

## Die wichtigsten sonographischen Verfahren im Repertoire des Anästhesisten und Intensivmediziners\*

### Zusammenfassung

Der wachsende Stellenwert der Sonographie für das perioperative Procedere beruht hauptsächlich auf der Mobilität der Geräte, auf der Bedeutung für die Patientensicherheit (z.B. bei ZVK-Anlagen) sowie auf dem Nutzen für die Regionalanästhesie. In der Intensiv- und Notfallmedizin hat die Sonographie durch die stetige Verbesserung der Bildqualität und des technischen Komforts der Ultraschallgeräte die Rolle eines akustischen Stethoskops übernommen und steht in Konkurrenz zu herkömmlichen klinischen Untersuchungen wie der Auskultation und der Röntgenuntersuchung. Der steigende Fortschritt führt zu neuen Anforderungen an die klinischen Fähigkeiten des Facharztes. Für den Bereich der Regionalanästhesie sind die Blockaden des Plexus axillaris und Plexus brachialis an der oberen Extremität sowie der Nervi femoralis und ischiadicus an der unteren Extremität von besonderer Bedeutung. In der Notfall- und Intensivmedizin sind innovative Konzepte für fokussierte Herz-, Lungen- und Abdomensonographie als Entscheidungshilfe in meist kritischen Situationen von großem Wert. Der Artikel soll eine Übersicht geben, welche sonographiegestützten Techniken im Repertoire des Facharztes nicht fehlen sollten.

### Summary

The rising impact of sonography for the perioperative period is mainly based on the mobility of the ultrasound systems,

## The most important sonographic procedures for anaesthesiologists and intensive care physicians

M. Schreiber · C.-A. Greim

its potential for patient safety, for example, in central venous catheter placement and its benefit for regional anaesthesia. In intensive care and emergency medicine, the improvement of imaging quality and comfort makes portable sonography a serious competitor for classic examinations such as x-ray and auscultation and is used as a sonographic stethoscope. The ascending progress creates consecutive challenges for clinical specialists. In regional anaesthesia, four nerve blocks are most important: axillary and brachial plexus anaesthesia in the upper extremity as well as blocks of femoral and sciatic nerve in the lower extremity. There are a few innovative concepts for a focussed heart, lung and abdominal sonography, which can be immensely helpful in critical situations relevant to emergency medicine or intensive care. This paper demonstrates what should not be missed in the repertoire of a physician working in the field of anaesthesia, emergency medicine or intensive care.

### Die anästhesiologisch fokussierte Sonographie

Der fokussierte Einsatz des Ultraschalls bzw. der Sonographie in der Anästhesie, Notfall- und Intensivmedizin erfolgt zunehmend auf dem Boden von wissenschaftlichen Erkenntnissen und evidenzbasierten Empfehlungen [1,2,3,4,5]. Zahlreiche akutmedizinische Fragestellungen lassen sich mit kompakten und qualitativ hochwertigen, aber dennoch

### Zertifizierte Fortbildung

#### CME online

BDA- und DGAI-Mitglieder müssen sich mit ihren Zugangsdaten aus dem geschlossenen Bereich der BDA- und DGAI-Webseite unter der Domain [www.cme-anesthesiologie.de](http://www.cme-anesthesiologie.de) anmelden und auf das Kursangebot zugreifen.

Klinik für Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin, Klinikum Fulda (Direktor: Prof. Dr. C.-A. Greim)

\* Aktualisierte Version des Beitrags von Schreiber M, Greim CA: Die wichtigsten sonographischen Untersuchungen im Repertoire des Anästhesisten und Intensivmediziners. In: Deutsche Akademie für Anästhesiologische Fortbildung (Hrsg): Refresher Course – Aktuelles Wissen für Anästhesisten, Nr. 39, April 2013, Nürnberg, Ebelsbach: Aktiv Druck & Verlag 2013;97-108

### Schlüsselwörter

Anästhesie – Sonographie – Point-of-Care-Diagnostik (POC) – Intensivmedizin – Regionalanästhesie

### Keywords

Anaesthesia – Sonography – Point-of-Care Diagnostics (POC) – Intensive Care – Regional Anaesthesia

preiswerten Sonographiegeräten mit hohem Anwendungskomfort direkt am Patientenbett beantworten – wodurch der Einsatz der sog. Point-of-Care (POC)-Ultraschalluntersuchungen immer populärer wird. Die in Echtzeit gewonnenen und laufend zu aktualisierenden Ultraschallbilder können sofort ausgewertet werden. Sie bilden damit die ideale Grundlage sowohl für eine schnelle Diagnostik als auch für die Identifikation von Zielstrukturen bei Punktionsverfahren und dienen damit vor allem der Verbesserung der Patientensicherheit. Über dieses zentrale Qualitätsmerkmal hinaus können sie auch zur Kosteneinsparung beitragen [6]. Insgesamt hat die POC-Sonographie das Instrumentarium der Anästhesisten ebenso wie das der Intensiv- und Notfallmediziner beträchtlich erweitert.

Mit der modular aufgebauten Seminarreihe „Anästhesie Fokussierte Sonographie“ (AFS) setzt die DGAI (Deutsche Gesellschaft für Anästhesiologie und Intensivmedizin) seit dem Jahr 2011 ein Ausbildungskonzept um [7], das den Weiterbildungsassistenten und Fachärzten der Anästhesiologie in zertifizierten Kursen die wichtigsten Anwendungen von Ultraschallverfahren vermittelt ([www.ak-ultraschall.dgai.de](http://www.ak-ultraschall.dgai.de)). Die anästhesiologischen Einsatzfelder werden strukturiert und systematisch in fünf AFS-Modulen vermittelt. Im Rahmen der perioperativen anästhesiologischen Tätigkeit dominieren die Anwendungen für zentralvenöse Kanülierungen und Regionalanästhesie, die in den Modulen „Gefäßsonographie“ und „Neurosonographie“ unterrichtet werden. Die Module „Kardiosonographie“ und „Thorakoabdominelle Sonographie“ behandeln hauptsächlich spezielle Ultraschalluntersuchungen in der Intensiv- und Notfallmedizin. Hier zielt das POC-Konzept der Sonographie besonders auf die Abklärung einer häodynamischen Instabilität durch zielgerichtete Echokardiographie (FATE = Focus Assessed Transthoracic Echocardiography), die Abklärung innerer Blutungen durch umschriebene Sonographie des Abdomens (FAST = Focused Assessment with Sonography for Trauma) oder den Ausschluss

eines Pneumothorax, für den FAST durch eine Thoraxsonographie ergänzt wird (e-FAST; extended FAST).

**Theoretische und praktische Grundlage für die „Anästhesie-Fokussierte Sonographie“ (AFS) sind die fünf AFS-Module „Grundlagen“, „Gefäßsonographie“, „Neurosonographie“, „Kardiosonographie“ und „Thorakoabdominelle Sonographie“.**

### Technische Aspekte

Die Sonographie ist ein bildgebendes Verfahren, das auf der unterschiedlichen Reflexion und damit der Laufzeit von gerichtetem Ultraschall durch die untersuchten Strukturen beruht. Dabei geht die Erhöhung der Ultraschallfrequenz mit einer Verminderung der Eindringtiefe einher, während niedrigere Frequenzen die Eindringtiefe steigern. Zur Erzielung einer hohen Bildauflösung wird bei der Darstellung schallkopfnaher Strukturen daher **hochfrequenter Ultraschall** genutzt, während bei tiefer gelegenen Strukturen **niederfrequenter Ultraschall** verwendet wird. Neben der Schallfrequenz sind der Typ des Schallkopfs sowie die Art der Darstellung bedeutsam.

- **Linearschallköpfe** mit hohen Frequenzen von 7,5-12,5 MHz werden vor allem in der Gefäß- und Neurosonographie genutzt, während Sektor- oder Konvexschallköpfe mit niedrigen Frequenzen von 2-5 MHz in der Thorax- und Abdomensonographie eingesetzt werden. Sektorschallköpfe dominieren auch die transthorakale Echokardiographie (TTE); sie haben den Vorteil, dass sie durch enge Fenster (in diesem Fall die Interkostalregion) hindurch einen sich in der Tiefe verbreiternden Bildsektor erzeugen.
- Zur bildlichen Darstellung wird meist der B-Mode (Brightness modulation) gewählt, in dem die Echointensität in Helligkeitsgrade umgesetzt wird. Flüssigkeiten erscheinen grundsätzlich dunkel, Luft oder Knochen bzw.

Kalk dagegen hell. Die Echointensität wird als echofrei, echoarm, echo-gleich oder echoreich beschrieben. Der eindimensionale M-Mode (Motions- bzw. Bewegungsmodus) wird zur Darstellung von Bewegungen genutzt.

### Sonographisch gestützte Anlage eines Zentralvenenkatheters

Die ultraschallgestützte Punktation der V. jugularis interna (VJI) oder V. subclavia zur Anlage eines Zentralvenenkatheters (ZVK) ist eine wichtige Maßnahme der perioperativen und intensivmedizinischen Behandlung, die bei richtiger Indikationsstellung einen hohen Patientennutzen hat. Die Komplikationsrate bei Anlage eines ZVK wird bei Einsatz der Sonographie deutlich reduziert [8,9]. In Großbritannien werden die Katheter auf Empfehlung des National Institute for Clinical Excellence (NICE) – sofern Geräte verfügbar sind – regelhaft unter sonographischer Kontrolle gelegt [10]. Auch in Deutschland ist ein Trend zum routinemäßigen Einsatz der Ultraschallbildgebung bei der ZVK-Anlage erkennbar [11].

Die sonographiestützte ZVK-Anlage unterscheidet sich zunächst nicht grundlegend von dem an der topographischen Anatomie orientierten Vorgehen (wofür aus dem Englischen der Begriff „Landmarke“ übernommen wurde) – dies schon deshalb, um den Schallkopf auf der Suche nach den Zielstrukturen richtig zu positionieren. Im „klassischen“ Ansatz ohne Ultraschall erwartet der Anästhesist einen normalen topographischen Verlauf und ein offenes Lumen z.B. der VJI und punktiert nach entsprechenden Vorgaben „blind“ in die Tiefe der Halsregion. Studien zeigen jedoch, dass die VJI bei bis zu 16% der Patienten vom normalen Verlauf abweicht oder pathologisch verändert ist [12]. Die Varianten reichen von „nicht darstellbar“ oder „thrombosiert“ bis zu einer stark nach medial bis posterior abweichenden Lage der VJI zur A. carotis communis. Damit wird die Empfehlung des NICE zur routinemäßigen Sono-

graphie bei der ZVK-Anlage auch ohne weitere Evidenz nachvollziehbar. Es liegt derzeit im Ermessen des Arztes, ob die Sonographie nur zur orientierenden Darstellung des angezielten Gefäßes mit nachfolgender „blinder“ Punktionsdienst oder ob auch die eigentliche Gefäßpunktion unter direkter sonographischer Kontrolle der Kanülenführung erfolgt. Die Studienlage zeigt, dass die sonographisch überwachte Kanülenführung die Komplikationsrate gegenüber dem alternativen Vorgehen nochmals senkt [13]. Insbesondere Patienten mit einschlägigen Voroperationen wie Strumaresektion, Neck Dissection und Thrombendarteriektomie (TEA) der A. carotis profitieren von der sonographisch gestützten Anlage eines VJI-Katheters, darüber hinaus Patienten mit mehrfachen VJI-Kanülierungen und Patienten mit Adipositas permagna.

Der sichere Umgang mit der Punktionskanüle ist eine wichtige Voraussetzung der erfolgreichen ZVK-Anlage. Dazu muss der Anwender in der Sonoanatomie geschult sein, um die Position der Kanülen spitze beim Vorschlieben zu antizipieren und eine akzidentelle

Fehlpunktion zu vermeiden. Bezuglich der Darstellungstechnik werden zwei Vorgehensweisen unterschieden:

- Bei der „Out-of-plane“-Technik liegt die Punktionsrichtung rechtwinklig (orthogonal) zur Schallebene, so dass die Punktionskanüle nur sichtbar wird, wenn sie die Schallebene kreuzt (Abb. 1a). Damit ist das Risiko verbunden, die Kanülen spitze über die Schallebene hinaus tiefer als beabsichtigt vorzuschieben und ggf. eine Komplikation wie einen Pneumothorax auszulösen. Je nachdem, ob die Schallebene das angezielte Blutgefäß (oder auch den Nerv) orthogonal oder im Verlauf zeigt, wird von der Darstellung in der kurzen oder langen Achse gesprochen.
- Bei der „In-plane“-Führung wird die Punktionskanüle in der Schallebene geführt. Im günstigsten Fall wird die Kanüle in toto dargestellt und die sichere Navigation der Spitze zur Zielstruktur bedeutend erleichtert (Abb. 1b).

Bei allen sonographisch direkt überwachten Punktionsmethoden sind die einschlägigen Hygienevorgaben in An-

lehnung an die Vorgaben des Robert Koch-Instituts zu beachten [15]. Dazu zählen die Hautdesinfektion, das Tragen steriler Einmalhandschuhe, ein steriler Schallkopfüberzug sowie steriles Kanülen- und Spritzenmaterial; bei der Anlage eines Katheters sind zudem ein steriles Lochtuch und das Tragen eines sterilen Kittels erforderlich.

**Vor dem Hintergrund der aktuellen Studienlage ist der Einsatz der Sonographie bei jeder VJI-Katheter-Anlage – wann immer möglich – zu empfehlen. Davon abgesehen ist der Einsatz der Sonographie auch bei anderen Gefäßpunktionen (V. subclavia und V. femoralis usw.) zu empfehlen.**

### Sonographisch gestützte Nervenblockaden

#### Allgemeine Aspekte

Die große Bedeutung der Sonographie für die Regionalanästhesie ist unbestritten und schlägt sich in dezidierten technischen Beschreibungen nieder [16].

Nach Meinung vieler Autoren liegt der wesentliche Vorteil der sonographiestützten Regionalanästhesie gegenüber der anatomieorientierten Methode mit unterstützender Nervenstimulation vor allem in einer Reduktion neurologischer Komplikationen [17,18].

Das Repertoire an Nervenblockaden für den anästhesiologischen Regel- und Bereitschaftsdienst lässt sich auf je zwei Blockadetechniken der oberen und unteren Extremität beschränken, die von einem Facharzt beherrscht werden sollten:

- Im Bereich der oberen Extremitäten sind dies die interskalenäre Blockade des Plexus brachialis und die Blockade des Plexus axillaris;
- im Bereich der unteren Extremitäten sind es die Blockade des N. femoralis und die Blockade des N. ischiadicus.

Abbildung 1

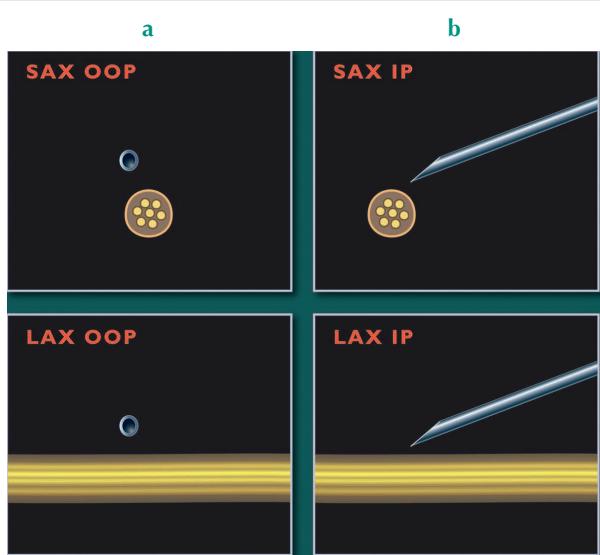


Abb. 1a: „Out-of-plane“ (OOP)-Kanülenführung. Abb. 1b: „In-plane“ (IP)-Kanülenführung. Aus Gray et al. [14]. SAX = short axis, kurze Achse; LAX = long axis, lange Achse.

Darüber hinaus leisten der Transversus-abdominis-plane (TAP)-Block zur Schmerztherapie nach Bauchwandeingriffen und der Fascia-iliaca-Block bei Hüftoperationen gute Dienste.

Die praktische Umsetzung der ultraschallgestützten Nervenblockaden gelingt vor allem bei guten anatomischen Kenntnissen mit entsprechender Orientierung an der topographischen Anatomie, ausreichendem technischem Basiswissen und der Anleitung durch einen erfahrenen Supervisor [19]. Es kommt hinzu, dass die wichtigsten Blockaden mit Ausnahme des proximal-anterioren Ischiadicus-Blocks unter die Kategorie „leicht“ fallen (Tab. 1), und das Plateau der Lernkurve bei guter Anleitung meist nach 15-20 Blockaden erreicht wird.

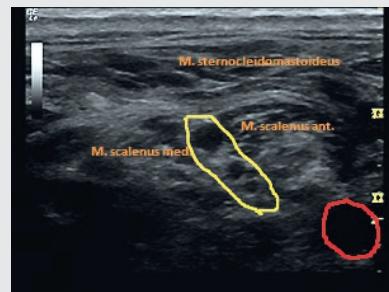
Die sonographiegestützte Blockadetechnik setzt aber vor allem fundierte Kenntnisse des **sonographischen Erscheinungsbildes** der Nerven voraus. Da die meisten peripheren Nerven aus verschiedenen Gewebeanteilen bestehen, reflektieren sie die Ultraschallwellen unterschiedlich [21]. Nervenfasern und Nervenfaserbündel (Trunci) geben ein geringes Echo und sind deshalb im sonographischen Bild **hypoechothen** – z.B. der Plexus brachialis (Abb. 2). Größerkalibrige Nerven mit vielen Faszikeln sind dagegen von **starker echo- genem** Bindegewebe umgeben, so dass

**Tabelle 1**

Schwierigkeitsgrade sonographisch assistierter Nervenblockaden (nach [20]).

Leicht	Mittel	Schwer
Skalenus-Block	Supraklavikulärer Block	Plexus-cervicalis-Block
Axillaris-Block	Obturatorius-Block	Psoas-Kompartiment-Block
Periphere Armnerven	Distaler Ischiadicus-Block	Proximal-anteriorer Ischiadicus-Block
Femoralis-Block	Periphere Unterschenkelnerven	
Saphenus-Block		

**Abbildung 2**



Typische Anlotung des interskalären Plexus brachialis (**gelb** umrandet), mit seinen hypoechogenen und perlenschnurartig angeordneten Nerven. **Rot:** A. carotis communis.

**Abbildung 3**



Hyperechogenes Honigwabenmuster am Beispiel des N. medianus (**gelb** umrandet) am Unterarm.

der Nerv im sonographischen Querschnitt ein Honigwabenmuster aufweist – z.B. der N. medianus (Abb. 3). Zudem stellen sich die Nerven aus verschiedenen **Anschall- oder Anlotungswinkeln** mit unterschiedlichem Echomuster dar, was **Anisotropie** genannt wird.

Die **Kanülenführung** erfolgt – ähnlich wie bei der Gefäßpunktion und mit gleicher Begrifflichkeit – in der Schallebene („In-plane“) oder orthogonal zu dieser („Out-of-plane“). Wie bei der ultraschallgestützten Punktion von Blutgefäßen muss der Anwender auch beim neurosonographischen Punktionsverfahren die Kanülen spitze kontrollieren, um ein Blockadeversagen oder Komplikationen wie eine Nervenverletzung zu vermeiden. Die Kanülen spitze selbst ist jedoch meist nur schwer zu identifizieren, wobei spezielle echogene Kanülen zur Erleichterung der Führung beitragen sollen. Eine bewährte Technik zur indi-

rekten Darstellung der Kanülen spitze ist die Injektion einer geringen Menge Lokalanästhetikum, dessen Ausbreitung sonographisch verfolgt wird und als Indikator der Kanülen spitzenposition dient (sog. **Hydrolokalisierung**).

**Bei der „Out-of-plane“-Technik wird die Kanülenführung und die Position der Spitze im Gewebe weniger durch direkte sonographische Darstellung der Kanüle als vielmehr durch indirekte Zeichen wie die Bewegung der Gewebe schichten beim Vorschlieben und die Ausbreitung von Injektionsflüssigkeit (Hydrolokalisierung) angezeigt.**

Sowohl die „In-Plane“-Technik als auch die „Out-of-Plane“-Technik sind bei den meisten Blockaden gut anwendbar und werden in den gängigen Kursformaten unterrichtet. Welche Technik bei welcher Blockade zur Anwendung kommt, ist dem Anwender überlassen.

### Hygienische Aspekte

Bezüglich der Hygiene gelten die bereits erwähnten Regeln. Nach Anlage eines Katheters muss der Patient engmaschig visitiert werden, um eine beginnende Infektion zu erkennen; dazu erscheinen eine ärztliche Visite pro Tag und eine pflegerische Inspektion der Einstichstelle pro Dienstschicht ausreichend. Weitere Risiken – wie bei allen Techniken der Lokalanästhesie – sind Hämatombildung, toxische und allergische Reaktionen auf Lokalanästhetika sowie katheterinduzierte Probleme wie Fehllagen, Druckschäden und Gefäßverletzungen [22]. Weiter ist zu bedenken, dass auch unter sonographischer Kontrolle akzidentelle Nervenpunktionen nicht sicher vermieden werden können [23].

### Lokalanästhetika-Bedarf

**Der Einsatz der Sonographie verringert wegen der besseren Ansteuerung des Nerven den Lokalanästhetika-Bedarf für die Blockade um etwa 50%.**

**Tabelle 2**

Wahl und Dosierung von Lokalanästhetika für Nervenblockaden bei konventioneller und sonographischer Technik (Anhaltswerte nach klinischer Erfahrung der Autoren). Alternativ zu Prilocain kann z.B. 1% Mepivacain oder bei länger geplanten Anästhesien 0,5% bzw. 0,75% Ropivacain gewählt werden.

Blockade	Konventionelle Technik	Sonographische Technik
Interskalenärer Block	40 ml Prilocain 1%	10-15 ml Prilocain 1%
Axillärer Block	40 ml Prilocain 1%	20-25 ml Prilocain 1%
Femoralis-Blockade	40 ml Prilocain 1%	15-20 ml Prilocain 1%
Ischiadicus-Blockade	Proximal: 40 ml Prilocain 1% Distal: 40 ml Prilocain 1%	Proximal: 10-20 ml Prilocain 1% Distal: 20 ml Prilocain 1%

In Studien konnte die minimale Menge des Lokalanästhetikums unter sonographischen Idealbedingungen bis auf 1 ml reduziert werden [24,25,26] – in der klinischen Praxis liegen diese jedoch deutlich höher. In Tabelle 2 wird eine Empfehlung zur Wahl und Dosierung des Lokalanästhetikums (in Abhängigkeit vom zu blockierenden Nerven) gegeben.

### Interskalenäre Blockade des Plexus brachialis

Der Plexus brachialis geht aus den Nervenwurzeln C5-Th1 hervor (Truncus superior aus C5 und C6, Truncus inferior aus C8 und Th1, Truncus medius aus C7). Die drei Trunci verlaufen zwischen den Mm. scalenus anterior und medius bis zur ersten Rippe, wo sie die Clavicula unterkreuzen und sich der A. subclavia anschließen. Ähnlich eines elektrischen Kabelbaumes verzweigt sich das Geflecht und übernimmt die komplette sensible und motorische Innervation des Armes. Eine interskalenäre Blockade des Plexus breitet sich über die Dermatome C5-C8 aus [27].

Das sonographisch gestützte Vorgehen ist wie folgt:

- Der Punktionsort wird durch Aufsetzen der Schallsonde im Bereich der medialen Clavicula mit Focus auf die A. subclavia identifiziert.
- Von dieser Position aus wird durch Schwenken und Drehen der Sonde nach medio-cranial zwischen den Mm. scaleni anterior und medius eine perlenkettenartige Struktur mit meist echoarmen Signalen gefunden (Abb. 2).

- Bei schwieriger Identifizierung des Plexus kann zunächst die A. carotis communis als medial gelegene Leitstruktur dargestellt werden, bevor der Schallkopf über dem M. sternocleidomastoideus nach lateral verschoben wird.
- Die richtige Einstichposition befindet sich auf Höhe des Cricoids und damit auf Höhe des Austritts der Nervenwurzel C6 sowie lateral der V. jugularis externa.
- Mit einem linearen 10-MHz-Schallkopf gelingt die sonographische Darstellung des Plexus brachialis oft auch bei extrem adipösen Patienten [28].

Die bekannten Komplikationen der beschriebenen Punktionstechnik – wie Pneumothorax [29], Gefäß- und Nervenverletzungen [30], Phrenicusparesen [31] sowie spinale und epidurale Fehlpunktionen [32] – sind auch durch den Einsatz der Sonographie nicht sicher zu vermeiden.

### Blockade des Plexus axillaris

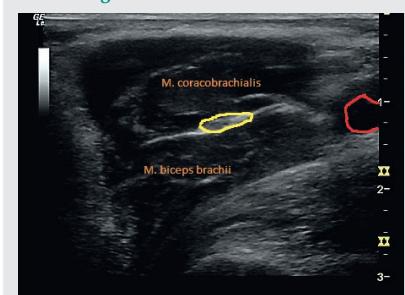
Nach seinem Verlauf unterhalb der Clavicula nach lateral in die Axilla schließt der Plexus brachialis sich der A. subclavia bzw. A. axillaris an. Unmittelbar vor Eintritt in die Axilla spaltet er sich ein weiteres Mal auf und wird ab hier als Plexus axillaris bezeichnet. In diesem Bereich haben sich aus den Trunci drei Faszikel gebildet, aus denen u.a. die peripheren Nn. medianus, radialis, ulnaris und musculocutaneus entspringen. Deren Reizleitung wird im Bereich der A. axillaris mit den üblichen Techniken mit oder ohne Zuhilfe-

nahme der Sonographie blockiert. Als Erfolgsindikatoren dienen Parästhesien und auftretende Paresen in den Versorgungsgebieten der jeweiligen Nerven.

Das sonographisch gestützte Vorgehen ist wie folgt:

- Der Linearschallkopf wird in der Axilla so proximal wie möglich aufgesetzt [33]. Der sonographische Fokus liegt auf der A. axillaris, die von den Nn. medianus, ulnaris und radialis mit meist echoreichem wabenartigem Schallmuster umgeben ist. Der N. musculocutaneus wird beim Eintritt in den M. coracobrachialis aufgesucht, wo er sonographisch die Form einer Kaulquappe zeigt (Abb. 4).
- Nach dem Einstich über der A. axillaris wird idealerweise zuerst der vom Schallkopf entfernte N. radialis (unter der Arterie) blockiert, gefolgt von den meist links und rechts der Arterie gelegenen Nn. medianus und ulnaris. Im Anschluss wird der weit lateral gelegene N. musculocutaneus blockiert; dieser liegt manchmal so weit von der Arterie entfernt, dass eine zweite Punktation notwendig ist.

Eine spezielle Komplikation dieser Blockade ist die Resorption oder akzidentielle Injektion von Lokalanästhetikum in die lokalen Venen (insbesondere die V. axillaris). Zur Vermeidung einer versehentlichen intravasalen Injektion sind mehrfache Aspirationstests unabdingbar – auch wenn dies keinen absoluten Schutz bietet [34].

**Abbildung 4**

Kaulquappenartiges Erscheinungsbild des N. musculocutaneus (gelb umrandet). Rot: A. axillaris.

## Blockade des N. femoralis

Der N. femoralis entspringt aus den Nervenwurzeln L2-L4 des Plexus lumbosacralis. Von Beginn des Austritts aus der Lendenwirbelsäule verläuft er mit dem M. psoas major bzw. später dem M. iliopsoas durch die unter dem Leistenband gelegene Lacuna musculorum in direkter Nachbarschaft zur Lacuna vasorum (mit A. und V. femoralis). Die Lagebeziehung wird durch das bekannte Akronym IVAN – Innen Vene, Arterie, Nerv – beschrieben. Da sich der N. femoralis unmittelbar kaudal des Leistenbandes in verschiedene kleine Äste aufspaltet, wird der N. femoralis bevorzugt im Bereich der Lacuna musculorum blockiert. Der im Bereich des distalen Femurs aus dem N. femoralis entspringende N. saphenus ist nur für die Blockade der kompletten unteren Extremität bedeutsam.

Das sonographisch gestützte Vorgehen ist wie folgt:

- Der Linearschallkopf wird einige Zentimeter unterhalb des Leistenbandes aufgesetzt (Abb. 5), wobei der sonographische Fokus auf der A. femoralis liegt. Nach deren Darstellung wird regelmäßig die klassische anatomische Aufteilung (IVAN) erkennbar – der N. femoralis stellt sich lateral der Arterie als dreieckige wabenförmige echoreiche Struktur dar, die auf dem M. iliopsoas liegt.
- Nach der Blockade des N. femoralis kann beim Zurückziehen der Kanüle noch der N. cutaneus femoris lateralis zwischen dem M. iliopsoas und dessen Faszie blockiert werden. Dies führt zum Fascia-iliaca-Kompartiment-Block mit zusätzlicher Anästhesie des lateralen Oberschenkels.

Indikationen für die alleinige Blockierung des N. femoralis sind u.a. die Kniearthroskopie mit Intervention im Bereich der ventralen Gelenkanteile (vordere Kreuzbandplastik, Biopsie) sowie die Schmerztherapie. Vor allem bei größeren Knieoperationen wird der Femoralis-Block mit dem Ischiadicus-Block kombiniert, um eine möglichst vollständige Anästhesie der unteren Extremität zu gewährleisten.

Abbildung 5



Typische Ultraschallposition bei Punktion des N. femoralis.

## Blockade des N. ischiadicus

### Grundlagen

Der N. ischiadicus formiert sich im Plexus lumbosacralis aus den Nervenwurzeln L4-S3. Im Gegensatz zum N. femoralis verläuft er auf der Dorsalseite der unteren Extremität und damit meist dorsal des Femurs. In der Glutealregion verläuft er mit dem Durchtritt durch das Foramen infrapiriforme nach dorsal und zieht mit der Ischiocruralmuskulatur zur Kniekehle, wo er in direkter Lagebeziehung zur A. poplitea steht. Etwa auf dieser Höhe teilt sich der N. ischiadicus in den N. peroneus und den N. tibialis.

Als dickster und längster Nerv des menschlichen Körpers kann der N. ischiadicus an mehreren Stellen blo-

Tabelle 3

Anwendungsmöglichkeiten der beiden typischen Formen der Ischiadicus-Blockaden.

Proximal Blockade	Distale Blockade
Operationen der unteren Extremität ab ca. distalem Femur (mit Blockade des N. femoralis)	Operationen am Unterschenkel (mit Blockade des N. saphenus)
Kniegelenk-Endoprothetik	Frakturen des Sprunggelenks
Kniegelenk-Arthroskopien am dorsalen Gelenkanteil	Sehnenverletzungen
Schmerztherapie	Sprunggelenk-Arthroskopie
	Komplexe Fußeingriffe

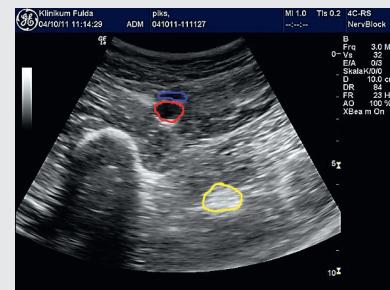
ckiert werden. Klinisch und funktionell werden die **proximale** (mit mehreren Blockadeorten) und die **distale** Blockade unterschieden. Typische klinische Anwendungen sind in Tabelle 3 dargestellt.

### Proximal-anteriore Blockade

Die **proximal-anteriore Blockade** des N. ischiadicus in Höhe des oberen Femurdrittels hat den Vorteil, dass der Patient in Rückenlage bleiben kann. Wegen der großen Dicke des Nerven kann auch ein Sektorscanner bzw. Konvexschallkopf eingesetzt werden, in dessen zentralem Schallfeld der Nerv gut sichtbar wird, wenn die Schallebene im rechten Winkel zur Nervenachse steht.

- Der Schallkopf wird 10-15 cm distal des Leistenbandes aufgesetzt und der N. ischiadicus in einer Tiefe von 5-15 cm medial des Femurs als echoreiche Struktur aufgesucht (Abb. 6). Wegen der tiefen Lage des proximalen N. ischiadicus ist die Blockade der Kategorie „schwer“ zuzuordnen (Tab. 1), weil die Kanüleinführung über eine verhältnismäßig weite Wegstrecke erfolgt und in der Tiefe schwer zu korrigieren ist.
- Das Os femorale dient als sonographische Fokusstruktur. Bei der Identifizierung des Nerven besteht die Gefahr der Verwechslung mit Muskelsehnen, die den N. ischiadicus im Verlauf halbmondförmig begleiten. Als Differenzierungshilfe empfehlen sich Lagerungsmanöver oder das Verfolgen der Strukturen nach kaudal und kranial (Abb. 7).

Abbildung 6



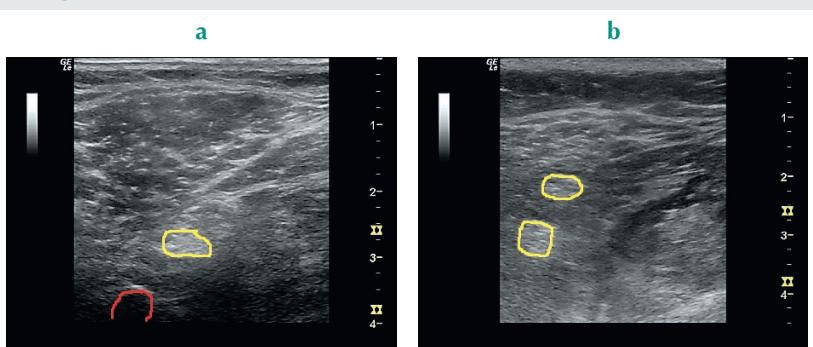
B-Bild des proximalen-anterioren N. ischiadicus (gelb umrandet), erstellt mit einer 3,0-MHz-Konvexschallsonde. **Rot:** A. femoralis; **blau:** V. femoralis.

## Distale Blockade

Zur **distalen Blockade** des N. ischiadicus 5-10 cm oberhalb der Kniekehle muss der Patient – um den Punktionsort zugänglich zu machen und den optimalen Schallwinkel zur Reduktion der Anisotropie zu haben – entsprechend gelagert werden, weshalb die Blockade der Schweregradkategorie „mittel“ zugeordnet wird (Tab. 1).

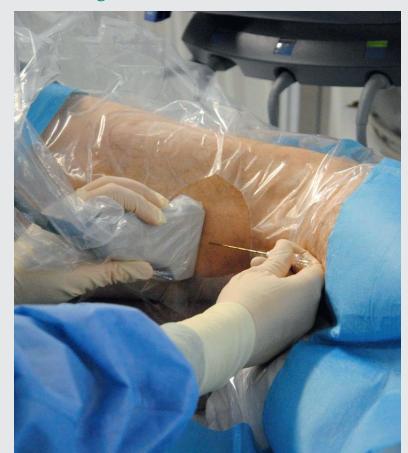
- Bei Punktions in Seitenlage liegt die zu blockierende Extremität oben, und das Bein wird leicht gebeugt (Abb. 8).
- Bei Punktions in Bauchlage wird das Bein ebenfalls gebeugt gelagert.
- Bei Punktions in Rückenlage wird das Bein in Hüfte und Knie um jeweils ca. 90° gebeugt und ggf. mit Hilfe von Anbauarmaturen am OP-Tisch

Abbildung 7



Distaler N. ischiadicus kranial der Bifurkation (a) und kaudal der Bifurkation (b). **Rot:** A. poplitea.

Abbildung 8



Typische Ultraschallposition zur distalen Blockade des N. ischiadicus in Seitenlage.

oder Schaumstoffschienen in dieser Lage gesichert.

Das weitere Vorgehen ist wie folgt:

- Beim Anloten mit dem Linearschallkopf liegt der Fokus auf der A. poplitea. Der distale N. ischiadicus

erscheint schallkopfnah als echoreiche wabenförmige Struktur über der Arterie.

- Die Blockade des N. ischiadicus muss vor der Aufteilung in den N. peroneus und N. tibialis erfolgen; daher wird der Nervenverlauf zuvor nach proximal und distal dargestellt.

### Transversus-abdominis-plane-Block und Fascia-iliaca-Block

Abdallah et al. [35] haben gezeigt, dass die Schmerzintensität und der Opioidebedarf von Müttern in den ersten 24 Stunden nach einer Sectio caesarea in Spinalanästhesie (ohne intrathekale Opioidegabe) durch einen **Transversus-abdominis-plane (TAP)-Block** signifikant reduziert werden kann. Seither erfreut sich die schnell durchführbare und technisch einfache TAP-Blockade bei Bauchwandeingriffen zunehmender Beliebtheit. Der Anatomie der Spinalnerven folgend, ziehen die zu blockierenden Äste nach ihrem Austritt im Bereich von Th6-L1 durch die Bauchwand und werden zwischen den Mm. obliquus internus und transversus abdominis blockiert. Zur sonographisch gestützten Blockadetechnik usw. sei auf den Beitrag von Hebbard et al. [36] verwiesen.

Ein ebenso einfaches und schnell erlernbares Verfahren zur Schmerztherapie bei Frakturen und Operationen von Hüfte, Knie und Femur ist der **Fascia-iliaca-Block** im entsprechenden Kompartiment. Der N. cutaneus femoris lateralis verläuft nahe der Spina iliaca anterior superior und des N. femoralis sowie nahe der A. femoralis unterhalb der Fascia iliaca auf dem M. iliopsoas, also in der Lacuna musculorum. Durch Injektion von Lokalanästhetikum zwischen Faszie und Muskel werden die beiden Nerven (N. cutaneus femoris lateralis und N. femoralis) nach entsprechender Ausbreitung des Lokalanästhetikums indirekt blockiert. Die sonographisch gestützte Blockadetechnik wird in einem Beitrag von Hebbard et al. [37] detailliert beschrieben.

### Sonographie als Entscheidungshilfe in der Intensiv- und Notfallmedizin

#### Allgemeine Aspekte

**Im Bereich der Intensiv- und Notfallmedizin etabliert sich in der Zusammenarbeit von Anästhesisten, Chirurgen und Internisten derzeit ein interdisziplinäres Ultraschallkonzept, das als akutmedizinische POC-Diagnostik z.B. in der Zentralen Notfallaufnahme zum Tragen kommt [38]. Dabei dient der fokussierte Einsatz der Sonographie der schnellen Diagnostik und raschen Entscheidungsfindung in kritischen Situationen.**

Die im Folgenden beschriebenen Ultraschalltechniken sollen daher zum Repertoire des intensiv- und notfallmedizinisch tätigen Anästhesisten gehören. Als Ausbildungsgrundlage dienen (neben dem Training am Arbeitsplatz) die von der DGAI entwickelten AFS-Kursmodule, darüber hinaus auch die von der DEGUM (Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin) angebotenen Kurse der Sektion Anästhesiologie und des Arbeitskreises Notfallsonographie [39].

#### Sonographie zur Diagnostik eines Pneumothorax

Die Nativ-Röntgenaufnahme der Thoraxorgane gilt unverändert als Goldstandard zur Detektion eines Pneumothorax; sie ist aber mit einem gewissen Personal- und Zeitaufwand verbunden. Mit der Thoraxsonographie hat sich hier eine interessante Alternative im Sinne einer POC-Diagnostik ergeben, obwohl die Lunge wegen ihres Gasgehalts grundsätzlich ein sonographisch schlecht darstellbares Organ ist.

**In der Detektion eines ventralen Pneumothorax ist die Sonographie der Nativ-Röntgenaufnahme in Sensitivität und Spezifität überlegen [40].**

Die Thoraxsonographie ist daher in vielen Notfallaufnahmen zum festen Bestandteil der SOP (Standard Operating Procedure; Standardvorgehensweise) zur Behandlung von Traumapatienten geworden. Auch in der Intensivmedizin kann die Zahl von Röntgenuntersuchungen (einschließlich Computertomographie; CT) durch den Einsatz der Sonographie - ohne Rückgang korrekt gestellter Pneumothorax-Diagnosen - reduziert werden [41].

Das praktische Vorgehen ist wie folgt:

- Jede Thoraxhälfte des in Rückenlage befindlichen Patienten wird gedanklich in vier Quadranten eingeteilt (Abb. 9).
- Bevorzugt mit einem 10-MHz-Linenschallkopf (Eindringtiefe 5 cm) werden zuerst die kranialen Anteile gesucht, in denen sich die Luft vornehmlich sammeln würde. Dazu wird im B-Mode nach „Bat-Signs“ gesucht, die dem Schallschatten zweier benachbarter Rippen und einem medial gelegenen Lungenareal mit schallkopfnah gelegener echogener Pleura entsprechen (Abb. 10 und Abb. 11 – das Bild erinnert an eine Fledermaus, daher Bat-Sign). Ist ein Lungengleiten (früher Pleuragleiten) zu erkennen, schließt dies einen Pneumothorax mit hoher Wahrscheinlichkeit aus. Ergänzend wird im M-Mode nach dem „Seashore-Sign“ (Abb. 10) gesucht, das an einen Sandstrand mit Horizont erinnert. Das Seashore-Sign ist das M-Mode-Äquivalent zum Lungengleiten im

Abbildung 9

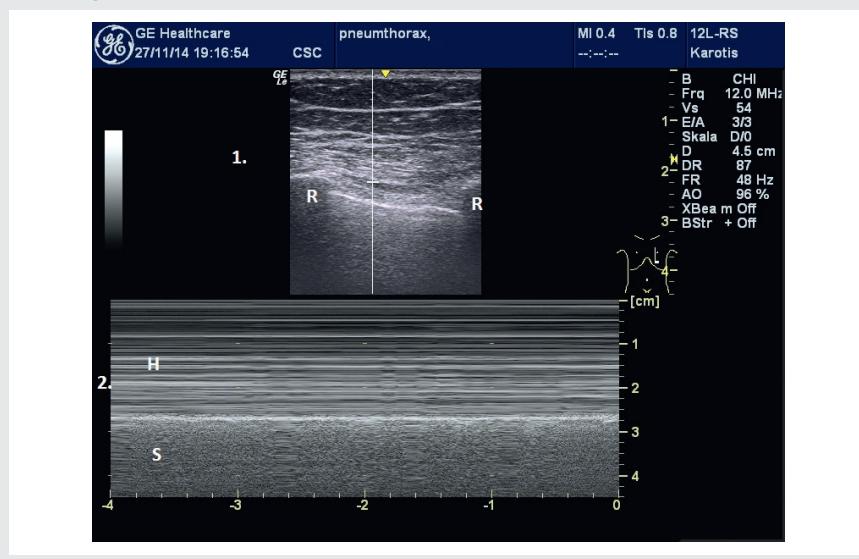


Unterteilung des Hemithorax in vier Quadranten. **PSL** = Parasternallinie, **AAL** = anteriore Axillarlinie, **PAL** = posteriore Axillarlinie. Aus Röhrig et al. [42].

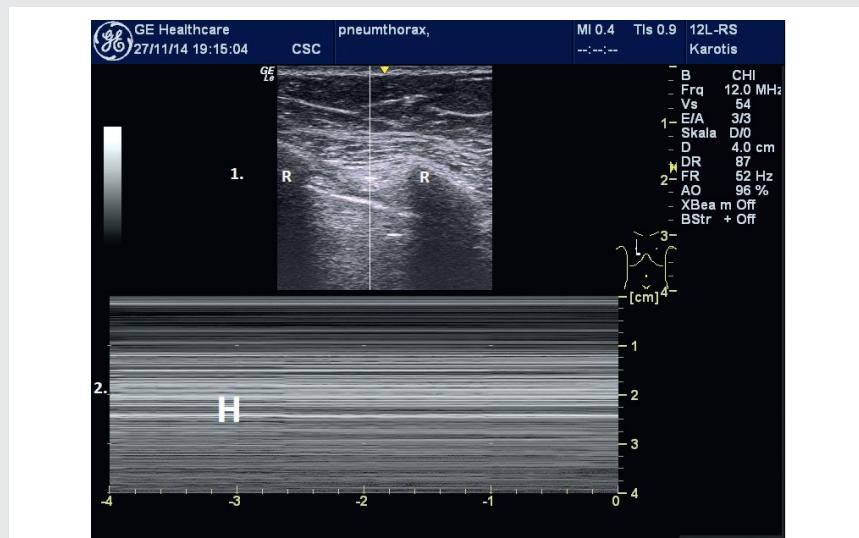
**Tabelle 4**

Sonographische Kriterien eines Pneumothorax.

Diagnosekriterien	Ausschlusskriterien	Indizien
Vorhandensein eines Lungenpunkts	Vorhandensein von Lungengleiten	Stratosphere-Sign
Fehlendes Lungengleiten	Vorhandensein von Lungengleiten	
Fehlen von B-Linien	Vorhandensein von B-Linien	
Fehlender Lungenpuls		

**Abbildung 10**

**1. Bat-Sign:** Pleura mit jeweils benachbarten Rippen (R). **2. Seashore-Sign:** Sandstrand (S) und Horizont (H).

**Abbildung 11**

**1. Bat-Sign:** Pleura mit jeweils benachbarten Rippen (R). **2. Stratosphere-Sign:** Im M-Mode sind über die komplette Eindringtiefe nur horizontale Linien zu sehen (H).

B-Mode und schließt einen Pneumothorax im untersuchten Areal aus.

- Das „Stratosphere-Sign“ (Abb. 11 – das Bild erinnert an Kondensstreifen von Flugzeugen) gilt als hochgradiger Hinweis auf einen Pneumothorax. Ebenso gilt ein im M-Mode dargestelltes Areal, das gleichzeitig und nebeneinander beide Zeichen (Seashore und Stratosphere) enthält und Lungenpunkt genannt wird, als beweisend für einen Pneumothorax.

Insgesamt beruht die sonographische Diagnostik des Pneumothorax auf der Interpretation von charakteristischen sonographischen Artefakten im B-Mode bzw. M-Mode (Tab. 4). Das Verfahren ist leicht zu erlernen und effektiv; darüber hinaus kann es durch die fokussierte Diagnostik eines Pleuraergusses, der Pneumonie, des Lungenödems oder eines interstitiellen Syndroms ergänzt werden (siehe auch [43]). Gerade für die letztgenannten Krankheitsbilder, die mit großer interstitieller Flüssigkeitsansammlung einhergehen, ist die Interpretation der B-Linien essenziell. Sie treten senkrecht zur Pleura visceralis auf, verlaufen über die komplette Eindringtiefe und erinnern in ihrer echoreichen Erscheinung an einen Kometenschweif. Die Häufigkeit ihres Auftretens korreliert mit dem Flüssigkeitsgehalt des Lungengewebes. Da die B-Linien von der Pleura visceralis ausgehen, ist ihr Fehlen eines der Kriterien für einen Pneumothorax.

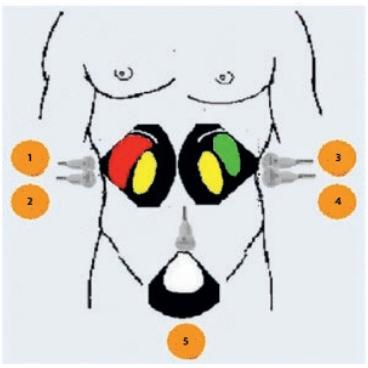
### FAST – das Sonographiekonzept für die Akutdiagnostik

Die FAST-Untersuchung [44] – Focused Assessment with Sonography for Trauma – ist, wie die ultraschallgestützte Pneumothorax-Diagnostik, im AFS-Modul „Thorakoabdominelle Sonographie“ verankert. Sie dient der Detektion freier Flüssigkeit im Abdomen und ist fester Bestandteil des „Primary Survey“ im Schockraummanagement von ATLS (Advanced Trauma Life Support [45]) und ETC (European Trauma Course [46]). Hier geht es vor allem um den Zeitgewinn: Bei einem isolierten Abdominaltrauma sinkt die Überlebenswahrscheinlichkeit des Patienten ohne effektive Therapie alle 3 Minuten um 1% [47].

**Mittels FAST-Diagnostik kann bei hämodynamisch instabilen Patienten ein zeitaufwändiges Abdomen-CT ersetzt und die Notfallindikation zur Laparotomie gestellt werden.**

Die Sensitivität und Spezifität der FAST-Sonographie liegt bei 63-89% [48]. Während bei einem positiven FAST-Befund mit hoher Sicherheit von einer intraabdominellen Blutung ausgegangen werden kann, schließt ein negativer Befund eine Blutung nicht sicher aus, so dass bei entsprechender Klinik eine CT-Untersuchung erfolgen muss. Die FAST-Untersuchung kann aber auch bei anderen kritisch kranken Patienten hilfreich sein, um einen Aszites, eine intraperitoneale Blutung sowie einen Pleura- oder Perikarderguss auszuschließen [49].

**Abbildung 12**



Typische Anlotungspunkte der FAST-Untersuchung (aus [50]).

Die Untersuchung erfolgt standardisiert mittels sequentieller Befundung von fünf Schallfenstern bzw. Anlotungspunkten (Abb. 12 und Tab. 5).

### FATE – die problemfokussierte transthorakale Echokardiographie

Die transösophageale Echokardiographie (TEE) wird im anästhesiologischen Umfeld vor allem im Rahmen kardiochirurgischer Eingriffe eingesetzt; der sonstige Einsatz ist wegen der zwar geringen, aber doch vorhandenen Invasivität, des Begleitaufwandes, der Kosten und der hohen Anforderungen an den Untersucher begrenzt geblieben. Das Interesse von Anästhesisten und Intensivmedizinern richtet sich damit zunehmend auf die **transthorakale Echokardiographie (TTE)**, die mit qualitativ hochwertigen und relativ preiswerten portablen Geräten als POC-Diagnostik durchgeführt werden kann. Das entsprechende FATE-Konzept (Focus Assessed Transthoracic Echocardiography; problemfokussierte transthorakale Echokardiographie) konzentriert sich auf umschriebene Fragestellungen [51, 52] und kann diese regelmäßig in weniger als 5 Minuten klären, das auch verwendete Kürzel FEEL (Focused Echocardiographic Evaluation in Life Support) bezieht sich auf die Anwendung von FATE während der kardiopulmonalen Reanimation (CPR). Beide Konzepte können die umfassende kardiologische TTE nicht ersetzen, die ggf. unter elektiven Bedingungen von Experten nachgeholt werden muss und nicht selten 30 Minuten in Anspruch nimmt.

Mit dem FATE-Konzept können vor allem folgende Fragestellungen geklärt werden:

- Ursache einer unerklärten hämodynamischen Instabilität

Mit der „Eye-ball“-Technik wird die Pumpfunktion des linken Ventrikels mit dem bloßen Auge bewertet und mit Erfahrungswerten verglichen [53]. Dabei können auch ausgeprägte regionale Wandbewegungsstörungen erkannt werden.

- Einschätzung des Volumenstatus

Für die Einschätzung des Volumenstatus ist in erster Linie die Anlotung des linken Ventrikels im Querschnitt auf Höhe der Papillarmuskel von Bedeutung. Berühren sich diese („kissing papillary muscles“), spricht dies für eine schlechte Ventrikelfüllung und bei intakter Pumpfunktion bei der Ventrikelfüllung für eine Hypovolämie.

- Akute Lungenarterienembolie

Bei klinischem Verdacht auf akute Lungenarterienembolie werden der rechte und linke Ventrikel zunächst im apikalen Vier-Kammer-Blick miteinander verglichen. Eine Obstruktion der rechtsventrikulären Ausflussbahn ist hoch wahrscheinlich, wenn der rechte Ventrikel größer als der linke erscheint und zudem eine (neu aufgetretene) Trikuspidalklappen-Insuffizienz und eine Vorwölbung des Ventrikelseptums nach linksventrikulär vorliegen. Auch der Querschnitt der V. cava inferior kann vergrößert sein.

- Diagnostik eines Perikardergusses

Eine schwarze bzw. echofreie epikardiale Randzone weist auf einen Perikarderguss hin. Klinisch relevant ist weniger die genaue Abschätzung des Ergussvolumens als vielmehr der verdrängende Effekt des Ergusses auf die Herzkammern. Als Ursache der hämodynamischen Instabilität können ggf. ein Kollaps des rechten Vorhofs und – bei zunehmendem Erguss – ein Kollaps des rechten Ventrikels gefunden werden. Der durch hohen intraatrialen Druck entstehende Rückstau zeigt sich sonographisch in einer Kaliberzunahme der V. cava inferior.

**Tabelle 5**

Fragestellungen und angelotete Organe bei den typischen FAST-Schallkopfpositionen.

Nr.	Fragestellung	Strukturen	Anlotungspunkt
1	Pleuraerguss?	Leber und Lungenartefakt	Rechter Pleurawinkel
2	Flüssigkeitssaum zwischen Leber und Niere?	Leber und rechte Niere	Morrison-Pouch
3	Pleuraerguss?	Milz und Lungenartefakt	Linker Pleurawinkel
4	Flüssigkeitssaum zwischen Milz und Niere?	Milz und linke Niere	Koller-Pouch
5	Blasenstatus, Flüssigkeit in Blasenumgebung?	Harnblase, ggf. Uterus	Douglas-Raum

**Die genannten Verdachtsdiagnosen können regelmäßig im subkostalen Vier-Kammer-Blick und in Rückenlage (Abb. 13) abgeklärt werden [54].**

Die weiterführenden Standardschnitte der TTE erfordern ein Verbringen des Patienten in Linksseitenlage und eine Elevation des linken Armes, wonach die Untersuchung mit den apikalen und parasternalen Einstellungen der

**Abbildung 13**



Subkostale Schallkopfposition im epigastralen Winkel.

Kammern in der Längs- und Kurzachse komplettiert wird.

Die fokussierte TTE kann als sog. FEEL-Technik auch im Rahmen der CPR ohne großen Aufwand oder größere Verlängerung der „Hands-off“-Zeit genutzt werden. Während die CPR-Maßnahmen bei defibrillierbaren Rhythmusstörungen EKG-gesteuert erfolgen, trifft dies bei den nicht-defibrillierbaren Formen in diesem Maß nicht zu. Bei den differenzialdiagnostischen Überlegungen im Sinne der bekannten 4 H's und HITS kann die Sonographie beispielsweise für die Aspekte Hypovolämie, Lungenembolie und Herzbeuteltamponade die diagnostische Lücke schließen. Auch die prognostisch relevante Differenzierung zwischen pulsloser elektrischer Aktivität (PEA) und sog. Pseudo-PEA, bei der noch Restkontraktionen vorhanden sind, kann getroffen werden. Im Jahr 2008 wurde bereits von Breitkreutz et al. ein konzeptioneller Vorschlag zur Integration von FEEL in den Ablauf einer Reanimation erarbeitet [55]. Die ERC-Leitlinien 2010 empfehlen den Einsatz von FEEL, wenn

der Untersucher gut geschult und die Untersuchungszeit <10 Sekunden ist.

**Zusammenfassend ist die problemfokussierte TTE ein einfaches, schnell und nicht-invasiv einsetzbares Hilfsmittel zur Abklärung von Akutsituationen und vital-bedrohlichen Notfällen [56], das zunehmend an Bedeutung gewinnt.**

## Literatur

1. National Institute for Clinical Excellence (NICE): Guidance on the use of ultrasound locating devices for placing central venous catheters. London: NICE. [www.nice.org.uk](http://www.nice.org.uk) (Stand 26.11.2012)
2. Abrahams MS, Horn LJ, Noles LM, Aziz MF: Evidence based medicine: Ultrasound guidance for truncal blocks. Reg Anesth Pain Med 2010;35 (Suppl): S36-S42
3. Scalea TM, Rodriguez A, Chiu WC, Brenneman FD, Fallon WF, Kato K, et al: Focused assessment with sonography for trauma (FAST): Results from an

- international consensus conference. *J Trauma* 1999;46:466-472
- Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein D, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al: International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38:577-591
  - Labovitz AJ, Noble VE, Blerig M, Goldstein SA, Jones R, Kort S, et al: Focused cardiac ultrasound in the emergent setting: A consensus statement of the American Society of Echocardiography and American College of Emergency Physicians. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:1225-1230
  - Calvert N, Hind D, McWilliams R, Davidson A, Beverly CA, Thomas SM: Ultrasound for central venous cannulation: Economic evaluation of cost-effectiveness. *Anaesthesia* 2004;59: 1116-1120
  - Roewer N, Kranke P: DGAI-zertifizierte Seminarreihe Anästhesie Fokussierte Sonografie - Ultraschalleinsatz in der AINS und Curriculum „Anästhesie Fokussierte Sonografie“ der DGAI. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2011;46:746-749
  - Hind D, Calvert N, McWilliams R, Davidson A, Paisley S, Beverley C, et al: Ultrasonic locating devices for central venous cannulation: Meta-analysis. *BMJ* 2003;327:361
  - Troianos CA, Hartman GS, Glas KE, Skubas NJ, Eberhardt RT, Walker JD, et al: Guidelines for performing ultrasound guided vascular cannulation: Recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Amer Soc Echocard* 2011; 24:1291-1318
  - Wigmore TJ, Smythe JF, Hacking MB, Raobaikady, R, MacCallum NS: Effect of the implementation of NICE guidelines for ultrasound guidance on the complication rates associated with central venous catheter placement in patients presenting for routine surgery in a tertiary referral centre. *Br J Anaesth* 2007;99:662-665
  - Trautner H, Markus C, Steinhübel B, Schwemmer U, Greim CA, Brederlau J: DGAI-zertifizierte Seminarreihe Anästhesie Fokussierte Sonografie - Modul 2: Gefäßsonografie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2011;46:756-759
  - Maecken T, Grau T: Ultrasound imaging in vascular access. *Crit Care Med* 2007; 35 (Suppl 5):178-185
  - Lamperti M, Bodenham AR, Pittiruti M, Blaivas M, Augoustides JG, Elbarbary M, et al: International evidence-based recommendations on ultrasound-guided access. *Intensive Care Med* 2012;38: 1105-1117
  - Gray AT: Ultrasound-guided Regional Anesthesia. *Anesthesiology* 2006;104: 368-373
  - Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention beim Robert Koch-Institut (RKI): Anforderungen an die Hygiene bei Punktions- und Injektionen. *Bundesgesundheitsblatt* 2011;54: 1135-1144
  - Marhofer P, Harrop-Griffiths W, Willschke H, Kirchmair L: Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 2 - recent developments in block techniques. *Br J Anaesth* 2010; 104:673-683
  - Neal JM, Brull R, Chan VWS, Grant SA, Horn JL, Lui SS et al: The ASRA evidence-based medicine assessment of ultrasound-guided regional anesthesia and pain medicine: Executive summary. *Reg Anesth Pain Med* 2010;35(Suppl 2):1-9
  - Barrington MJ, Watts SA, Gledhill SR, Thomas RD, Said SA, Snyder GL, et al: Preliminary results of the Australasian Regional Anaesthesia Collaboration: A prospective audit of more than 7000 peripheral nerve and plexus blocks for neurologic and other complications. *Reg Anesth Pain Med* 2009;34:534-541
  - Hatzenbühler M: Ultraschall und Ausbildung in der Anästhesie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2006;41:266-267
  - Erment T, Schnabel A: Ultraschall in der Anästhesie und Intensivmedizin – Ultraschall in der Regionalanästhesie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther* 2011;46:182-188
  - Gray AT: Ultrasound-guided regional anesthesia: Current state of the art. *Anesthesiology* 2006;104:368-373
  - Neuburger M, Breitbarth, J, Reisig F, Lang D, Büttner J: Komplikationen bei peripherer Katheterregionalanästhesie. *Anaesthesist* 2006;55:33-40
  - Bigeleisen PE: Nerve puncture and apparent intraneuronal injection during ultrasound-guided axillary block does not invariably result in neurologic injury. *Anesthesiology* 2006;105:779-783
  - McNaught A, Shastri U, Carmichael N, Awad IT, Columb M, Cheung J, et al: Ultrasound reduces the minimum effective local anaesthetic volume compared with peripheral nerve stimulation for interscalene block. *Br J Anaesth* 2011; 106:124-130
  - Eichenberger U, Stöckli S, Marhofer P, Huber G, Willmann P, Kettner SC, et al: Minimal local anaesthetic volume for peripheral nerve block: A new ultrasound-guided, nerve dimension-based method. *Reg Anesth Pain Med* 2009;34:242-246
  - Latzke D, Marhofer P, Zeitlinger M, Machata A, Neumann F, Lackner E, et al: Minimal local anaesthetic volumes for sciatic nerve block: Evaluation of ED 99 in volunteers. *Br J Anaesth* 2010;104: 239-244
  - Lippert H: Lehrbuch Anatomie. 5. Aufl. München: Urban & Fischer 2000
  - Schwemmer U, Papenfuss T, Greim C, Brederlau J, Roewer N: Ultrasound-guided interscalene brachial plexus anaesthesia: Differences in success between patients of normal and excessive weight. *Ultraschall Med* 2006;27: 245-250
  - Mandim BL, Alves RR, Almeida R, Pontes JP, Arantes LJ, Morais FP: Pneumothorax post brachial plexus block guided by ultrasound: A case report. *Rev Bras Anestesiol* 2012;62:741-747
  - Yuan JM, Yang XH, Fu SK, Yuan CQ, Chen K, Li JY et al: Ultrasound guidance for brachial plexus block decreases the incidence of complete hemi-diaphragmatic paresis or vascular punctures and improves success rate of brachial plexus nerve block compared with peripheral nerve stimulator in adults. *Chin Med J (Engl)* 2012;125:1811-1816
  - Guirguis M, Karroum R, Abd-Elsayed AA, Mounir-Soliman L: Acute respiratory distress following ultrasound-guided supraclavicular block. *Ochsner J* 2012; 12:159-162
  - Gaus P, Heß B, Tanyay Z, Müller-Breitenlohner H: Epidurale Fehllage eines interskalären Plexuskatheters. *Anaesthesist* 2011;60:850-853
  - Retzl G, Kapral S, Greher M, Mauritz W: Ultrasonographic findings of the axillary part of the brachial plexus. *Anesth Analg* 2001;92:1271-1275
  - Zhurda T, Muzha D, Caushi GJ, Bajaktari M, Kerci M: Efficacité de l'administration précoce d'une solution lipidique pour traiter la toxicité systémique induite par la bupivacaine après un bloc plexique sous-coracoïdien. *Ann Fr Anesth Reanim* 2010;29:592-593
  - Abdallah FW, Halpern SH, Margarido CB: Transversus abdominis plane block for postoperative analgesia after Caesarean delivery performed under spinal anaesthesia? A systematic review and meta-analysis. *Br J Anaesth* 2012;109: 679-687

36. Hebbard P, Fujiwara Y, Shibata Y, Royse C: Ultrasound-guided transversus abdominis plane (TAP) block. *Anaesth Intensive Care* 2007;35:616-617
37. Hebbard P, Ivanusic J, Sha S: Ultrasound-guided supra-inguinal fascia iliaca block: A cadaveric evaluation of a novel approach. *Anesthesia* 2011;66:300-305
38. Royse CF, Carty DJ, Faris J, Hajji DL, Veltman M, Royse A: Core review: Physician-performed ultrasound: The time has come for routine use in acute care medicine. *Anesth Analg* 2012;115: 1007-1028
39. 3-Länderübergreifende Basisausbildung und Curriculum Notfallsonografie. *Ultraschall in Med* 2011;32:218-220
40. Blaivas M, Lyon M, Duggal S: A prospective comparison of supine chest radiography and bedside ultrasound for the diagnosis of traumatic pneumothorax. *Acad Emerg Med* 2005;12:844-849
41. Peris A, Tutino L, Zagli G, Batacchi S, Cianchi G, Spina R, et al: The use of point-of-care bedside lung ultrasound significantly reduces the number of radiographs and computed tomography scans in critically ill patients. *Anesth Analg* 2010;111:687-692
42. Röhrig S, Seibel A, Zechner PM, Steigerwald M, Kummer T, Groesdonk HV et al: DGAI-zertifizierte Seminarreihe Anästhesie Fokussierte Sonografie - Modul 5: Thorakoabdominelle Sonografie. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2011;46:772-780
43. Volpicelli G, Elbarbary M, Blaivas M, Lichtenstein DA, Mathis G, Kirkpatrick AW, et al: International evidence-based recommendations for point-of-care lung ultrasound. *Intensive Care Med* 2012; 38:577-591
44. McGahan JP, Richards J, Gillen M: The focused abdominal sonography for trauma scan: Pearls and pitfalls. *J Ultrasound Med* 2002;21:789-800
45. ATLS Subcommittee, American College of Surgeons' Committee on Trauma, International ATLS working group: Advanced trauma life support (ATLS®). 9th ed. *J Trauma Acute Care Surg* 2012; 74:1363-1366
46. Thies K, Gwinnutt C, Driscoll P, Carneiro A, Gomes E, Araújo R, et al: The European Trauma Course – From concept to course. *Resuscitation* 2007; 74:135-141
47. Clarke JR, Trooskin SZ, Doshi PJ, Greenwald L, Mode CJ: Time to laparotomy for intra-abdominal bleeding from trauma does affect survival for delays up to 90 minutes. *J Trauma* 2002;52: 420-425
48. Maecken, T, Zinke H, Zenz M, Grau T: In welcher Weise sollte ein Anästhesist sonographieren können? *Anaesthesist* 2011;60: 203-213
49. Moore CL, Copel JA: Point-of-care ultrasonography. *N Engl J Med* 2011; 364:749-757
50. Kirschning T, Brenner F, Stier M, Weber CF, Walcher F: Praktische Notfallsonographie bei traumatologischen Patienten. *Anaesthesist* 2009; 58:51-60
51. Tonner P, Bein B, Breitkreutz R, Broscheit J, Erb J, Düttschke P et al: DGAI-zertifizierte Seminarreihe Anästhesie Fokussierte Sonografie - Modul 4: Kardiosonografie. Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther 2011;46:766-770
52. Holm JH, Frederiksen CA, Juhl-Olsen P, Sloth E: Perioperative use of focus assessed transthoracic echocardiography (FATE). *Anesth Analg* 2012;115:1029-1032
53. Gudmundsson P, Rydberg E, Winter R, Willenheimer R: Visually estimated left ventricular ejection fraction by echocardiography is closely correlated with formal quantitative methods. *Int J Cardiol* 2005;101:209-212
54. Moses S: Transthoracic Echocardiogram <http://www.fpnotebook.com/mobile/CV/Rad/TrnsthrcEchcrdgrm.htm> (am 29.01.2015)
55. Breitkreutz R, Ilper H, Seeger F, Walcher F: Ultraschall für Notfälle: Anwendungen im Rettungsdienst. *Notfallmedizin up2date* 2008;3:273-296
56. Joseph MX, Disney PJ, Da Costa R, Hutchison SJ: Transthoracic echocardiography to identify or exclude cardiac cause of shock. *Chest* 2004;126: 1592-1597.

### Korrespondenz- adresse

**Dr. med.  
Michael Schreiber  
MHBA**



Klinik für Anästhesiologie, Intensiv- und Notfallmedizin, Klinikum Fulda  
Pacelliallee 4  
36043 Fulda, Deutschland  
Tel.: 0661 84-6041  
E-Mail:  
michael.schreiber@klinikum-fulda.de