzt werden, um Gefässe zu erkennen und unterscheiden zu können und der Power Farbdoppler, um die Nadel in der Out-Of-Plane Technik durch Wackeln sichtbar zu machen. Dies alles wird bedauerlicherweise bisher eher selten genutzt und somit das Potential der Geräte nicht ausgeschöpft.

Selbstverständlich ist es legitim, weiterhin mit Landmarkentechnik und Palpation zu punktieren, wenn man bisher damit erfolgreich war. Ich möchte hier vor allem einen Denkanstoss geben und dazu anregen, auch einmal neue Dinge zu wagen.

Ich plädiere nicht für einen absolut routinemässigen Einsatz von Ultraschall, allerdings für den selektiven, dann aber auch frühen Einsatz der ultraschallgesteuerten Punktion.

3.3. Reflexion

Als ich in meinem beruflichen Umfeld gefragt wurde, was das Thema meiner Diplomarbeit sei und ich dann mit „Ultraschall zur peripheren Gefässpunktion“ antwortete, erntete ich häufig eher skeptische Blicke.

Auch Sätze wie „... *das ist doch eher so eine Spielerei ...*“ fielen. Ich war anfangs auch etwas skeptisch, ob das Thema genug hergeben würde. Als ich dann aber mit der Literaturrecherche begann und zahlreiche Arbeiten und im Internet Infos zum Thema fand, begann mich das Thema wieder zunehmend stark zu faszinieren. Deshalb beschloss ich es zu wagen und dieses für die Pflege vielleicht eher „exotische“ Thema zu wählen.

Das Erstellen der Diplomarbeit war eine Sache, immer die Zeit zu finden, um das Ultraschallgerät zu holen, hochzufahren, um dann praktisch damit zu arbeiten, eine andere. Zumal das Gerät, wie bereits erwähnt, manchmal auch belegt war.

Ich möchte mich an dieser Stelle auch nochmals herzlich bei den Ärzten bedanken, die mich unterstützt haben und mir ausreichend Zeit einräumten, die ich anfangs benötigte, um die Punktion ultraschallgesteuert vorzunehmen. Nach wie vor scheint mir, dass die Nutzung von Ultraschall für Gefässpunktionen für manche Menschen wie eine persönliche Niederlage erscheint. „... *so etwas braucht man doch nicht, das geht doch auch so ...*“ etc.

Selbstverständlich ist gerade die peripher venöse Punktion in den meisten Fällen einfach und geht schnell. Es gibt aber auch jene Patienten, bei denen man sich selbst und den Betroffenen viel ersparen würde, wenn man früher oder primär ultraschallgesteuert punktieren würde. Man sieht mit den modernen hochauflösenden Ultraschallgeräten einfach direkt, was man gerade punktiert und verlässt damit den üblichen „Blindflugmodus“.

Die Studienlage spricht für diese Technik. Letztendlich gehört es meiner Meinung nach auch zum Berufsverständnis, das man sich selbst und damit auch den Beruf weiterentwickelt und Neuerungen gegenüber aufgeschlossen und zugänglich ist. Bei Interesse von Seiten der Anästhesiepflegenden und Ärzten wäre sicher auch eine eigene In-House Schulung interessant und sinnvoll.

Im Übrigen gibt es im Internet auch Anleitungen, um sogenannte „Blue Phantoms“ aus Schläuchen und Gelatine selbst herzustellen, um damit praktisch die ultraschallgesteuerte Gefässpunktion üben zu können.

4. Literaturverzeichnis

Bücher

- Banholzer, J. / Banholzer, P. / 2015
Sonographie BASICS
München / Urban & Fischer
- Blank, W. / Gebhard, M. / Osterwalder, J. / 2014
Kursbuch Notfallsonographie
Stuttgart, Thieme Verlag
- Böhme, R. / Schneider, T. / Wolcke, B. / 2011
Taschenatlas Rettungsdienst
Ingelheim, Naseweis Verlag
- Grau, T. / Mäcken, T. / 2009
Ultraschallgestützte Punktionen in der Anästhesiologie
Neckargemünd, Medical Publishing Verlag
- Hillmann, R. / Döffert, J. / Nöldeke, S. / 2009
Praxis der anästhesiologischen Sonografie
München, Elsevier Urban & Fischer
- Larsen, R. / 2013
Anästhesie
München, Elsevier Urban & Fischer

Auszüge aus Zeitschriften

- Costantino, TG. / Parikh, AK. / Satz, WA. / 2005
Ultrasonography-guided peripheral intravenous access
versus traditional approaches in patients with difficult intravenous access
Ann Emerg Med. / 2005 Nov / 46(5):456-61
- Elia, F. / Ferrari, G. / Molino, P. et al / 2012
Standard-length catheters vs long catheters in ultrasound-guided
peripheral vein cannulation
Am J Emerg Med. / 2012 Jun. / 30(5):712-69
- Egan, G. / Healy, D. / O'Neill, H. et.al / 2013
Ultrasound guidance for difficult peripheral venous access:
systematic review and meta-analysis
Emerg Med J. / 2013 Jul / 30(7):521-6

Clemmesen, L. / Knudsen, L. / Sloth, E. et al. / 2012
Dynamische Positionierung der Nadelspitze / Ultraschallkontrolle des
peripheren Gefäßzugangs / Eine von Ultraschallanfängern durchgeführte
randomisierte, kontrollierte Blindstudie an Phantomen
Ultraschall in der Medizin 2012 / 33(7): E321-E325

Mahler, SA. / Wang, H. / Lester, C. et al. / 2011
Short- vs long-axis approach to ultrasound-guided peripheral intravenous
access:
a prospective randomized study
Am J Emerg Med. / 2011 Nov. 29(9):1194-7.

Nova, L. / Panebianco, MD. / MPH. / Jenna, M. / Fredette, MD. / Demian
Szyld, MD et al / 2009 What You See (Sonographically) Is What You Get:
Vein and Patient Characteristics Associated With Successful Ultrasound-
guided Peripheral Intravenous Placement in Patients. With Difficult Access.
Academic Emergency Medicine Vol. 16, Issue 12:1298-1303

Stolz, L A Stolz, U, Howe, C et al (2015) Ultrasound-guided peripheral venous
access: a meta-analysis and systematic review Journal of Vascular Access
2015; 16 (4): 321-326

Shiloh, AL. / Savel, RH / Paulin, / LM / 2011
Ultrasound-guided catheterization of the radial artery:
a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials Chest
2011 Mar;139(3):524-529.

Witting, MD / Schenkel, SM / Lawner, BJ. et al. / 2010
Effects of vein width and depth on ultrasound-guided peripheral intravenous
success rates
J Emerg Med. / 2010 Jul;39(1):70- 5.

Online Informationen

Arvand, M. / Mielke, M. / 2017
Prävention von Infektionen, die von Gefäßkathetern ausgehen
abgefragt am 19.03.2018 von
https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/Krankenhaushygiene/Kommission/Downloads/Gefaesskath_Inf_Teil2.pdf?__blob=publicationFile
Bradley, A. / Wallace, Todd / Taylor
Ultrasound-Guided Venous Access
abgefragt am 07.01.2018 von
<https://cdemcurriculum.com/ultrasound-guided-venous-access/>

Mirwald, B. / 2012

Vom unhörbaren Ton zum sichtbaren Bild – wie funktioniert Ultraschall?
abgefragt am 17.12.2017 von
<http://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/ultraschall/>

Schlegel, M / Kuhn, R. / Riedel, A. / 2018 arterieller Katheter
abgefragt am 19.03.2018 von <https://www.guidelines.ch/page/2266/arterielle-katheter>

Soar, J. / Nolan, J.P. et al. / 2015

Erweiterte Reanimationsmassnahmen für Erwachsene
(„adult advanced life support“)
abgefragt am 16.12.2017 von
<http://ercguidelines.elsevierresource.com/european-resuscitation-council-guidelines-resuscitation-2015-section-3-adult-advanced-life-support#dALStreatmentalgorithm>

Sloth, E. / Knudsen, L. / Fichtner / Bendtsen, T.
E-Learning Kurs Peripheral Vascular Access
abgefragt am 29.12.2017 von <http://usabcd.org/>

Unterrichtsunterlagen

Castelli, I. / 2017, März

Gefahren und Komplikationen der Anästhesie

Fontana, F. / 2017, Juni

Entwicklungen und Tendenzen in der Anästhesie

Sperl, K. / 2016, Oktober

Monitoring, nicht invasives und invasives Blutdruck Monitoring

Abbildungen

Abbildung 1

Reflexion von Ultraschall an Organen, Heintze, B / Mirwald, B / 2012
abgefragt am 07.09.2017 von
<http://www.weltderphysik.de/thema/hinter-den-dingen/ultraschall/>

Abbildung 2

verschiedene Sondentypen Kalumet / 2004
abgefragt am 07.09.2017 von
<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=23991357>

Abbildung 3

mod. nach Grau, T. / Mäcken, T. / 2009
Ultraschallgestützte Punktionen in der Anästhesiologie / S.11
Neckargemünd, Medical Publishing Verlag

Abbildung 4

Short Axis out-of-plane Wolf, A / Eichholz, R. / Notheisen / 2016
Ultraschall in der Anästhesiologie / S.34 / Filderstadt, AEN Sono

Abbildung 5

Long Axis in-plane Wolf, A. / Eichholz, R. / Notheisen, T. / 2016
Ultraschall in der Anästhesiologie / S.35 / Filderstadt, AEN Sono

Abbildung 6

Armvenen mobile.dspace.ut.ee / 2017
abgefragt am 30.10.2017 von
<http://mobile.dspace.ut.ee/bitstream/handle/10062/17594/joonis5.jpg>

Abbildung 7

Nova, L. / Panebianco / Jenna, M. / Fredette / Demian / Szyld et al. / 2009
What You See (Sonographically) Is What You Get:
Vein and Patient Characteristics, Associated With Successful Ultrasound-
guided Peripheral Intravenous Placement in Patients With Difficult Access.
Academic Emergency Medicine, Vol. 16, Issue 12: S.1301

Abbildung 8

Beispiel für Richten, - Material, Schallkopf / eigene Darstellung

Abbildung 9

Beispiel für eingerichteten Arbeitsplatz / eigene Darstellung

Abbildung 10

Fingerklopfest/ eigene Darstellung

Abbildung 11

Tegaderm anbringen /eigene Darstellung

Abbildung 12

Arterien Set /eigene Darstellung

Abbildung 13

Gain & Depth GE Healthcare (2018) digital quick guide to the Venue 40
abgefragt am 03.04.2018 von
https://iamu.logiqclub.net/data/html5/venue40_V7/_assets/01_HOME/index.html?lang=de

Abbildung 14

Zubehör Punktion /eigene Darstellung

Abbildung 15

Vorgehen Punktion / eigene Darstellung

Abbildung 16

steriles Ultraschallgel / eigene Darstellung

Abbildung 17

N.Medianus. Perera, P (2010) Peripheral Venous Access Under Ultrasound Guidance - Part 1 - SonoSite, Inc.
abgefragt am 03.04.2018 von
<https://www.youtube.com/watch?v=IREUPXCpK8Y>

Abbildung 18

Vene vs Arterie Perera, P (2010) Peripheral Venous Access Under Ultrasound Guidance - Part 1 - SonoSite, Inc.
abgefragt am 03.04.2018 von
<https://www.youtube.com/watch?v=IREUPXCpK8Y>

Abbildung 19

Escolar, V R (2015) Short Axis Ultrasound guided peripheral Vein Cannulation
abgefragt am 03.04.2018 von
<https://www.youtube.com/watch?v=4TSQVWn5JKw>

Abbildung 20

Escolar, V R (2015) Long Axis) Ultrasound guided peripheral Vein Cannulation
abgefragt am 03.04.2018 von
<https://www.youtube.com/watch?v=4TSQVWn5JKw>

Abbildung 21

ultraschallgestützte Punktion / eigene Darstellung

Abbildung 22

Darstellung Gefässtiefe Emme, S (2012) ultrasound guided peripheral IV course by Siegfried Emme
abgefragt am 04.04.2018 von
<https://www.youtube.com/watch?v=d8VFgb9Edfw>

Abbildung 23

Dynamische Positionierung der Nadelspitze Kamata, T, Tomita, M, Lehara, N (2016) Ultrasound-guided cannulation of hemodialysis access
abgefragt am 04.04.2018 von
<https://rrtjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41100-016-0019-1>

Abbildung 24

Nadelsicht In-Plain Escolar, V R (2015)
Ultrasound guided peripheral Vein Cannulation abgefragt am 04.04.2018 von
<https://www.youtube.com/watch?v=4TSQVWn5JKw>

4.1 Anhang

Kurzanleitung Ultraschall periphere Gefäßpunktion

Indikationen

- schwieriger Gefäß Status z.B. bei ...
 - vernarbtes / verbranntes Gewebe
 - Exikose / Dehydration
 - ödematöse Extremität
 - Notfallsituationen
 - i.v -Drogen Missbrauch,
 - Hypothermie
 - Adipositas
 - Kinder

- Zustand nach >2 herkömmliche Punktionsversuche

Benötigtes Material

- Ultraschallgerät mit Hochfrequenz- Linearschallkopf
 - möglichst langer Venenkatheter
 - Arteriennadel / Flow Switch
 - steriles Ultraschallgel
 - Tupfer mit Ethanol o.ä.
 - Tegaderm Film
 - Stauschlauch, bei venöser Punktion
 - Venflonverband
-
- bei arteriellen Punktionen
 - Arterienset
 - Infusion / Druckinfusion mit NaCl 0,9%



Abbildung 8
Beispiel für Richten, -Material, Schallkopf / eigene Darstellung

Arbeitsplatz einrichten

1 Anwender / **2** Patient & Kanüle / und **3** Gerät
sollten in einer Linie sein ...

- Blick auf Bildschirm, ohne Kopf drehen zu müssen, bequeme Position wählen, Tisch hoch,- oder Stuhl nehmen
- nicht freihändig arbeiten, Arme / Ellenbogen abgestützt
- Schallkopf tief unten fassen
- Bewegungen mit Nadel und Schallkopf kommen aus den Fingern / Handgelenk
- Patienten Arm lagern, so fixieren, dass der Schallkopf flach auf der Haut aufliegt



Abbildung 9
Beispiel für eingerichteten Arbeitsplatz / eigene Darstellung

Ultraschallgerät einrichten

- Netzstecker einstecken / Gerät einschalten
lineare Sonde wählen
- Markierung am Schallkopf
immer links vom Anwender / rechts von Patienten
wenn unsicher, - Fingerklopfest
- Finger (Handschuh) mit etwas Gel bestreichen,
Ecke der Sonde mit Finger beklopfen,
auf Monitor schauen ob links oder rechts Bewegung erscheint

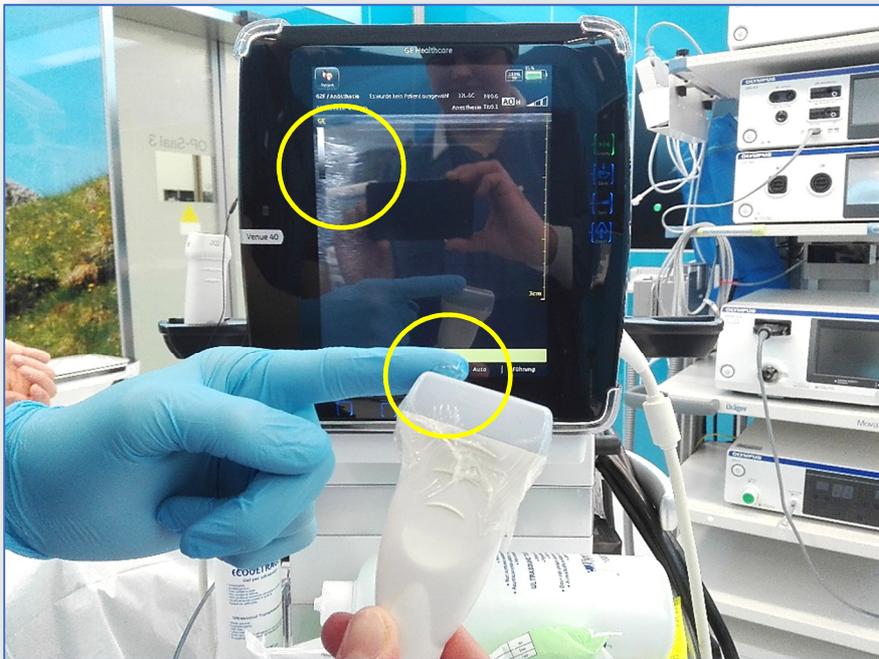


Abbildung 10
Fingerklopfest / eigene Darstellung

- Tegaderm Film blasenfrei auf Schallkopf anbringen, jetzt nicht mehr anfassen -Steril



Abbildung 11
Tegaderm anbringen / eigene Darstellung

- bei Arterie mit Seldinger- Technik sterile Kautelen
- sterilen Schallkopfüberzug / blaues Einmalset / sterile Handschuhe etc.

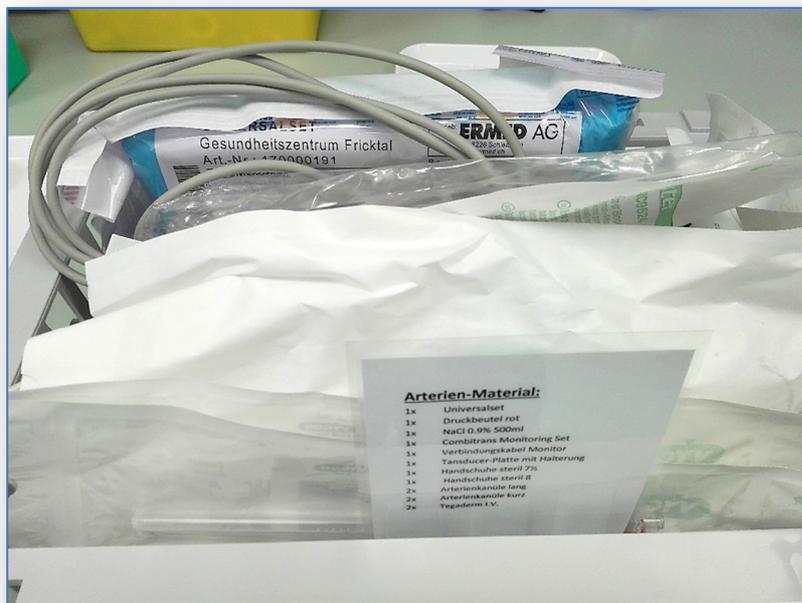


Abbildung 12
Arterien Set / eigene Darstellung

- Tiefe (Depth) so einstellen,
dass das Gefäß in Mitte des Bildschirmes liegt
- Helligkeit (Gain) so einstellen,
dass das Gefäß und umliegende Strukturen gut erkannt werden können



Abbildung 13
Gain & Depth von
https://iamu.logiqclub.net/data/html5/venue40_V7/_assets/01_HOME/index.html?lang=de

Vorgehen Punktion

- bei venöser Punktion, - Stauschlauch anbringen
- Nadel in gewohnter dominanter Hand, Sonde in anderer Hand
- Hautdesinfektion der Einstichstelle, inkl. Einwirkzeit



Abbildung 14
Zubehör Punktion / eigene Darstellung

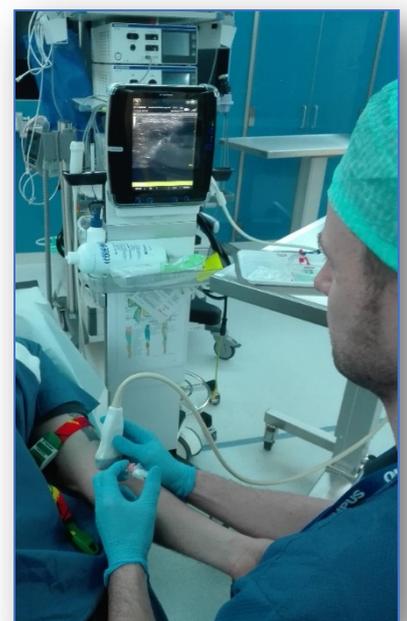


Abbildung 15
Vorgehen Punktion / eigene Darstellung

- steriles Gel entweder auf Punktionsgebiet und / oder auf mit Tegaderm Film überzogenen Schallkopf aufbringen

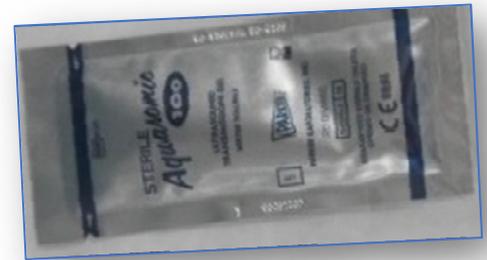


Abbildung 16
steriles Ultraschallgel / eigene Darstellung

- distal und proximal der gewünschten Punktionsstelle in kurzer Achse mit Schall untersuchen und umliegende Strukturen identifizieren, - z.B. **Nerven** Gefäßverlauf darstellen und geeignete Punktionsstelle identifizieren



Abbildung 17
Nervus medianus. Perera, P. (2010)

- Unterscheidung von Vene / Arterie durch Kompression
- komprimierbar = Vene / pulsiert = Arterie, ggf. Doppler nutzen

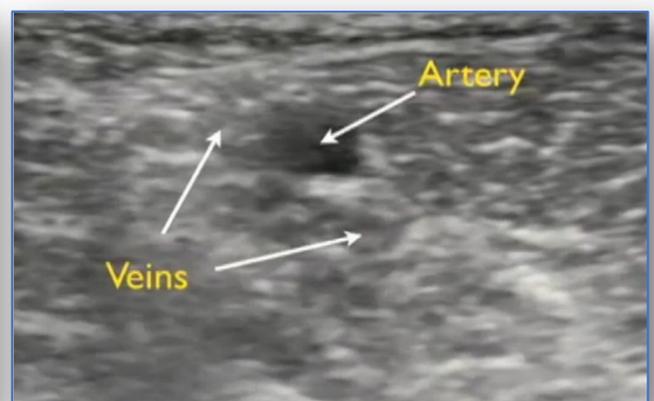
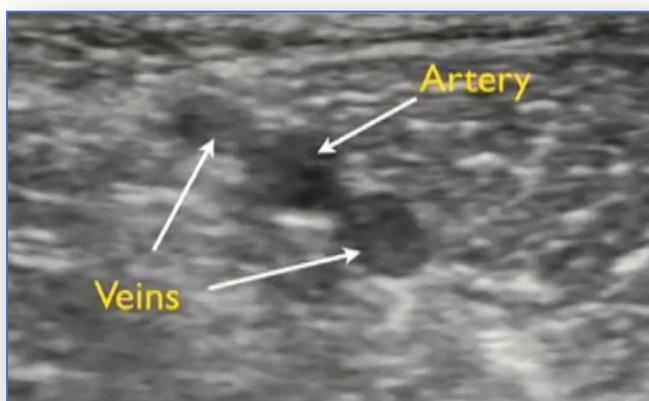


Abbildung 18
Vene vs. Arterie / Perera, P. (2010)

Punktion

- kurze Achse Out-Of-Plane oder lange Achse In-Plane Technik wählen

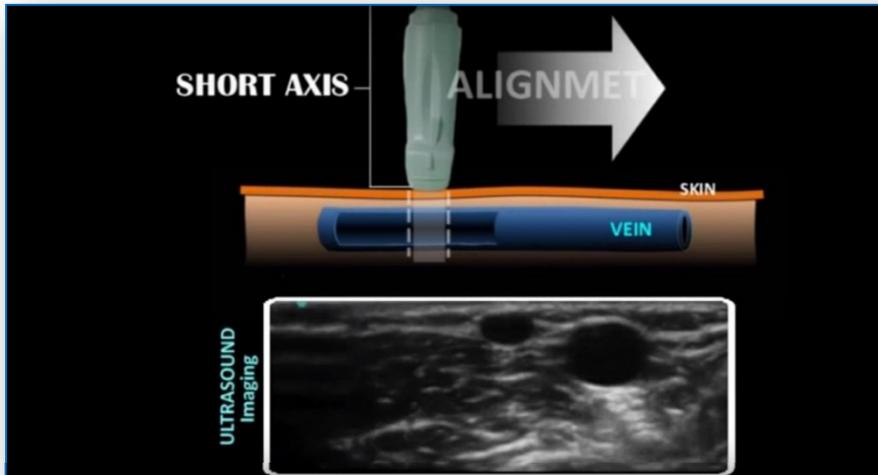


Abbildung 19
Short Axis, Escolar, V. R. (2015)



Abbildung 20
Long Axis, Escolar, V. R. (2015)

- Vene nicht mit Schallkopf komprimieren, nur leicht auf die Haut auflegen / C-Griff
- kleiner Finger stützt leicht auf der Haut des Patienten
- in 30-45 Grad Winkel, je nach tiefe Gefäß mittig punktieren,
- idealerweise entspricht der Abstand Punktionsort vom Schallkopf der Tiefe des Gefäßes



Abbildung 21
ultraschallgestützte Punktion / eigene Darstellung

Auswahl Gefäss / Katheter

- Durchmesser ≥ 3 mm
- **Gefässtiefe $< 0,5$ cm**
Venflon
 - rosa 20 G 32mm
 - grün 18 G 32mm(Standard GZF)
- **Gefässtiefe $> 0,5$ cm – 1,5cm**
Venflon
 - rosa 20 G lang 45mm
 - grün 20 G lang 45mm
 - grau 16 G 50mmoder Seldinger-Technik
bei Arterie oder tiefer Vene

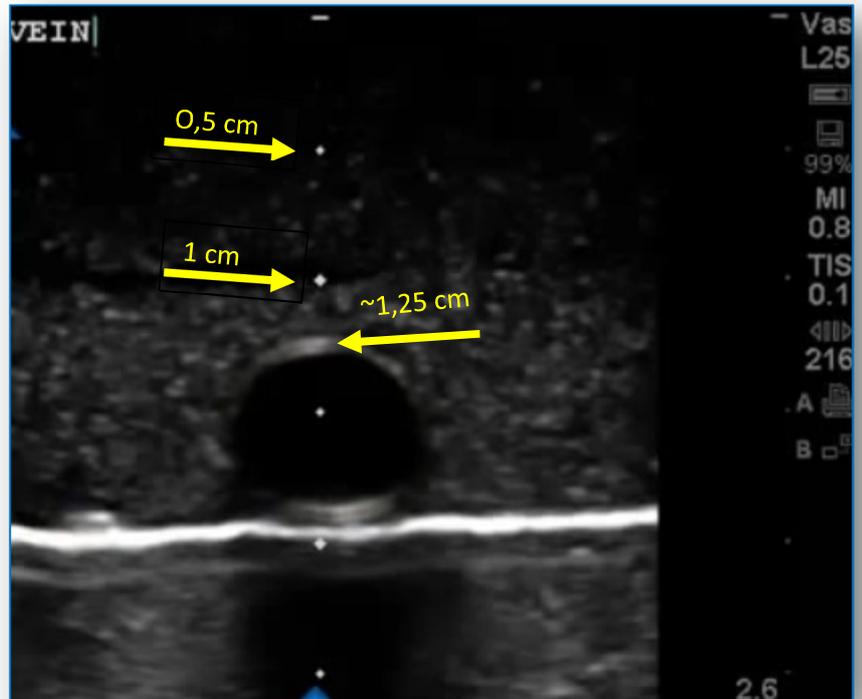


Abbildung 22
Darstellung Gefässtiefe / Emme, S. (2012)

Vorgehen

2-Achsen-Technik mit dynamischer Nadelspitzen Positionierung

1. **Nadel** als weissen Punkt identifizieren

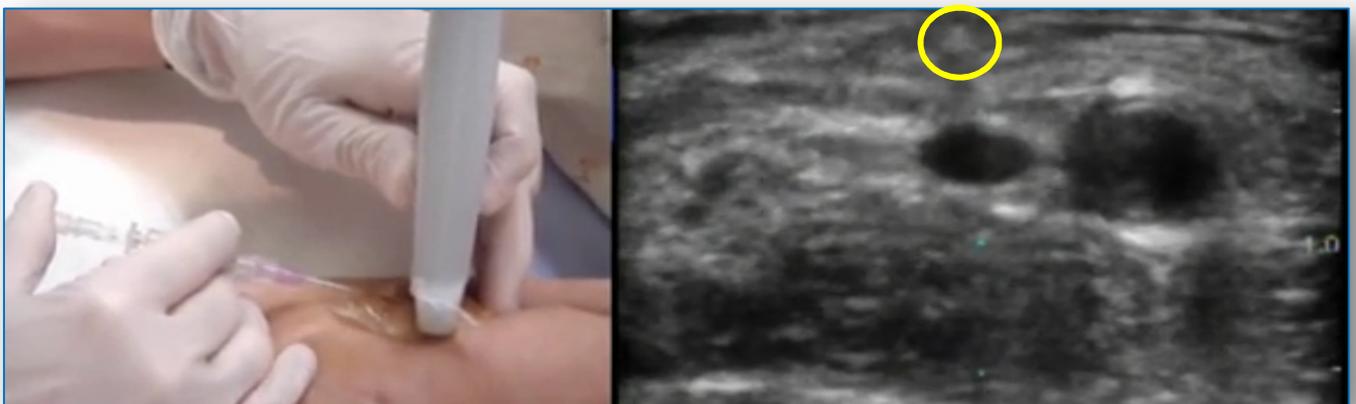


Abbildung 23 ff.
Kamata, T. et al. / dynamische Positionierung der Nadelspitze (2016)

2. Schallkopf proximal vorschieben bis weisser Punkt / Nadelspitze verschwindet
3. Schallkopf stoppen



4. Nadel Richtung Gefäss vorschieben bis weisser Punkt / Nadelspitze erscheint
5. Nadel stoppen



6. Schallkopf proximal vorschieben bis weisser Punkt verschwindet
7. Schallkopf stoppen



8. Nadel Richtung Gefäss vorschieben bis weisser Punkt erscheint
9. Nadel stoppen...



10. nach Punktion der vorderen anterioren Gefässwand,
weisser Punkt in Gefässmitte - „Bulls Eye Sign“



11. Nadel abflachen, Schallkopf und Nadel weiter abwechselnd vorschieben,
weisser Punkt muss immer im Zentrum des Gefässes dargestellt sein,
wenn Nadel weit genug im Gefäss, Katheter vorschieben



alternativ zu Punkt 11

12. nach „Bulls Eye Sign“ auf lange Achse / In-Plane wechseln,
- Nadel / Katheter unter direkter Sicht vorschieben

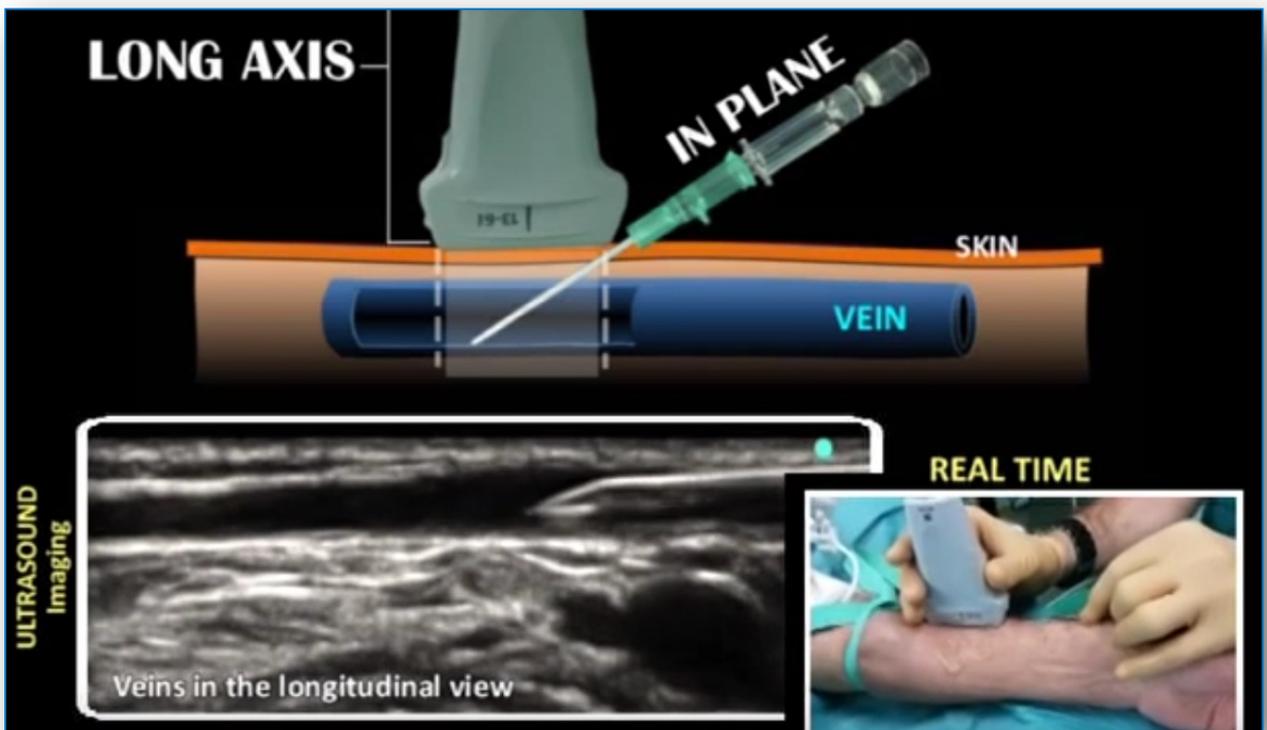


Abbildung 24
Nadelsicht in-plane / Escobar, V. R. (2015)

13. Stahlmandrain wie gewohnt entfernen / Stauung lösen,
Gel im Punktionsbereich abwischen,
Katheter mit Pflaster fixieren Seldingerdraht vorschieben
und Katheter darüber einführen
14. Infusion anschliessen / Transducer anschliessen