

# PERIPHERE NERVENBLOCKADEN UNTER ULTRASCHALLSICHT

## *Standard Operating Procedures*

**Klinik für Anaesthesiologie, Intensiv-, Palliativ- und Schmerzmedizin**  
**Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil**  
**Direktor: Univ. Prof. Dr. M. Zenz**

Tim Mäcken, PD Dr. Thomas Grau  
Berufsgenossenschaftliches Universitätsklinikum Bergmannsheil  
Klinik für Anaesthesiologie, Intensiv-, Palliativ- und Schmerzmedizin  
Bürkle-de-la-Camp Platz 1, 44789 Bochum  
[maecken@anaesthesia.de](mailto:maecken@anaesthesia.de) / [grau@anaesthesia.de](mailto:grau@anaesthesia.de)

**Haftungsklausel:** Standard Operating Procedures (SOPs) sind Gegenstand der gegenwärtigen Lehrmeinung. Jeder Nutzer ist zur selbstständigen Behandlung verpflichtet. Ausdrücklich bestehen keinerlei Haftungsansprüche für unsachgemäßen Gebrauch.

## 1. Einführung

Blockaden peripherer Nerven unter Ultraschallsicht sind neue, innovative Verfahren die sich in der Punktionstechnik gegenüber traditionellen Regionalanaesthesieverfahren mit oder ohne Nervenstimulator unterscheiden (1,2). Ultraschall ermöglicht die Darstellung der Nerven samt der individuellen Anatomie und der Nadel. Dadurch hilft es versehentliche Punktionen von Nerven, Gefäßen und anderen Strukturen zu vermeiden. Ultraschall dokumentiert den Punktionsverlauf, bildet die Verteilung des Lokalanästhetikums ab und ermöglicht auch die Darstellung eines Enhancementeffekts der Medikamente die sehr gut mit der Wirkung der Medikamente korrelieren. Gute Kenntnisse über die Anatomie, Entstehung und Deutung von Artefakten im Ultraschallbild sind erforderlich, um die Abbildung im Ultraschallbild korrekt interpretieren zu können. Die Kenntnis der so genannten Sonoanatomie ist eine absolute Voraussetzung für die Beherrschung dieser Techniken.

Standard Operating Procedures (SOPs) sind eindeutige Standardanweisungen für spezielle Arbeitsabläufe. In diesem Artikel werden die SOPs für Ultraschall - gestützte periphere Nervenblockaden beschrieben, um die Qualität, sowie die Patientensicherheit zu sichern und zu verbessern. Die hier beschriebenen SOPs sind für die Klinik für Anaesthesiologie des Bergmannsheils verbindlich, decken aber nicht das gesamte Spektrum der Ultraschall - gezielten Blockaden und Punktionsverfahren ab. Ein Abweichen von den aufgeführten Techniken kann insbesondere bei speziellen anatomischen Verhältnissen und Patientensituationen notwendig sein.

### 1.1 Das Konzept von peripheren Nervenblockaden mit Ultraschall

1. Nerv als Nerv erkennen (Sonoanatomie);
2. Umgebende Strukturen erkennen (Sonoanatomie);
3. Keine Injektion ohne Nadellokalisierung (direkt oder indirekt);
4. Sichtbare Injektion des Lokalanästhetikums um den oder die Nerven;
5. Beurteilung der Blockadewirkung anhand des *Enhancement* - Effekts der Nerven.

Im Zusammenspiel mit den fünf oben genannten Punkten erreicht dieses Verfahren die besten Ergebnisse:

- Nur die Identifikation und die Lokalisierung der Nerven garantieren einen Blockadeerfolg.

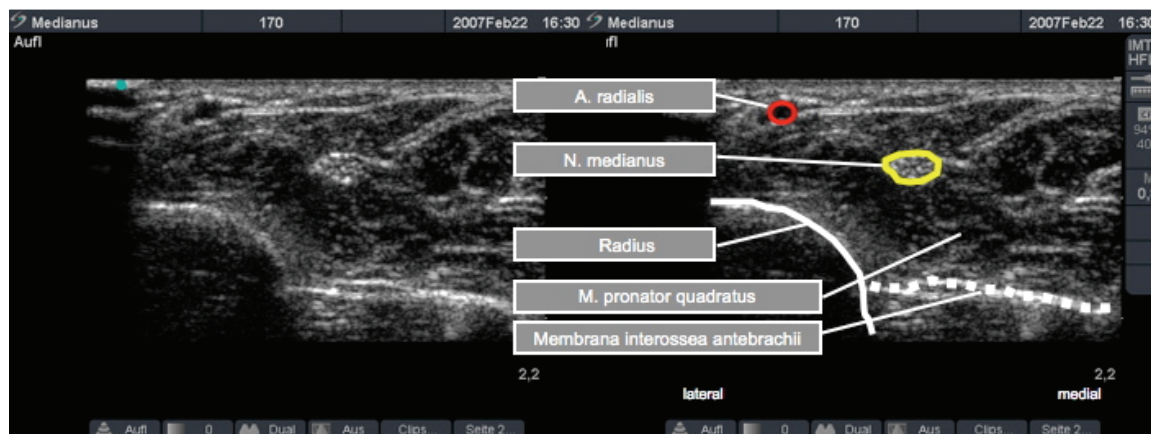
- Nur wenn anliegende Strukturen (z. B. Gefäß, Sehne, Muskel, Pleura, Lunge und Nerven) erkannt werden, können akzidentielle Verletzungen ausgeschlossen werden.
- Die beiden Anforderungen können nur erfüllt werden, wenn die Nadel bzw. Nadelspitze lokalisiert wird.

**Hinweis:** Aktuell sind leider die meisten eingesetzten Nadeln zur Punktion nicht für die Darstellung mittels Ultraschall optimiert.

## 2. Darstellung von Nerven mittels Ultraschall

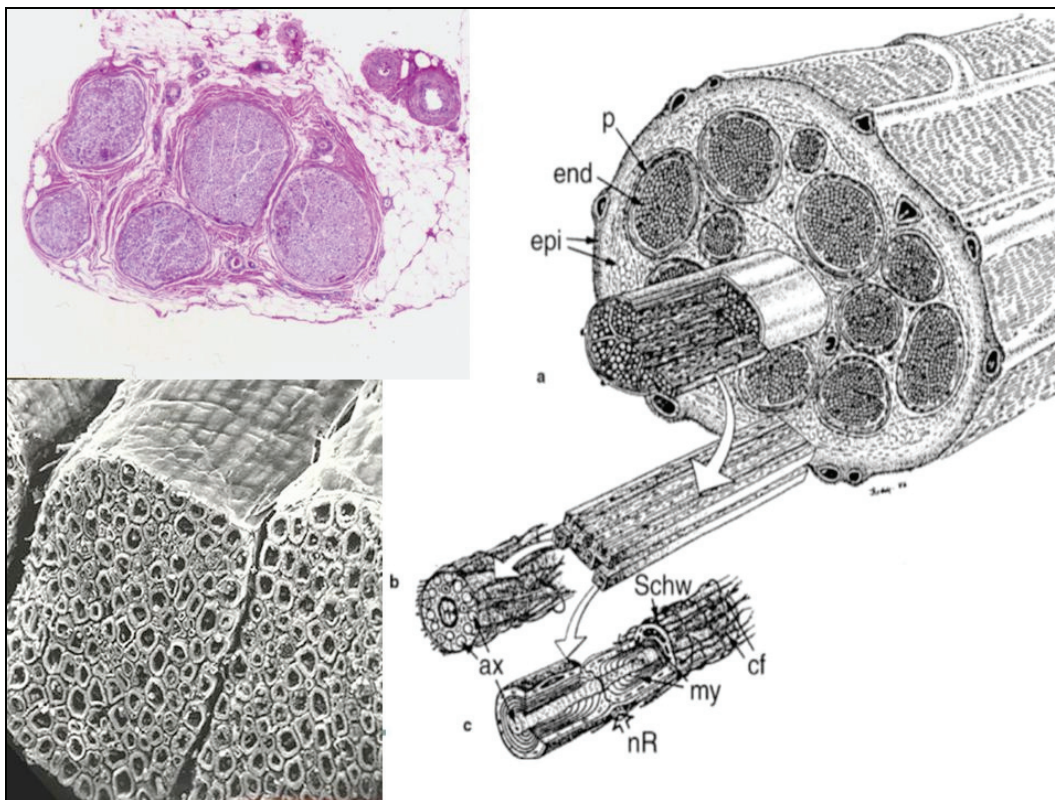
Die Abbildung peripherer Nerven im Ultraschallbild wird in der Regel mit linearen Schallköpfen von 7-13Mhz erreicht (sog. hochauflösender Ultraschall oder engl.: small parts sonography). Mit diesen Frequenzen ist eine exzellente Abbildung von Nerven möglich. Die Eindringtiefe von Ultraschallwellen nimmt mit Zunahme der Frequenz ab. Das heißt, dass bei Frequenzen über 10Mhz nur die oberflächlich gelegene Nerven gut dargestellt werden können (< 5cm ab Haut). Somit sind diese Sonden z. B. ideal für Blockaden des Plexus brachialis (3-5). Für die proximale Blockade des N. ischiadicus hingegen eignen sich eher Sonden mit niedrigeren Frequenzen (5-7,5 Mhz) und runden Schallköpfen (engl. curved array) (6).

Nerven werden im Ultraschallbild nicht einheitlich echogen abgebildet und erscheinen sowohl hypo- als hyperechogen. Weiter distal gelegene periphere Nerven zeigen in der Regel ein faszikuläres Muster („dunkel mit hellen Punkten“, Abb. 1) wohingegen sich Nerven des plexus brachialis häufig als hypoechogen darstellen (insbesondere in der interskalenären Region auf Höhe des 6. Halswirbels). Dies ist auf eine ungleichmässige Verteilung von Fett, Wasser und Kollagen, sowie auf ein anisotropes Schallverhalten zurückzuführen.



**Abbildung 1:** Axiales Schnittbild des N. medianus am distalen Unterarm. Linear Schallkopf 11 – 13 Mhz, Sonosite Micromaxx®. Typisch faszikuläres Schallmuster eines peripheren Nerven: hypo- und hyperechogene Areale.

Anisotropie bedeutet, dass je nach Schallwinkel Ultraschallwellen unterschiedlich stark reflektiert werden (Abb. 2). Aufgrund der Struktur peripherer Nerven werden Schallwellen häufig in viele Richtungen reflektiert. Dadurch werden nicht alle Schallwellen empfangen und die Nerven erscheinen hypoechogen mit einer hyperechogenen Umrandung. Die Umrandung wird durch Schallbrechung am Perineurium und den umliegenden Strukturen verursacht. Das nerventypische faszikuläre Muster ist jedoch regelmässig zu erkennen.



**Abbildung 2:** Links oben: histologische Darstellung, links unten: elektronenmikroskopische Darstellung. P: Perineurium, end: Endoneurium, epi: Epineurium.

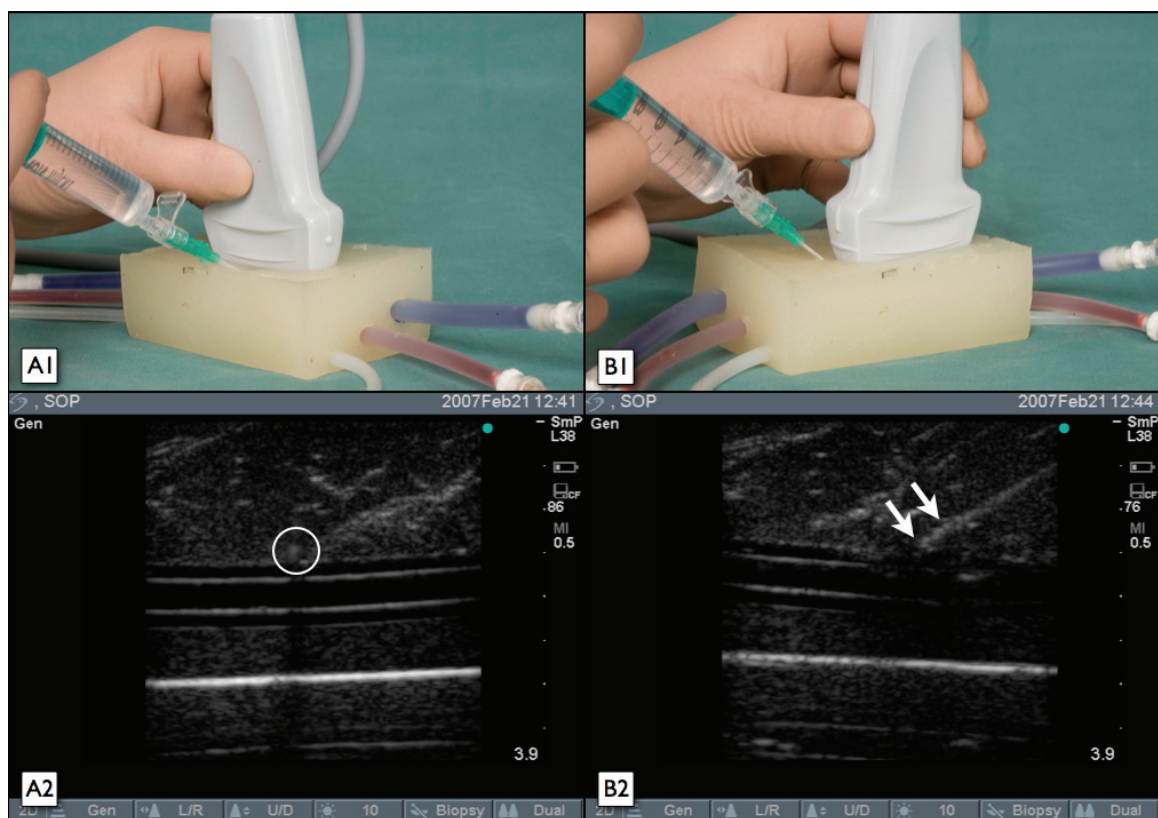
Hypoechogene Areale	Hyperechogene Areale
Hoher Wasseranteil -> homogene Struktur	Geringerer Wasseranteil -> erhöhte Reflexionsrate
Homogener Fettanteil -> homogene Schallreflexion	Höherer Anteil an Bindegewebe -> erhöhten Reflexionsrate
z.B.: Intrafaszikuläres Gewebe, Endoneurium	z.B.: Perineurium, Epineurium

**Tabelle 1:** Anisotropes Verhalten der Nervenbahnen im orthograden Ultraschallbild.

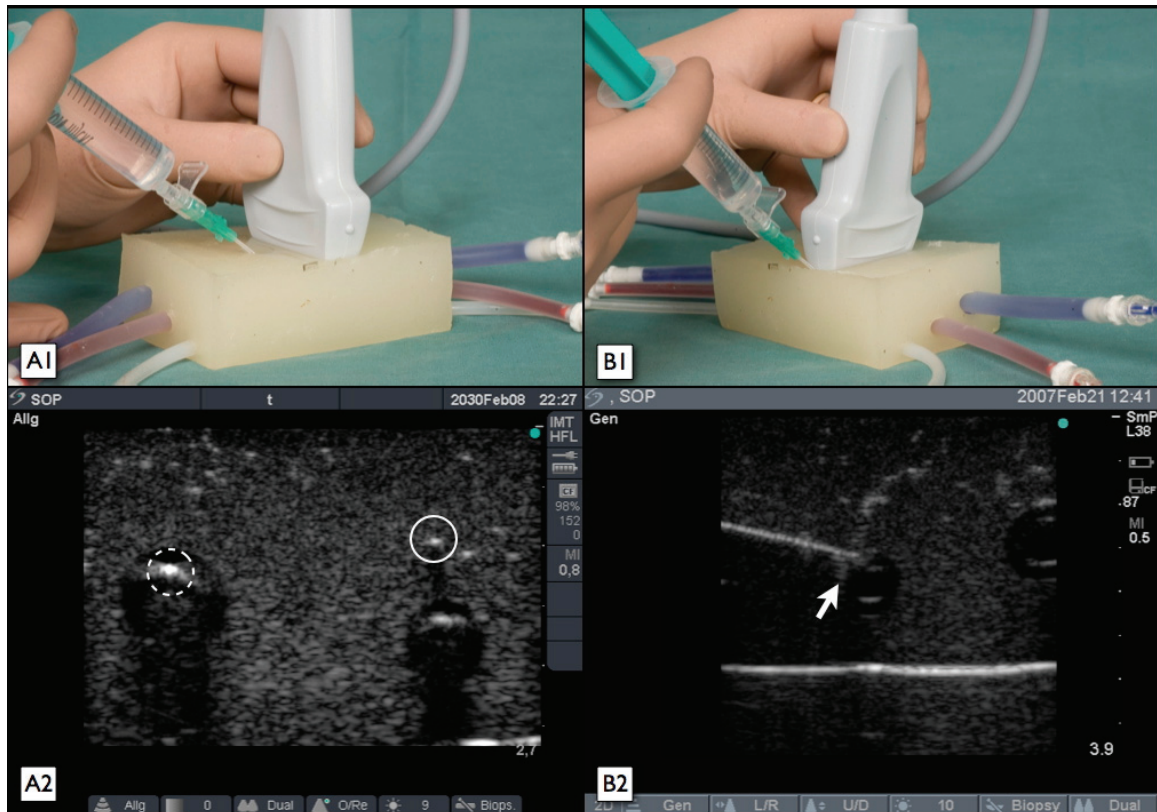
Nerven sind im Ultraschallbild am einfachsten in der axialen Schnittebene zu identifizieren, d.h. die Schallebene schneidet den oder die Nerven quer. Unter Umständen kann es schwer sein, Nerven von Sehnen zu unterscheiden. Werden Sehnen im Längsverlauf geschallt, erkennt man hypo- und hyperechoge, parallel angeordnete Linien, die sich abwechseln (fibrilläres Muster) (8). Nerven zeigen keine Übergänge zu Muskeln wie Sehnen und sind häufig entlang ihres typischen Verlaufes gut darzustellen. Sehnen sind des Weiteren häufig stärker echogen (9). Das aktive oder passive Bewegen der Extremität kann im laufenden Ultraschallbild ebenfalls zur Differenzierung herangezogen werden. Die Nerven bewegen sich passiv mit (10).

### 3. Schallebenen und Nadeldarstellung

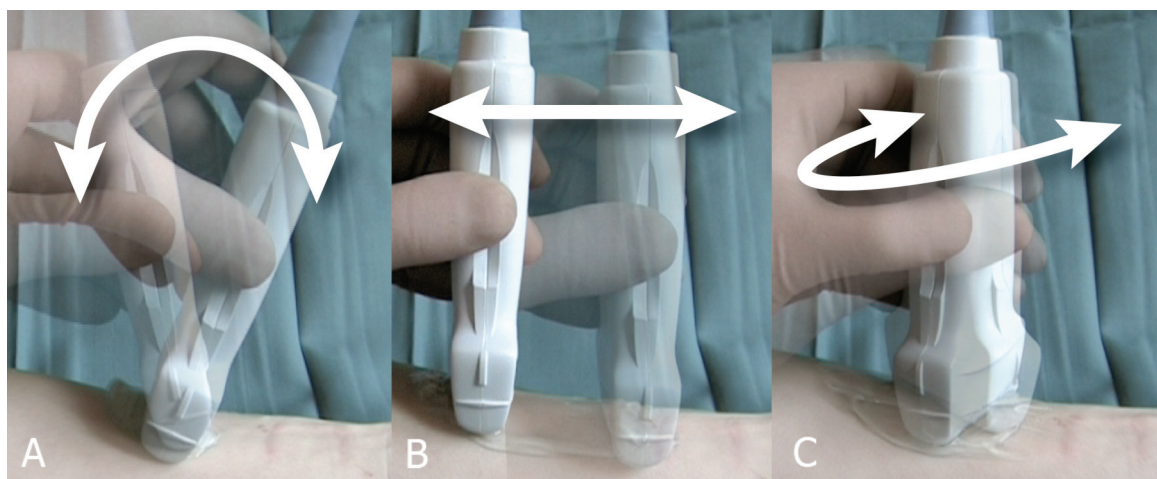
Nerven können längs und quer geschallt werden. Eine längsverlaufende Schallebene zum Nerv wird auch Langachse oder auch longitudinale Ebene genannt (engl.: *long-axis*; Abb. 3). Gebräuchliche Synonyme für eine Schallebene quer zum Nerven sind transversale, axiale Ebene oder Kurzachse (engl.: *short axis*; Abb. 4). Nach der Nomenklatur der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin, DEGUM, wird in den folgenden Abschnitten die Bezeichnung **Kurzachsen** -, bzw. **Langachsen - Technik** verwendet. In der Praxis werden Nerven in der Regel in der Kurzachse (quer) dargestellt und blockiert (Abb. 4). Gründe dafür sind, dass (a) Nerven auf diese Art am einfachsten zu erkennen sind, (b) die Verteilung des Lokalanästhetikums um den Nerven vollständig dargestellt werden kann und (c) der Schallkopf häufig ohne Verlust der Nervendarstellung geschwenkt werden kann.



**Abbildung 3:** Darstellung der Nadelführung und Ultraschallebenen am Phantom (Gel-Kissen). Die Schläuche repräsentieren die zu blockierenden Nerven. Longitudinale Ultraschallebene zum Nerven. A1: Die Nadel wird quer zur Ultraschallebene an den Nerven herangeführt (Kurzachsen - Technik). A2: Darstellung der Nadelspitze mit Schallschatten (Kreis). Die Differenzierung zwischen Schaft und Spitze ist nur im laufenden Bild und unter Bewegung des Schallkopfes zu beurteilen. B1: Nadelführung in der Ultraschallebene (Langachsen - Technik). B2: Artefaktbildung an der Nadelspitze (Pfeile).



**Abbildung 4:** Darstellung der Nadelführung und Ultraschallebene am Phantom (Gel-Kissen). Die Schläuche repräsentieren den zu blockierenden Nerven. Axiale Schallebene. A1: *Kurzachsentechnik*, d.h. Punktion quer zur Schallebene. A2: Die Nadelspitze mit Schallschatten liegt über dem „Nerven“ (durchgehender Kreis). Gestrichelter Kreis: Artefakt im Modells (keine Nadelspitze!). B1: *Langachsentechnik*, d.h. die Nadel liegt in der Ultraschallebene. B2: Abbildung der distalen Nadel in Richtung „Nerv“ im Längsbild. Artefaktformation an der Nadelspitze (Pfeil) und Schallschatten des Schaftes dorsal der Nadel.



**Abbildung 5:** Schallkopfbewegungen zur optimalen Darstellung des Zielorgans oder der Nadel.  
 A: Schwenken, B: Gleiten und C: Rotieren.

### 3.1 Eigenschaften der „Langachsen“ und „Kurzachsen“ - Technik

Für beide Techniken gibt es Befürworter und Gegner in verschiedenen Arbeitsgruppen. Folgend sollen Vor- und Nachteile beider Techniken, sowie die Charakteristika tabellarisch dargestellt werden. Im Abschnitt *Spezielle Blockaden* wird dabei auf die aus unserer Sicht geeignetere Technik verwiesen.

<b>Kurzachsen Technik</b>	
<b>Vorgehen</b>	<b>Kommentar</b>
Der Zielnerv wird typischerweise mit axialer Schallebene in die Bildmitte gebracht und die Tiefe des Nerven bestimmt. Die Nadel wird beim Vorschieben in die Schallebene als hyperechogener Punkt sichtbar (idealerweise nahe am Nerven).	Je nach Nadeltyp und Einstichwinkel ist dieser Punkt manchmal schwer zu erkennen. Des Weiteren kann dieser Punkt auch der Nadelschaft sein, wenn die Nadel bereits über die Ultraschallebene hinaus vorgeschoben wurde. Die tatsächliche Lage der Nadelspitze wäre somit nicht sichtbar und könnte zu Verletzungen führen.
<b>Probleme</b>	<b>Maßnahme</b>
Die Nadel (oder –spitze) ist nicht oder nur schwer sichtbar.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nadel durch Vorschieben in die Schallebene bringen.</li> <li>- Wenn die Nadelspitze offensichtlich hinter der Schallebene liegt (Blick auf Schallkopf und Nadel am Patienten!), wurde die Nadel nicht erkannt: Nadel zurückziehen.</li> <li>- Injektion kleiner Testboli (0,3 - 0,5ml) zur indirekten Lagekontrolle.</li> <li>- Schwenken des Schallkopfes um Nadel und Schallebene zusammen zu führen.</li> <li>- Einen geeigneteren Winkel zur Schallebene wählen: steile Punktionswinkel zur Hautoberfläche führen zu einer schlechteren Sichtbarkeit, flache Winkel zu einer guten Sichtbarkeit.</li> <li>- Der Einstichwinkel ist an die Tiefe des Zielorgans gekoppelt (und somit nicht immer frei wählbar).</li> <li>- Drehen der Nadel kann je nach Schliff der Nadelspitze zu einer Verbesserung der Sichtbarkeit führen.</li> </ul>
Formation von Artefakten und Schallschatten	Artefakte sind in dieser Technik zwar zu beobachten, fallen jedoch selten ins Gewicht. Die Bildung eines Schallschattens ist häufig zu beobachten, ist jedoch bei kleinem Nadelquerschnitt nur gering ausgeprägt und kann zur Lokalisation der Nadel herangezogen werden.

**Tabelle 2:** Charakteristika der Kurzachsen - Technik und Maßnahmen bei Problemen.

<b>Langachsentechnik</b>	
<b>Vorgehen</b>	<b>Kommentar</b>
In der Regel wird der Zielnerv auf der kontralateralen Seite der Nadeleinführung in das Bild gebracht. Die Nadel sollte innerhalb der Ultraschallebene vollständig sichtbar sein und nur dann Richtung Nerv vorgeschoben werden.	Es erfordert Übung die Nadel bereits beim Einstich in die richtige Ebene zu bringen und innerhalb des Fensters vollständig darzustellen. Die Darstellung der zu punktierenden Struktur und die Nadel im Längsverlauf muss beobachtet werden. Analog zur Kurzachsen - Technik kann die Nadelspitze bei Achsenabweichung nicht tatsächlich bestimmt werden. Eine Injektion ist hier auf jeden Fall zu vermeiden.
<b>Probleme</b>	<b>Maßnahme</b>
Die Nadel als Ganzes (oder die Nadelspitze) ist nicht oder nur schlecht sichtbar	Die Ebenen von Nadel und Sonde stimmen nicht überein: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ein Schwenken, Gleiten oder Rotieren des Schallkopfes kann die Abweichung ausgleichen, das ggf. zu einer Verschlechterung der Abbildung der Nerven führt.</li> <li>- Erneutes Einstechen und Verschieben der Nadel kann erforderlich sein.</li> <li>- Injektion kleiner Testboli (0,3 - 0,5ml) zur indirekten Lagekontrolle.</li> <li>- Ein flacher Einstichwinkel zur Hautoberfläche (ideal transversal zur Ultraschallebene) verbessert i.d.R. die Sichtbarkeit von Punktionsnadeln.</li> <li>- Die Änderung des Einstichwinkels ist an die Tiefe des Zielorgans gekoppelt (und somit nicht vollständig wählbar).</li> </ul>
Formation von Artefakten und Schallschatten	Die Schallauslöschung dorsal der Nadel ist bei dieser Technik häufig ausgeprägt. Möchte man die Strukturen sehen, die im Schallschatten liegen, bietet sich ein Wechsel auf die Kurzachsen - Technik an. Reverberationen der Nadel selbst können die Sicht verschlechtern und somit die Punktion erschweren (ggf. Nadel- oder Technikwechsel).

**Tabelle 3:** Charakteristika der in-plane Technik und Maßnahmen bei Problemen.

Mit Hilfe spezieller Nadelführungshalter, die am Schallkopf befestigt werden können, kann die Punktionsnadel unter sehr kontrollierten Bedingungen in der Längsachse eingestochen werden. Ein solcher Nadelhalter garantiert zwar eine genaue Stichrichtung, verhindert aber auch zugleich eine flexible Nadelführung. Die Ultraschallsonde kann dann mit eingestochener Nadel nicht mehr frei in ihren Achsen bewegt werden. Das Hauptproblem ist hierbei den oder die Nerven im orthograden Schallbild optimal darzustellen und gleichzeitig die Nadel vollständig in der Längsachse abzubilden.

Unabhängig davon, ob die Punktionen in der Lang-, oder Kurzachsen - Technik durchgeführt wird, hat es sich als effektiv erwiesen, die Punktion freihändig ohne Nadelführungshalter durchzuführen. Nur die Freihandtechnik ermöglicht, ohne erneuten Einstich, die schnelle Nadelkorrektur bei gleichzeitig größtmöglicher Freiheit von Schallkopfbewegungen, um Nadel, Nerv und anliegende Strukturen je nach Bedarf optimal darstellen zu können (s. dazu Abbildung Schallkopfbewegungen).

Für die meisten peripheren Nervenblockaden ist daher die Punktion in der kurzen Achse geeigneter. Sowohl für die einmalige Bolusgabe (single shot) als auch die Anlage eines Katheters, ist die Punktion in der kurzen Achse schnell erlernbar.

## 4. Gerätekunde

Alle Geräte besitzen konfigurierbare **Voreinstellungen (presets)**. Diese presets sind bereits optimal angepasst und sollten nicht verstellt werden. Bei Anwendern mit langer Erfahrung und guten Kenntnissen in der Ultraschalltechnik kann das Ändern der presets sinnvoll sein. Allerdings sollte nach Gebrauch die ursprüngliche Einstellung wieder hergestellt werden.

**Hinweis:** Die **Bedienungsanleitungen** der eingesetzten Ultraschallsysteme sind im Intranet über den Server des Bergmannsheils abrufbar (<http://intranet.bergmannsheil.de> Menü: Klinik für Anaesthesiologie) und werden des Weiteren in regelmäßigen Abständen im Rahmen der Geräteeinweisung von Medizinprodukten auf CD verteilt.

Sonosite® Titan und MicroMAXX	Esaote® Mylab 25
Linearschallkopf: <b>L38</b>	Linearschallkopf: <b>LA523</b>
Auflösung: <b>GEN</b>	Auflösung: <b>12Mhz</b> - Dynamik: <b>10</b>
Doppler scale: <b>cm/s</b>	Anwender preset: <b>Nerven 2</b>
Videoausgabe: <b>PAL</b>	Videostandard: <b>PAL</b>

**Tabelle 4:** Voreinstellungen und zu verwendende Schallköpfe der zwei am häufigsten genutzten Geräte in der Klinik für Anaesthesiologie, Bergmannsheil, Bochum.

Das Gerät von Esaote® ist vom Stromnetz abhängig. Der vorhandene Akku liefert nur Strom für 5 bis 10 Minuten (Transport innerhalb des OPs). Für längere Transportzeiten muss das System ordnungsgemäß heruntergefahren und das Gerät ausgeschaltet werden<sup>1</sup>. Ein plötzlicher Stromverlust (ziehen des Netzsteckers oder Akkuerschöpfung) birgt die Gefahr von schwerwiegenden Soft- oder Hardwarefehlern.

Sonosite® Titan/Micromaxx	Esaote® Mylab
Standbilder (Format: .bmp) Micromaxx auch 6 sec loops	Standbilder (Format: .jpg) Sequenzen: AVI Format mit mpeg layer 4 Kompression
Gewünschtes Ultraschallbild einstellen und <i>Save</i> drücken. Über die Taste <i>Patient</i> kann der Name bzw. eine andere (möglichst eindeutige) Bezeichnung eingegeben werden, um die Datei auf dem Computer schneller zu finden.	Bild: Gewünschtes Schallbild einstellen und Taste <i>Image</i> drücken. Sequenz: Untersuchung mit <i>Clip</i> starten. Die Sequenzlänge ist standardmäßig auf 60 Sekunden eingestellt. In der rechten Menüleiste können die Sequenzen durch anklicken abgespielt werden.
<b>Überspielen der Daten auf den Computer (für Präsentation)</b>	
Multi-Link Adapter notwendig. Spezielle Software auf externem PC ( SiteLink Manager v3.1 für Titan, v3.3 für Micromaxx). Verbindung mit USB Kabel.	Bilder oder Sequenzen können direkt aus dem Archiv auf einen USB-Speicher oder auf CD-Rom gebrannt werden. Kein externer PC im OP notwendig. <i>Archiv</i> auswählen,

**Tabelle 5:** Aufnahmen von Bildern (screen-shots) und Sequenzen.

**Umgang mit den Ultraschallsystemen:** Ein schonender Umgang ist verbindlich (Hochsensitive Mikroelektronik). Das heißt stoßfreier Transport, ordnungsgemäßes Ein- und Ausschalten, Sondenzuleitung nicht verdrehen oder knicken, Steckeranschlüsse nicht belasten. Besonders vorsichtig müssen die Schallsonden behandelt werden. Stürze der Sonde auf den Boden bei unvorsichtiger Lagerung oder Benutzung können zu einem Totalausfall der Sonde führen. Alle Geräte verfügen über die Möglichkeit **Ultraschallbilder zu speichern**. Die Geräte unterscheiden sich dabei jedoch in einigen

<sup>1</sup> „End/Start“ – Knopf 3 Sekunden lang gedrückt halten, um das Gerät abzuschalten und den weiteren Bildschirmmanweisungen Folge leisten.

Punkten. Die folgende Tabelle listet die Unterschiede auf und gibt Hinweise für das Erstellen von Bildern bzw. Bildsequenzen.

#### 4.1 Kopplungsmedien

Material	Kontaktmittel (unsteril)	Kontaktmittel (steril)	Vorteile	Nachteile
Ultraschallgel hypoallergen	++	-	Preiswert und effektiv	Unsteril
Ultraschallgel steril	++	++	Relativ teuer aber auch effektiv	Stütz- und Konservierungsstoffe im Gel
Instillagel®	+	++	Preiswert und effektiv	Stütz- und Konservierungsstoffe im Gel. Sehr guter Kontakt. Schallkopf lässt sich sehr gut auf der Haut bewegen
Isopropanol	+	(+)	Preiswert	Verdampft sehr schnell. Nicht für die Schallköpfe zugelassen. Schallkopf lässt sich nicht so gut bewegen
Kochsalzlösung	(+)	++	Preiswert Keine Wechselwirkungen	Bessere Ankopplung als Isopropanol, aber nicht so gut wie Gel als Gleitmittel
Lokalanästhetikum	(+)	++	Keine Wechselwirkungen	Effektivere Ankopplung als Isopropanol

**Tabelle 6:** Übersicht und Charakteristika einiger Stoffe, die zur Kopplung von Ultraschallwellen verwendet werden.

#### 4.2 Reinigung und Desinfektion

Der möglichst saubere und sorgfältige Umgang mit den Geräten versteht sich von selbst. Insbesondere die Mikroelektronik der Schallköpfe ist bei einzelnen Geräten sehr empfindlich. Die Umsetzung von Hygienemaßnahmen ist im Rahmen der Hygienepläne des Krankenhauses auch für die gezielten Punktionen mit Ultraschall verbindlich.

Die Reinigung und Desinfektion muss generell bei ausgeschaltetem Gerät erfolgen (Gefahr eines elektrischen Schlages). Die Reinigung der Systemoberfläche erfolgt darüber hinaus bei nicht angeschlossenem Netzstecker. Die Schallkopfsonde ist bis zum Geräteanschluss wasserdicht. Das Besprühen oder übermäßiges Befeuchten des Bedienfeldes und der Anschlüsse (Schallkopfzuleitung am Gerät, Batteriefach, Docking-Station) ist streng zu vermeiden. Die Säuberung des Bildschirms sollte nur mit einem feuchten Tuch mit einer verdünnten Ammoniaklösung oder Alkohollösung erfolgen.

**Hinweis:** Insgesamt sind kaum Mittel zur Desinfektion vom Hersteller freigegeben. Entweder sind Desinfektionsmittellösungen noch nicht getestet oder nicht zugelassen. Solange kein geeignetes Desinfektionsmittel zu Hand ist, erzwingt dies eine komplette Abdeckung des Schallkopfes und der Zuleitung auch bei nicht invasiven Maßnahmen.

Systemoberfläche: Oberflächen mit einem feuchten Tuch und milder Seife zunächst abwischen, um grobe Partikel oder Körperflüssigkeiten zu entfernen. Anschließend die Desinfektionsmittellösung auf das Tuch (**nicht auf das Gerät!**) auftragen und Oberflächen erneut abwischen (Einwirkzeiten s. Herstellerangaben).

Anmerkung: Während einer Punktion unter sterilen Kautelen kann die sterile Verpackung des Abdeckschlauches auf die Systemoberfläche gelegt werden, um eine sterile Bedienung des Gerätes während der Punktion zu gewährleisten und eine Kontaminierung zu vermeiden.

Schallkopf und Zuleitung: Grobe Partikel und Körperflüssigkeiten mit einem weichen Tuch und Wasser, oder milder Seifenlösung säubern. Anschließend mit Wasser abwischen und abtrocknen. Den Schallkopf und die Zuleitung können nun mit der Desinfektionsmittellösung einsprüht werden (Desinfektionsmittellösung siehe Tabelle). Alternativ kann der Schallkopf und die Zuleitung bis maximal 40cm ab Schallkopf auch in eine Desinfektionsmittellösung eingetaucht werden. Der Schallkopf sollte bei diesem Verfahren von Ultraschallsystem an der Rückseite des Gerätes getrennt werden.

Empfohlene Desinfektionsmittel			
Name	Wirkstoff	Schallkopf / Kabel	Systemoberfläche
Aseptol®	Glutaraldehyd	ungestestet	ungestestet
Bacillocid rasant	Glutaraldehyd + quart. Ammoniak	zugelassen	nicht zugelassen
Autoklav (Dampf)		nicht zugelassen	nicht zugelassen
Bacillol Plus	Propanol + Glutaraldehyd	zugelassen	zugelassen
Cutasept F (Spray)	2-Propanol	nicht getestet	nicht getestet
Dismozon pur	Hexahydrat	zugelassen	zugelassen
Gigasept	Quart. Ammoniak	zugelassen	Nicht zugelassen
Mikrobak forte	Ammoniumchlorid	zugelassen	zugelassen
Mikrozid Tissues*	Ethanol/Propanol	zugelassen	zugelassen
Sagrosept (Wischtuch)	Propanol	zugelassen	nicht getestet
Sagrosept (Flüssigkeit)	Propanol	nicht zugelassen	zugelassen
SoftaSept N	Ehtanol	nicht getestet	nicht getestet

**Tabelle 7:** Kompatibilität einiger Desinfektionsmittel zur Reinigung der Schallköpfe und der Systemoberflächen. \* CE Zulassung.

## 5. Einmalige periphere Nervenblockaden (single shot)

Einmalige Nervenblockaden können sicher, schnell und einfach mit zwei Personen durchgeführt werden.

**Für die Punktionen mit Ultraschall ist es notwendig und sinnvoll die Anzahl der Nadelmanipulationen auf ein Minimum zu reduzieren. Daher gilt neben einer gezielten Punktionsplanung auch das Konzept der immobilen Nadel:**

Eine Person führt die Nadel unter Sicht an den (die) Zielnerv(en), während die zweite Person das Lokalanästhetikum über eine Perfusorleitung injiziert. Die nadelführende Hand kann bei diesem Vorgehen auf dem Patienten abgestützt werden, was eine sichere Nadelführung ermöglicht. Die Koordination von Nadel- und Schallkopfführung wird dadurch optimiert. Die Injektion des Lokalanästhetikums erfolgt unter Ansage. Durch die Verwendung einer Perfusorleitung soll der Injektionsdruck gesenkt werden.

### Material

- steriles Lochtuch
- sterile Handschuhe
- Tegaderm®-Pflaster
- Punktionskanüle (z.B. Sterican® 23 o. 24G)
- Perfusorleitung
- Lokalanästhetikum: 40ml „Plexusmischung<sup>2</sup>“ in zwei 20ml Spritzen

### Vorgehen

- Händedesinfektion
- Hautdesinfektion des Patienten (ausreichend großes Areal, damit mit dem Schallkopf ggf. Nerven im Verlauf dargestellt werden können).
- Sterile Handschuhe anziehen und Lochtuch über das desinfizierte Areal legen.
- Perfusorleitung steril annehmen und Nadel aufsetzen.
- Den Schallkopf mit der „Schall-Hand“ nehmen (Hand ist nun unsteril, die Kontaktfläche zur Haut bleibt steril) und das Tegaderm®-Pflaster mit der „Punktions-Hand“ annehmen.
- Pflaster blasenfrei mittig über den Schallkopf kleben und den Rest der Folie abziehen.
- Die Perfusorleitung luftleer spülen lassen, wobei die ersten Tropfen an Lokalanästhetikum auf das zu schallende Areal als Kontaktmittel für Schallkopf und Haut geträufelt werden.
- Ankoppeln des Schallkopfes und Nerv(en) in die gewünschte Fensterposition bringen (je nach Punktionstechnik).
- Einstechen der Kanüle 0,5 – 1,0cm vom Schallkopf entfernt. Je tiefer das Zielorgan gelegen ist, desto steiler im Verhältnis zur Hautoberfläche einstechen. Es ist allerdings anzumerken, dass dadurch die Sichtbarkeit der Nadel deutlich abnehmen kann.

<sup>2</sup> 20ml Prilocain 2mg/ml, 20ml Bupivacain 3,75mg/ml

## 6. Kontinuierliche Nervenblockaden (Kathetertechniken)

Die Technik zur Katheteranlage unterscheidet sich von der Einzelblockade im Wesentlichen durch folgende Maßnahmen: (a) verstärkte Maßnahmen zur Sterilität, (b) Vorpunktion mit dünner Nadel und anschließende Platzierung der Katheterkanüle, sowie (c) Kontrolle der Katheterlage (11).

### Material

- „Plexusset – BHL“
- Set kontinuierliche Plexusblockaden (BBraun®, Contiplex®-A Set, 18G Kanüle, 30°bevel).
- Steriler Abdeckschlauch für die US-Sonde (Microtek® Kamera Abdeckung, REF16644).
- Steriler Einwegkittel
- Sterile Handschuhe
- Steriles Gleitmittel für den Schallkopf (z.B. Instillagel®). Als Kontaktmittel kann auch wenige Tropfen steriles LA aus der Spritze verwendet werden.
- Lokalanästhetikum: 40ml „Plexusmischung<sup>1a</sup>“, nicht aufgezogen.
- Faden und Nahtbesteck
- Empfohlen: Abstelltisch (z.B. „Stumme Schwester“ aus OP Saal).

### Vorgehen

- Händedesinfektion
- Hautdesinfektion des Patienten (ausreichend großes Areal, damit Nerven ggf. im Verlauf dargestellt werden können).
- Sterile Handschuhe anziehen und das „Plexus-Set“ anreichen lassen. Auspacken des Sets auf einem kleinen Tisch (am besten nahe am Punktionsort, „Stumme Schwester“).
- Aufziehen des Lokalanästhetikums: 4 x 10ml „Plexusmischung“
- Steril anreichen lassen: Abdecktuch für US-Sonde, Contiplex®-A Set, Instillagel®.
- Steriles Lochtuch über die Punktionsstelle legen (idealerweise hat man nun eine große sterile Ablagefläche, bestehend aus der Arbeitsfläche des Plexus-Sets und des Lochtuches zum späteren Ablegen des Schallkopfes).
- **Vorbereitung zur Injektion**
  - 10ml Spritze mit LA und 24G Sterican® Nadel (entlüftet).
  - 10ml Spritze mit LA und 18G Contiplex® Nadel (entlüftet).
- **Vorbereitung der Ultraschallsonde**
  - Ein Helfer hält den Schallkopf streng vertikal nach oben und die punktierende Person appliziert das Gel auf den Schallkopf.
  - Die punktierende Person nimmt den gefalteten Abdeckschlauch aus der Hülle, welche auf das Sonografiegerät gelegt wird und hält den Abdeckschlauch mit der Öffnung nach oben.
- **Auffalten der Abdeckung:**
  - Leichter Zug an der Spitze des Abdeckschlauches.
  - Zügiges Einführen des Schallkopfes mit Gel in den Abdeckschlauch bis zum Ende, damit das Gel möglichst vollständig auf der Sensorenfläche des Schallkopfes bleibt.
  - Den Schallkopf nun in der einen Hand festhalten und mit der anderen Hand den

Abdeckschlauch bis zum Schallgerät entfalten.

- Das distale Ende des Schlauches mit dem Klebeband so am Schallkopf fixieren, dass die Abdeckung blasenfrei über der Schallfläche des Schallkopfes liegt.

- **Punktion:**

- Den Schallkopf und die Spritze mit der 24G Nadel nehmen. Zur akustischen Kopplung einige Tropfen LA aus der Spritze oder steriles Gel verwenden. Den oder die Nerven darstellen.

- Lokale Oberflächenanästhesie mit dünner Nadel. Nadelvorschub und Injektion des LA (insgesamt 10ml) unter Sicht der Nadel(spitze) um den Nerv(en). Ist die Nadel zu kurz und der oder die Nerven können nicht vollständig blockiert werden, zuerst nur die weiter oberflächlich gelegenen Nerven oder Nervenanteile blockieren.

- Nun die Spritze mit der Contiplexkanüle nehmen und die Kanüle in die Stelle der ersten Punktion durch die Haut einstechen. Nadelvorschub. Applikation der zweiten 10ml nur unter Sicht von Nadel(spitze) und Nerv(ven). Mit der längeren und dickeren Contiplex-Nadel kann das LA nun auch um die tiefer gelegenen Nerven appliziert werden.

- **Katheteranlage: Ultraschallsonde steril ablegen!**

- nach der zweiten Injektion (Gesamtmenge bisher 20ml LA) bei fixierter Kanüle den Mandrin entfernen und den Katheter 3-4cm über das Kanülenende hinaus einführen.

- Katheter fixieren und den Adapter zur Katheterbestückung aufsetzen.

- Injektion von weiteren 10 – 20ml LA über den Katheter unter Sicht (indirekte Lagekontrolle durch Ausbreitung des LA, da der Katheter selbst kaum sichtbar ist).

- Katheter mit einer Schlaufe auf der Haut verkleben, Einstichstelle dabei freilassen, die mit einem Cosmopor® - Pflaster verbunden wird.

## 6.1 Katheterfixierung

Nachdem die indirekte Lagekontrolle des Katheters durch Anspritzen mit Lokalanästhetikum erfolgt ist, ist normalerweise keine weitere Korrektur erforderlich. Der Katheter wird nahe an der Einstichstelle angenäht (1cm). Es eignet sich hierfür das hauseigene Nahtset (steriler Nadelhalter und Schere) und fast jedes chirurgische sterile Nahtmaterial. Damit der Knoten um den Katheter gut hält, sollte dieser an der Einstichstelle mit einem sterilen Pflaster umwickelt werden (z.B. Cosmopor® Pflaster mit der Schere des Nahtsets zuschneiden, oder ein Stück des Sterilisationspflasters abschneiden). Der Katheter kann bereits nach Entfernung der Führungskanüle leicht herausrutschen (insb. interskalenäre Region). In diesen Fällen kann eine primäre Sicherung mit einem Steristrip® vor der eigentlichen Fixierung sinnvoll sein. Eine Tunnelung des Katheters erfolgt nach Rücksprache mit dem Oberarzt. Geeignete, andere Fixierungshilfen stehen momentan nicht zur Verfügung.

## 7. Ausbildungsstand

- Kurs besuchen (DEGUM zertifizierte Kurse siehe unter [www.degum.de](http://www.degum.de) . Informationen z.B. unter <http://anaesthesia.ag> oder <http://www.anaesthesia.ag>.
- Sonoanatomie zunächst am Probanden oder Patienten kennen lernen und Bewegung des Schallkopfes üben.
- Punktionsübungen am Modell sind ebenfalls möglich. Dazu eignen sich Fleischstücke oder auch Gelkissen. Siehe dazu auch (12).

- Mit einfachen Punktionen beginnen: N. femoralis, dist. N. ischiadicus, axilläre Plexusblockade. Sehr gut zum Üben ist die venöse Kanülierung der V. jugularis interna, da Gefäße i.d.R. mühelos dargestellt werden können (s. SOP US Gefäßpunktionen).
- Empfohlene Reihenfolge von Blockaden des Plexus brachialis:
  - 1.) Axilläre Plexusblockade
  - 2.) Interskalenäre Blockade
  - 3.) Supra- und infraklavikuläre Blockaden erst nach 50 Blockaden unter Aufsicht!

**Hinweis:** Die unmittelbare Nähe des Plexus brachialis zu der A. subclavia und der Pleura auf supra- und infraklavikulärer Ebene birgt ein erhöhtes Komplikationsrisiko, wenn die Koordination von Schallkopf und Nadel nicht sicher beherrscht wird (exakte Lokalisation der Nadelspitze).

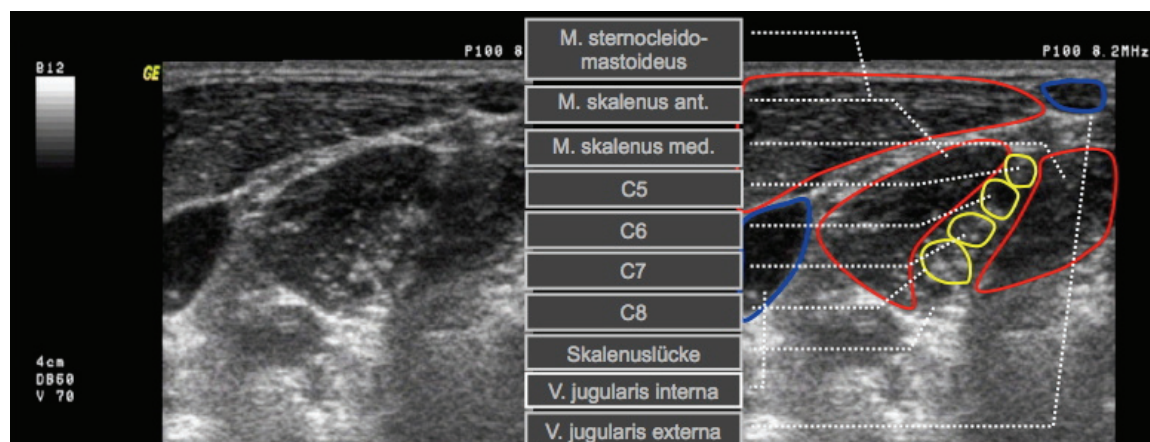
## 8. Spezielle Blockadetechniken

### 8.1 Blockaden des Plexus brachialis

#### 8.1.1 Interskalenär

Lagerung und Blockadetechnik: Lagerung des Kopfes in Neutralposition. Der Kopfring sollte entfernt werden, um die Halsregion möglichst gut einstellen zu können. Unabhängig von Einzelblockade oder Katheteranlage, ist prinzipiell ein streng steriles Vorgehen notwendig (Abdeckschlauch für Schallkopf und Zuleitung und kein Tegaderm®-Pflaster).

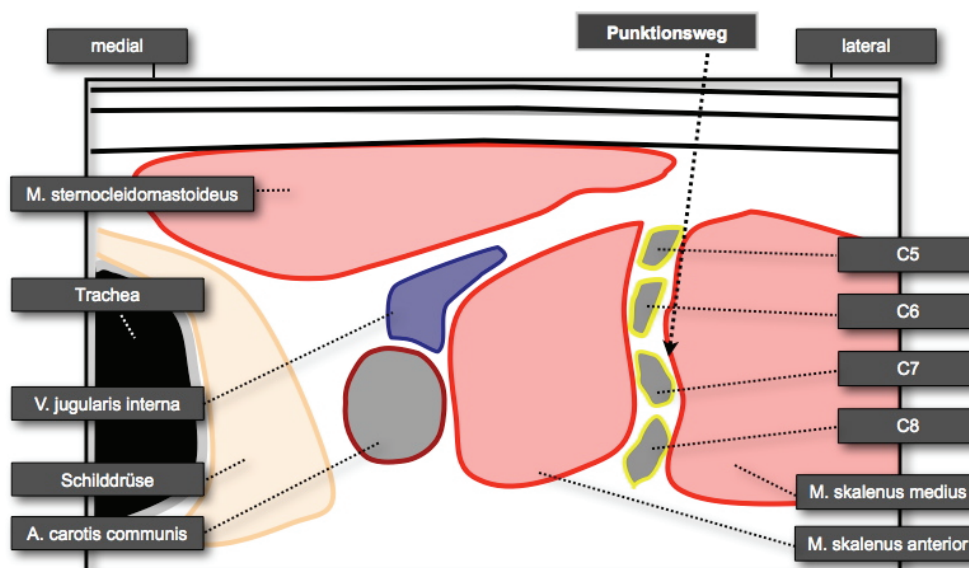
Sonoanatomie und Punktion: Der Schallkopf wird median auf Höhe des Krikoids in axialer Schallebene zum Patienten aufgesetzt und nach lateral verschoben. Identifizieren von G. thyroidea, V. jugularis interna, A. carotis communis und M. sternocleidomastoideus. Der Plexus brachialis verläuft auf der interskalenären Höhe zwischen dem medial gelegenen M. scalenus anterior und lateral liegenden M. scalenus medius. Typischerweise liegen die Nerven aus den Wurzeln C5-C8 (rami ventralis) perlschnurartig, allerdings auch mit erheblicher Variabilität, zwischen den Mm. scalenii. Alternativ kann bei Schwierigkeiten beim Auffinden des Plexus, von supraklavikulär begonnen werden.



**Abbildung 6:** Ultraschallbild des interskalenären Anteils des Plexus brachialis. Linke Seite das Originalbild, rechte Seite das gleiche Bild mit Beschriftungen.

Die oberflächlich liegenden Nerven des Plexus brachialis werden auf interskalenärer Ebene zuerst blockiert und in die Mitte des Schallfensters gebracht (i.d.R. die Nerven aus den Wurzeln C5/C6). Der punktierende Arzt steht am Kopf des Patienten. Die erste Punktion erfolgt mit dünner Kanüle (s. Abschnitt *Kontinuierliche Blockadetechniken*). Die Oberflächenanästhesie der Haut und der Subkutis wird an der Stelle der späteren Katheterinsertion durchgeführt (1cm kranial des Schallkopfes in einem Winkel von 45 Grad). Ein halber bis ein Milliliter Lokalanästhetikum zur Oberflächenanästhesie ist ausreichend. Anschließend kann die Nadel am Rand der Skalenuslücke vorgeschoben werden. Nun können die ersten Milliliter Lokalanästhetikum zwischen die Nerven der Wurzeln C5/6 oder C6/7 injiziert werden (je 1-2ml), (Abbildung 6).

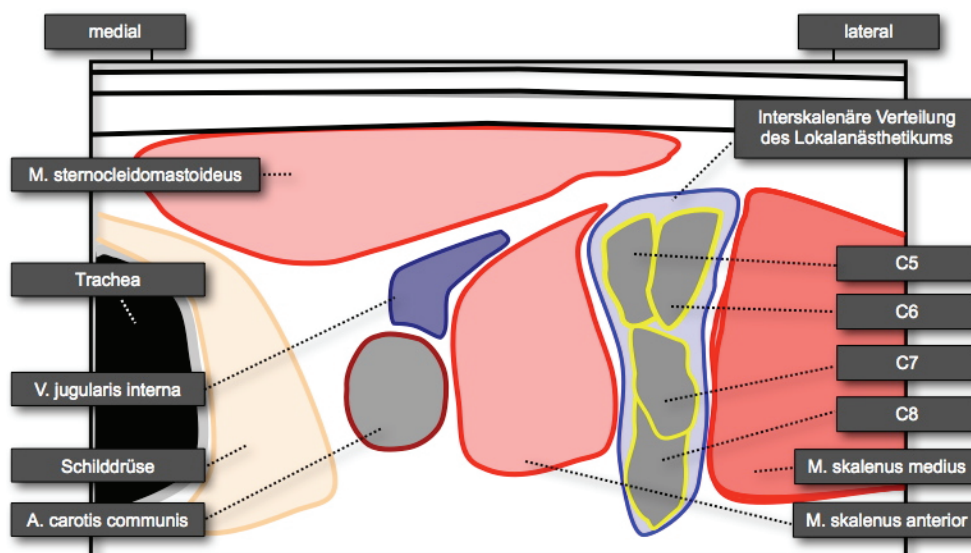
Ist das Lokalanästhetikum homogen um die Nerven verteilt, treten die Nerven im Ultraschallbild deutlich sichtbar hervor. Dann wird der Rest des Lokalanästhetikums um die Nerven injiziert. Die Kombination von Oberflächenanästhesie und anschließender Injektion der ersten Dosis des Lokalanästhetikum ist nicht nur schnell, sondern führt auch zu einem weitgehend schmerzlosen Vorgehen für den Patienten.



**Abbildung 7:** Injektion der 10ml Lokalanästhetikums. Zugang zum Plexus brachialis auf interskalenärer Ebene in der Kurzachsentechnik.

Die zweite Punktion mit Mandrin und Führungskanüle erfolgt an der gleichen Einstichstelle und ist somit für den Patienten schmerzfrei. Tiefer gelegene Nerven der Wurzeln C7 und C8 können aus folgenden Gründen nun gut blockiert werden:

- Weitere ventral gelegene Nervenanteile sind aufgrund von Durchdringung und Verdrängung durch das Lokalanästhetikum gut sichtbar und kaum der Gefahr einer Verletzung ausgesetzt.
- Die dickere Führungskanüle mit Mandrin kann sicher und schmerzfrei in die Tiefe vorgeschoben werden. Die Injektion der zweiten Dosis (10ml) erfolgt unter sonographischer Kontrolle in der Nähe der Nervenwurzeln.



**Abbildung 8:** Blockierung der tiefer gelegenen Nerven des Plexus brachialis auf interskalenärer Ebene mit der dickeren 18G Kanüle zur Katheteranlage. Kurzachsentechnik. Injektion von insgesamt 20ml Lokalanästhetikum.

Normalerweise kann man eine gleichmäßige Verteilung des Lokalanästhetikums im Bereich des perineuralen Bindegewebes beobachten. Typisches Merkmal in der Darstellung ist ein hypoechogenes Schallmuster im Bereich der Nervenwurzeln. Durch die Diffusion und Resorption des Lokalanästhetikums kommt es bereits kurz nach der Injektion zu einer deutlichen Volumenzunahme der Nervenbahnen C5 bis C8 und des zugehörigen Bindegewebes. Der Mandrin wird nun aus der Kunststoffkanüle herausgezogen. Die Spitze der Kunststoffkanüle und der Katheter sind nur in Einzelfällen sonografisch sichtbar. Der Katheter wird 2 – 4 cm über das Kanülenende hinaus vorgeschoben und anschließend die Führungskanüle vorsichtig entfernt. Danach wird der Katheter auf seine endgültige Länge zurückgezogen (Punktionstiefe plus 3-5cm). Abschließend erfolgt die Fixierung desselben.

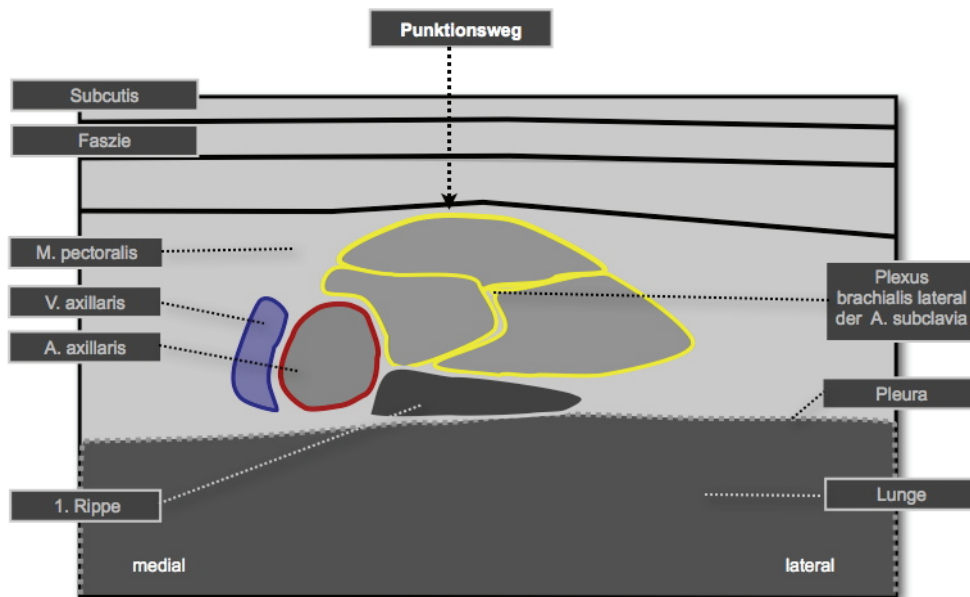
Die Injektion der restlichen 10-20ml Lokalanästhetikums unter Ultraschall vervollständigt die Blockade. Dabei erfolgt gleichzeitig eine indirekte Lageverifizierung des Katheters. Das Volumen der Nervenbahnen und des umgebenden Bindegewebes nimmt regelhaft um das zwei- bis dreifache zu. Dieser sogenannte „enhancement effect“ korreliert sehr gut mit den ersten vom Patienten berichteten Blockadeffekten.

### 8.1.2 Supraklavikulär

Lagerung und Blockadetechnik: Der Patient befindet sich in Rückenlage und es ist keine besondere Lagerung erforderlich. Bei dickem, kurzem Hals kann eventuell das Kopfkissen entfernt werden, um die Schallbedingungen zu verbessern.

Sonoanatomie und Punktion: Axiale Ultraschallebene zum Nerven, Kurzachsentechnik zur Punktion.

Die Punktion sollte nur erfolgen, wenn Nerven, Arterie und Pleura gleichzeitig in einer Ebene dargestellt werden können. Die Trunci des Plexus brachialis liegen in dieser Region traubenförmig eng aneinander und sind lateral der A. subclavia zu finden. Muss der Schallkopf zur optimalen Plexusdarstellung stark in die obere Thorax Öffnung gekippt werden (also flach zur Haut), kann eine Punktion in der Kurzachsen – Technik schwer sein. Ein Wechsel auf die Langachsen – Technik kann bei dieser Blockade erforderlich werden.

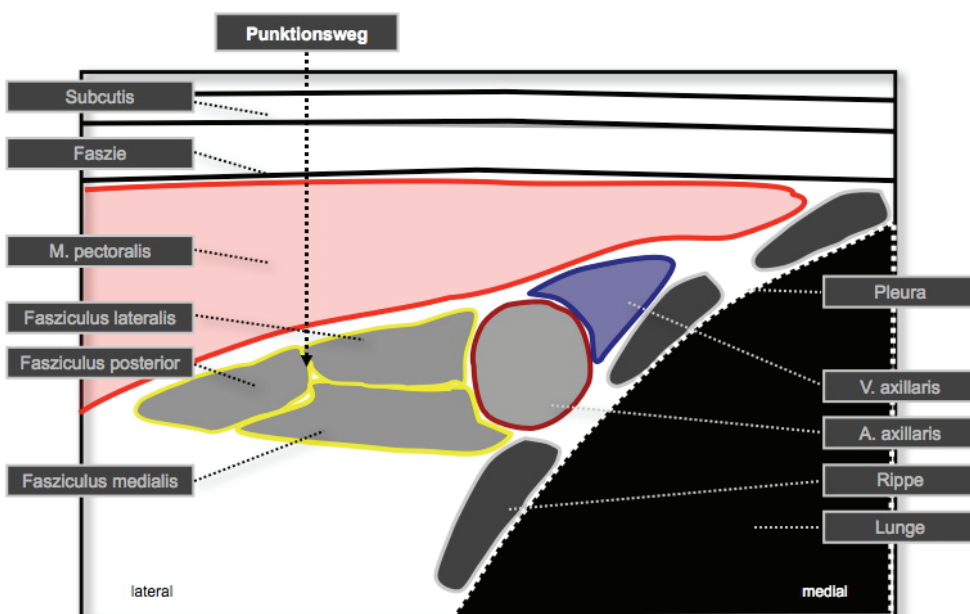


**Abbildung 9:** Schematischer Umriss eines Ultraschallbildes des pars supraclavicularis des Plexus brachialis.

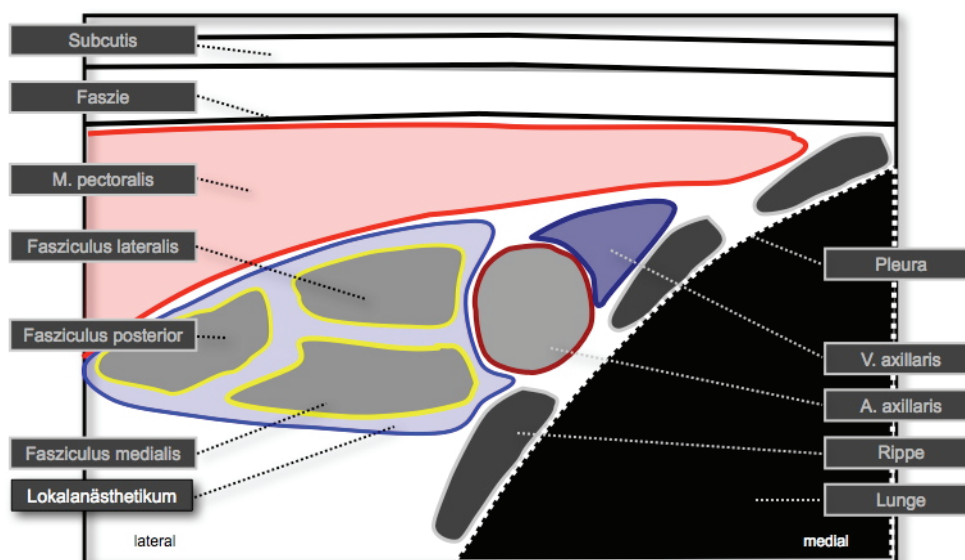
### 8.1.3 Infraklavikulär

Lagerung und Blockadetechnik: Zur kontinuierlichen Blockade des Plexus brachialis in der infraklavikulären Region hat sich die Darstellung einer direkt unter der Klavikula liegenden Schallebene im Bereich der Mohrenheimschen Grube bewährt. Der Arm kann um 90° abduziert werden, um die Klavikula nach kranial zu bringen und dadurch bessere Schallbedingungen zu schaffen. Die Punktion erfolgt in der Kurzachsen – Technik mit der Punktrichtung von lateral nach medial.

Sonoanatomie und Punktion: Der Plexus brachialis zeigt in diesem Bereich eine extreme, von der Lagerung abhängige, Darstellungsvielfalt. In Einzelfällen sollte der Oberarm um 90° abduziert werden, um die gewünschten Strukturen optimal darzustellen. Deutlich darstellbare Strukturen sind die A. axillaris, V. subclavia und Muskeln der Pektoralisloge.

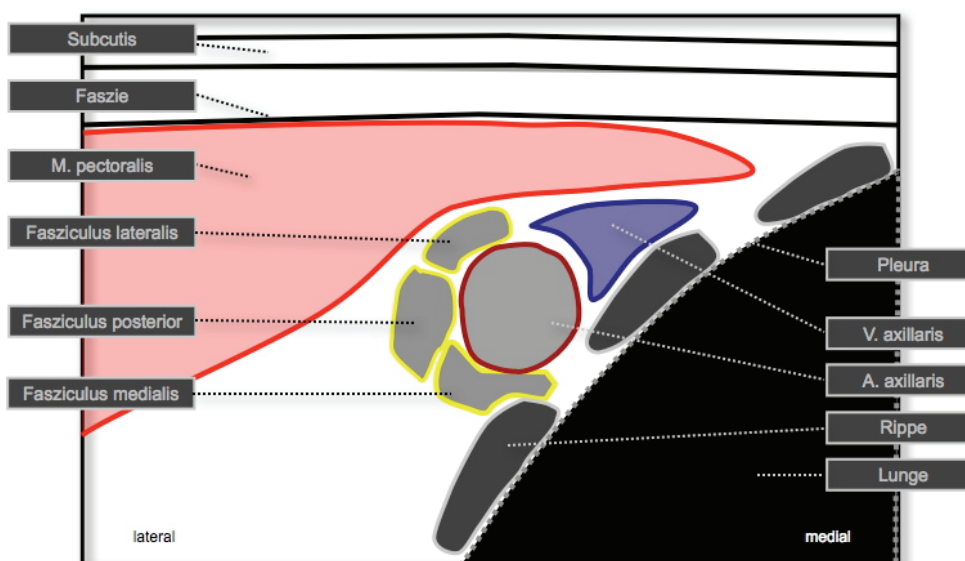


**Abbildung 10:** Plexus brachialis auf infraklavikulärer Ebene vor Injektion des Lokalanästhetikums. Dreiecksförmige Anordnung der Faszikel.



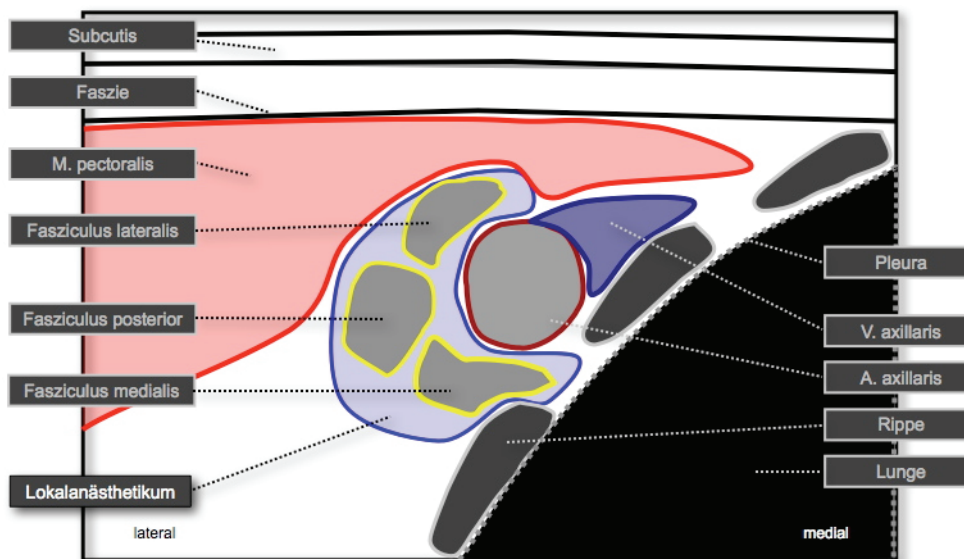
**Abbildung 11:** Plexus brachialis auf infraklavikulärer Ebene nach Injektion des Lokalanästhetikums. Dreiecksförmige Anordnung der Faszikel.

In der Tiefe können die obersten Rippenanteile, die Pleura und die Anteile der Lunge dargestellt werden. Bei der Abduktion des Armes von 90° nehmen die Nerven im Bereich des infraklavikulären Plexus gewöhnlich eine dreiecksförmige Gestalt an, wohingegen sich bei angelagertem Arm eher eine halbmond- oder sichelförmige Verteilung der Faszikel um die Arterie herum finden lassen.



**Abbildung 12:** Plexus brachialis infraklavikuläre Ebene. Halbmondförmige Anordnung der Faszikel.

Die Punktionsrichtung sollte so geplant werden, dass der Katheter in der Kurzachsentechnik in Nervenverlauf vorgeschoben werden kann. Die Punktion wird unter sterilen Kautelen durchgeführt. Zunächst wird mit einer dünnen Nadel ein Volumen von 10ml Lokalanästhetikum appliziert. 1ml des Lokalanästhetikums wird zur Oberflächenanästhesie eingesetzt und anschließend weitere 9ml des Medikamentes injiziert. Durch kleine Boli von 0,1-0,2ml hervorgerufene hypoechogene Areale im Schallbild können dabei helfen, die korrekte Nadelplatzierung zu verifizieren. Nach dieser ersten Applikation zeigt sich bereits der *enhancement* - Effekt, der die sichtbare Demarkierung der Nerven beschreibt.



**Abbildung 13:** Plexus brachialis, infraklavikuläre Ebene nach Injektion des Lokalanästhetikums. Deutliche Darstellung der Nerven im Ultraschallbild (enhancement effect).

Danach wird die dickere 18G Führungskanüle mit Mandrin eingesetzt, um einen erneuten Bolus von 10ml Lokalanästhetikum u.a. zur Vorbereitung der Kathetereinlage zu verabreichen (z.B. Contiplex® Nadel B-Braun). Die Applikation von Lokalanästhetika und nachfolgender Katheterinsertion erleichtert durch die Volumenzunahme der Zielregion die Platzierung des Katheters. Der Katheter wird nachdem der Mandrin entfernt wurde über die Kanüle vorgeschoben und wie oben beschrieben fixiert.

#### 8.1.4 Axillär

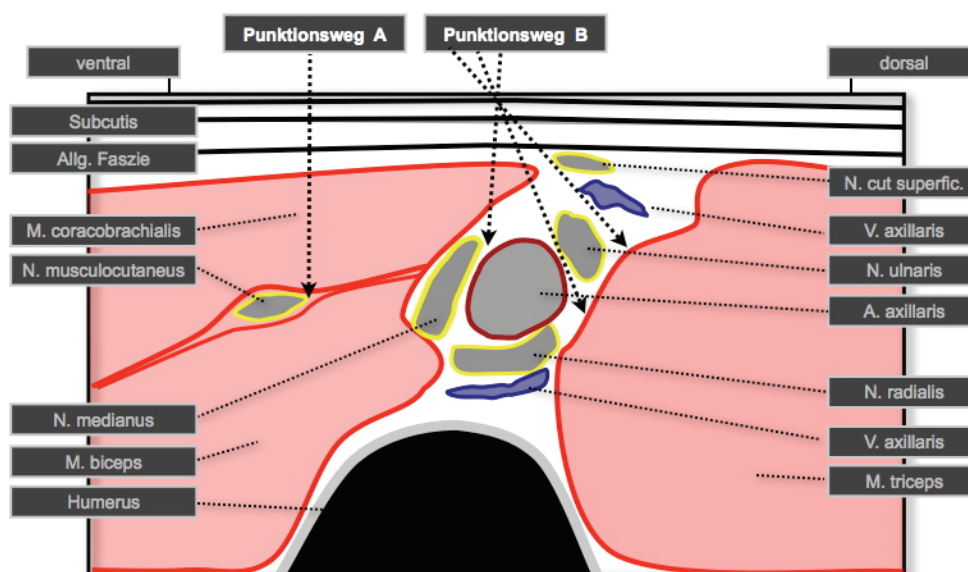
Lagerung und Blockadetechnik: Der Patient liegt auf dem Rücken. Es wird eine weit proximal gelegene axiale Schallebene des Oberarmes verwendet, der um 90° abduziert ist.

Sonoanatomie und Punktion: In dieser Schallebene können die A. axillaris umgebenden Nervenbahnen gut dargestellt werden. Der N. musculocutaneus weist eine erhebliche Variabilität in seinem Verlauf auf und ist selten nahe am N. medianus, ulnaris oder radialis gelegen. Man findet ihn innerhalb des lateral bzw. anterior liegenden M. coracobrachialis. Die Venen werden in dieser Schallebene einfach durch einen leichten Anpressdruck komprimiert oder kollabieren bereits durch die normale Führung des Schallkopfes in der Axilla.

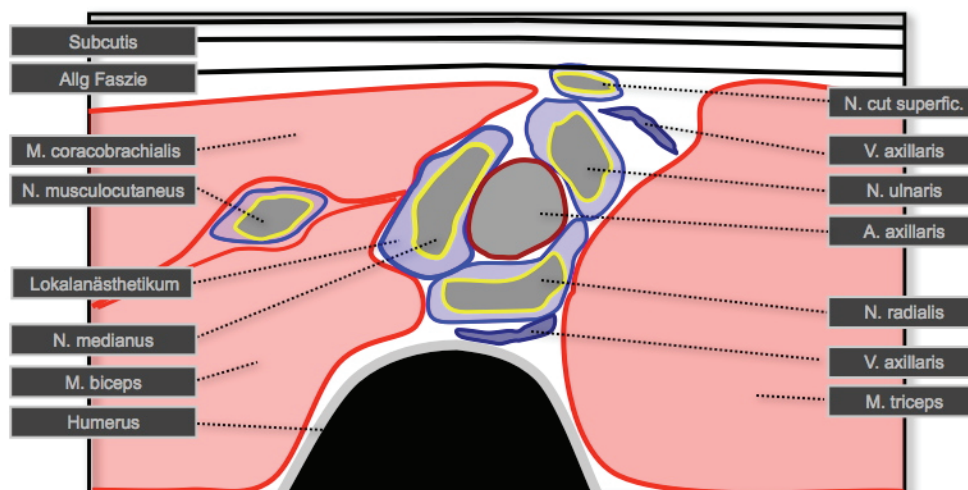
Der Ausgangspunkt des N. musculocutaneus entstammt dem lateralen Faszikel des Plexus brachialis und kann dort nicht immer, oder nur schwer dargestellt werden. Deutlich besser ist er dort zu erkennen, wo der N. musculocutaneus in den M. coracobrachialis einzieht. Er zeigt sich hier als linsenförmige hyperechogene Struktur mit deutlicher Abgrenzung zum Muskelgewebe. Die Form ändert sich im Verlauf nach distal zu einer mehr dreieckigen Struktur. Die anderen 3 Nerven, N. medianus, N. ulnaris und N. radialis liegen um die Arterie verteilt. Sie sind häufig leicht zu verschieben. Der N. radialis liegt in der Regel posterior der A. radialis, der N. medianus liegt anterolateral und der N. ulnaris posteriomedial der Arterie.

Nach der Identifikation jedes einzelnen Nerven werden diese mit je 5-10ml Lokalanästhetikum blockiert. Es hat sich bewährt, bei der kontinuierlichen axillären

Plexusblockade mit dem N. musculocutaneus zu beginnen. Häufig liegt der N. musculocutaneus so weit von den anderen drei Nerven entfernt, dass dieser Nerv durch eine getrennte Punktion blockiert werden muss. Sollte das der Fall sein, wird zunächst der Nerv in die Mitte des Schallfensters gebracht. Mit einer kurzen Nadel (24G) wird in der kurzen Achse in der Mittellinie des Schallkopfes, die Nadel 1cm proximal und im 45 ° Winkel zur Hautoberfläche eingestochen und der N. musculocutaneus blockiert. Die Nn. medianus, ulnaris und radialis können, in der Regel mit zwei Punktionen durch die Haut und Richtungskorrekturen nach Einstich, betäubt werden. Weil die drei Nerven um die A. axillaris verteilt sind, wird die Arterie in der Mitte des Schallfensters dargestellt. Gelegentlich können alle 4 Nerven in einem Schallfenster dargestellt werden und man kommt so mit einem Hauteinstich aus.



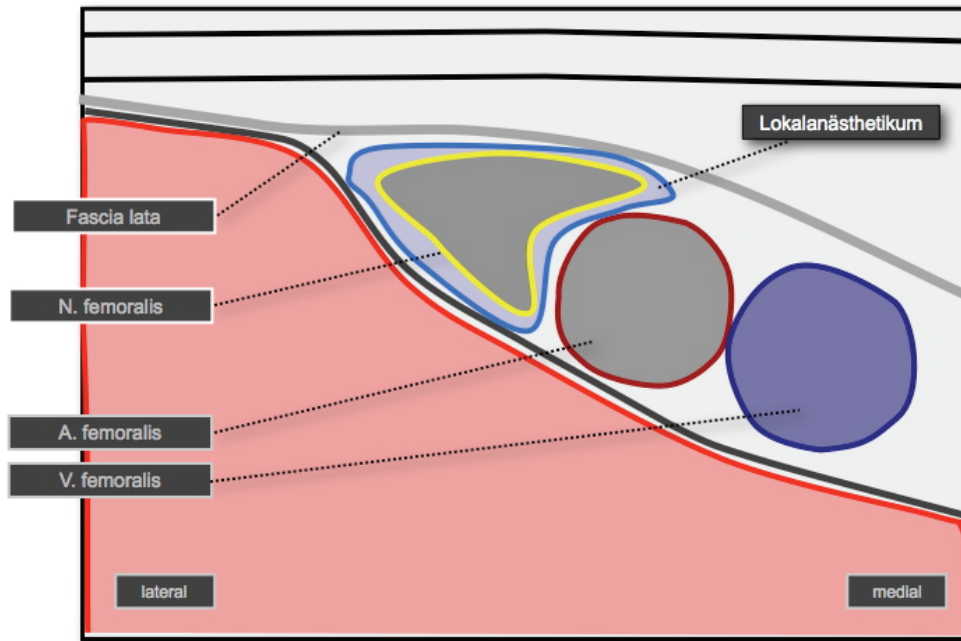
**Abbildung 14:** Plexus brachialis axilläre Ebene.



**Abbildung 15:** Plexus brachialis axilläre Ebene nach selektiver Nervenblockade.

Katheteranlage: Nach selektiver Blockade der vier Nerven wird die dickere 18G Contiplexnadel® im Bereich des N. Radialis hinter der Arterie platziert. In diesem Bereich ist die Katheteranlage einfacher, weil innerhalb der präformierten Depots der Katheter in größtmöglicher Tiefe relativ sicher liegt. Der Katheter wird in einer Tiefe von 5-6cm zum Hautniveau fixiert. Unter Sicht kann abschließend mit einer kleinen Dosis an Lokalanästhetikum die Lage durch Ausbreitung des Lokalanästhetikums indirekt kontrolliert werden.



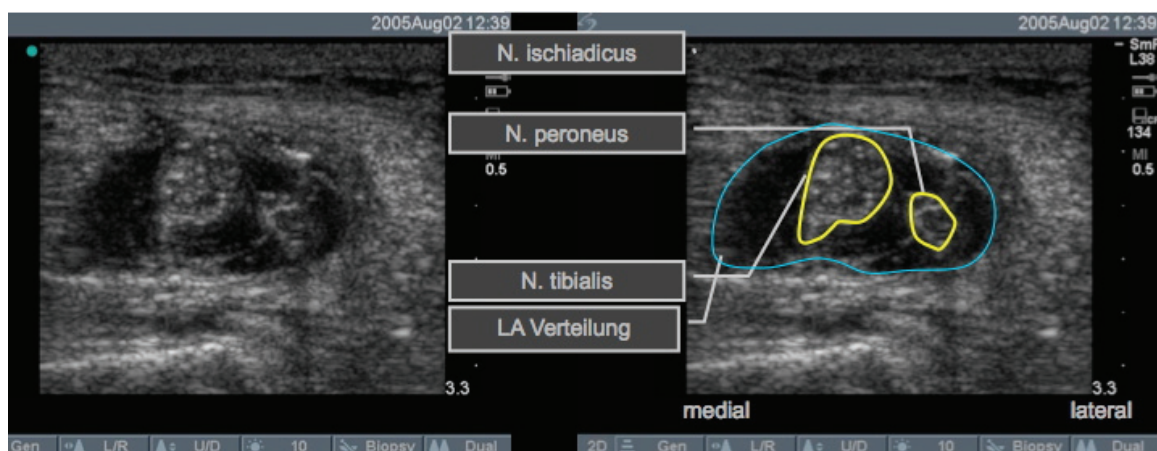


**Abbildung 17:** N. femoralis.

### 8.3 Distale Blockade des N. ischiadicus

Lagerung und Blockadetechnik: Der Patient liegt in Rückenlage. Das zu behandelnde Bein wird angewinkelt und muss so gelagert werden, dass im distalen Oberschenkel und der Kniekehle geschallt werden kann. Das wird mit einer Unterlage, einem Kissen oder einem Lagerungskeil für den OP, unter dem Oberschenkel erreicht. Alternativ kann die Punktion auch in Bauchlage erfolgen, wenn die Lagerung nicht mit Schmerzen für den Patienten verbunden ist.

Sonoanatomie und Punktion: In axialer Ebene im Bereich der Kniekehle und weiter proximal wird die A. tibialis und die Nn. peroneus und tibialis dargestellt. Beide Nerven werden nun bis zum Zusammenschluss zum N. ischiadicus nach proximal verfolgt. Die Punktion erfolgt von lateral in Langachsen - Technik (1,5 - 2cm ventral des Schallkopfes in der Ultraschallebene).



**Abbildung 18:** N. ischiadicus nach Aufteilung in den N. tibialis und den N. peroneus communis.

Befindet sich der Patient in Bauchlage, empfiehlt sich eine Punktion mit der Kurzachsen - Technik. Dabei könnte von Vorteil sein, dass der Katheter längs zum Nerven

vorgeschoben werden kann und nicht orthograd wie bei einer lateralen Punktion. Analog zu den vorherigen aufgeführten Verfahren erfolgt eine Oberflächenanästhesie mit einer 24G Nadel mit 0,5ml und eine etwas tiefere Injektion von 1ml Lokalanästhetikum in Richtung des Stichkanals. Eine 18G Nadel wird dann unter Sicht in Richtung N. ischiadicus vorgeschoben und erreicht in etwa 2,5-5cm Tiefe den lateralen Rand des Nerven. Mit Hilfe einer Testdosis von 0,1-0,2ml Lokalanästhetikums kann man die Verteilung des Medikamentes im Bereich der peripheren Nervenscheide beobachten. Nach dem die restlichen ca. 8ml appliziert wurden und weitere 10ml Lokalanästhetikum verabreicht sind, zeigt sich um den Nerven herum ein hypoechogener Hof der innerhalb weniger Sekunden durch eine Zunahme der Echodichte und des Volumens der Nervenstruktur ergänzt wird. Einige Autoren haben den Effekt auch als *Doughnut* Zeichen beschrieben. Bei der Kurzachsen – Technik in Bauchlage wird der Katheter nach der Gabe von 20ml Lokalanästhetikum drei bis vier Zentimeter eingeführt. Bei der lateralen Punktion in Langachsen – Technik und in Rückenlage des Patienten, muss häufig der Katheter nur 2 bis 3 Zentimeter vorgeschoben werden. Eine indirekte Lagekontrolle des Katheters ist insbesondere beim lateralen Zugang notwendig, da der Katheter leicht zu weit (am Nerven vorbei) vorgeschoben werden kann. Anschließend erfolgt die Fixierung des Katheters. Ein Vorteil der lateralen Punktion ist die seitliche Ausleitung des Katheters, was sekundäre Dislokationen verringert und die Pflege vereinfacht. Nachteilig ist sicherlich ein orthogrades Einführen des Katheters zum Nerven, was eine korrekte Platzierung des Katheters erschweren kann.

## 9. Postoperatives Dosierungsschema für periphere Nerven Katheter

Auf dem Verordnungsbogen (Konsilschein) werden die narkosespezifischen Daten sowie die Anordnung für die periphere Station notiert. Aus dem Verordnungsbogen müssen hervorgehen:

Stammdaten: Datum, Anfordernde Abteilung/Person (Unterschrift), Diagnose und Operation, Station sowie der Zusatz: „Überwachung auf Station ist gewährleistet“.

Anästhesist/in: Name, Unterschrift, Telefonnummer sowie Datum und Uhrzeit.

Blockadedaten: Angaben zu Ort, Seite, Anzahl Punktionen, Parästhesien, Kathetertiefe, Anhalt, Qualität Sonoanatomie, Effekt und Komplikation

Katheter		Dosierung	Applikation	Kommentar
Plexus brachialis	ISPK	Ropivacain 0,2%	3 - 4 x tgl. 20 - 25ml	b. Bed. Erhöhung auf Ropivacain 0,375%
	SCPCK	Ropivacain 0,2%	3 - 4x tgl. 20 - 25ml	Supraklavikuläre Blockade nur nach RS mit OA
	ICPK	Ropivacain 0,2%	3 - 4x tgl. 20 - 25ml	b. Bed. Erhöhung auf Ropivacain 0,375%
	AX	Ropivacain 0,2%	3 - 4x tgl. 30ml	b. Bed. Erhöhung auf Ropivacain 0,375%
N. femoralis		Ropivacain 0,2%	3 - 4x tgl. 20ml	b. Bed. Erhöhung auf Ropivacain 0,375%
N. ischiadicus		Ropivacain 0,2%	3-4x tgl. 20 - 30ml	b. Bed. Erhöhung auf Ropivacain 0,375%

**Tabelle 8:** Standards zur Verordnung der Medikation bei peripheren Nerven Kathetern zur postoperativen Schmerztherapie. ISPK: interskalenär; SCPCK: supraklavikulär; ICPK: infraklavikulär; AX: axillär.

Bei **krankengymnastischen Übungen** sollte der Katheter 30-60min vor Beginn der Übungen mit 30ml Prilocain 1,0% bestückt werden.

Abweichend von der standardisierten Bolusgabe kann eine **kontinuierliche Gabe** von Lokalanästhetika durch einen Perfusor sinnvoll sein. Dazu zählen zum Beispiel Patienten mit CRPS, Amputationen oder ausgedehnten Arthrolysen.

Perfusor mit Ropivacain 2 - 3,75mg/ml, Laufrate 5 – 10ml/h.

Bei **Tachyphylaxie** oder unzureichender Analgesie im stationären Bereich kann ein Wechsel zu Carbostesin 0,25 – 0,375% oder Prilocain erfolgen.

## 10. Literatur

1. Gray AT. Ultrasound-guided regional anesthesia: current state of the art. *Anesthesiology* 2006;104:368-73, discussion 5A.
2. Hopkins PM. Ultrasound guidance as a gold standard in regional anaesthesia. *Br J Anaesth* 2007;98:299-301.
3. Chan V. Applying ultrasound imaging to interscalene brachial plexus block. *Reg Anesth Pain Med* 2003;28:340-3.
4. Sites BD, Beach ML, Spence BC et al. Ultrasound guidance improves the success rate of a perivascular axillary plexus block. *Acta Anaesthesiol Scand* 2006;50:678-84.
5. Sandhu NS, Manne JS, Medabalmi PK, Capan LM. Sonographically guided infraclavicular brachial plexus block in adults: a retrospective analysis of 1146 cases. *J Ultrasound Med* 2006;25:1555-61.
6. Karmakar MK, Kwok WH, Ho AM et al. Ultrasound-guided sciatic nerve block: description of a new approach at the subgluteal space. *Br J Anaesth* 2007;98:390-5.
7. De Andres J, Sala-Blanch X. Ultrasound in the practice of brachial plexus anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* 2002;27:77-89.
8. Silvestri E, Martinoli C, Derchi LE et al. Echotexture of peripheral nerves: correlation between US and histologic findings and criteria to differentiate tendons. *Radiology* 1995;197:291-6.
9. Grechenig W, Clement HG, Peicha G et al. [Ultrasound anatomy of the sciatic nerve of the thigh]. *Biomed Tech (Berl)* 2000;45:298-303.
10. Fornage BD, Rifkin MD. Ultrasound examination of the hand and foot. *Radiol Clin North Am* 1988;26:109-29.
11. Grau T. *Ultraschall in der Anästhesie* Köln: Deutscher Ärzteverlag, 2007.
12. Xu D, Abbas S, Chan VW. Ultrasound phantom for hands-on practice. *Reg Anesth Pain Med* 2005;30:593-4.