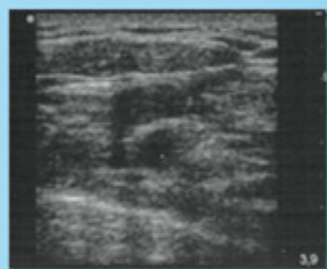


Leitfaden Sonografie für Anästhesisten

Fotios Kefalianakis



Leitfaden Sonografie für Anästhesisten

Fotios Kefalianakis

335 Abbildungen

Georg Thieme Verlag
Stuttgart · New York

Dr. med. Fotios Kefalianakis
Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin
und Schmerztherapie
Klinikum Ludwigsburg
Posilipostraße 4
71640 Ludwigsburg

*Bibliographische Information –
Der Deutschen Bibliothek*

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese
Publikation in der Deutschen National-
bibliographie; detaillierte bibliographische
Daten sind im Internet über
<http://dnb.ddb.de> abrufbar

© 2006 Georg Thieme Verlag KG
Rüdigerstraße 14
D- 70469 Stuttgart
Telefon: + 49/ 0711/ 8931-0
Unsere Homepage: <http://www.thieme.de>

Printed in Germany

Zeichnungen: Helmut Holtermann,
Dannenberg
Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe
Satz: OADF, Holzgerlingen
Druck: Offsetdruckerei Gramlich GmbH,
Pliezhausen

ISBN 3-13-142161-4 1 2 3 4 5 6
ISBN 978-3-13-142161-6

Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden **nicht** besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handele.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vorwort

Der Ultraschall beginnt immer mehr Anästhesisten und Intensivmediziner zu begeistern und zu fesseln. Die erstmalige Möglichkeit der visuellen Darstellung vieler anästhesiologisch-spezifischer Prozesse und Vorgehensweisen haben in vielen Kliniken und Zentren zu einem Umdenken in der Durchführung vieler Prozesse geführt. Im Gegensatz jedoch zu vielen anderen Disziplinen in der Medizin, in denen der Ultraschall schon seit Jahrzehnten angewandt wird und fest etabliert ist, kann vergleichsweise dazu in der Anästhesiologie und in der operativen Intensivmedizin noch auf keinen all zu großen Erfahrungsschatz zurückgegriffen werden. Viele ultraschallgestützte Vorgänge in der Anästhesiologie sind erst vor wenigen Jahren beschrieben worden, sodass dem zu Folge oftmals nur wenige Kliniken einen sicheren Umgang mit dem Ultraschall in der Anästhesiologie und Intensivmedizin vorweisen können. Deshalb wird ein Großteil der Anästhesisinnen und Anästhesisten – mangels Erfahrung – bei dem Thema „Ultraschall in der Anästhesiologie“ zunächst einmal sich mit den Grundlagen des Ultraschalls auseinander setzen müssen.

Betrachtet man die Anzahl der in der internationalen anästhesiologischen Fachliteratur publizierten Arbeiten, die sich mit dem Thema des Ultraschalls befassen, so fällt in den letzten Jahren ein deutlicher Zuwachs an Veröffentlichungen auf. Dies allein schon vermag einen Hinweis geben, wie groß das Interesse ist, aber auch wie viele neue Fragen im Laufe der zunehmenden Anwendung des Ultraschalls in der Anästhesiologie sich manifestiert haben. So wird zunehmend der Ruf laut hinsichtlich standardisierter Vorgaben bzw. Empfehlungen für die Anwendung des Ultraschalls in der Anästhesiologie und Intensivmedizin. Ebenso werden immer mehr Ausbildungsprogramme benötigt, die theoretische Kenntnisse und eine gewisse Grundfertigkeit in der Anwendung des Ultraschalls zur Diagnostik und zu den verschiedenen invasiven Techniken im Rahmen von Workshops vermitteln sollen. Gerade in anästhesiologischen Abteilungen, in denen der Ultraschall fest etabliert werden soll für vorab definierte Einsatzgebiete und Abläufe, sind solche „Primärinvestitionen“ zunächst einmal wichtig, um die Effektivität so hoch wie möglich zu halten, aber auch um methodenspezifische Fehler so weit wie möglich zu unterbinden.

Die nun vorliegende Zusammenstellung kann als ein Baustein von vielen betrachtet werden, mit dem eine definierte Etablierung des Ultraschalls in eine anästhesiologische Abteilung bzw. Klinik vollführt werden kann. Weitere integrale Bestandteile einer erfolgreichen und sinnvollen Ausbildung sind jedoch auch Workshops und Hospitationen, in denen die verschiedenen Vorgehensweisen demonstriert, erörtert und auch eintrainiert werden können. Darüber hinaus ist es auch das Bestreben des Autors, für den Fortgeschrittenen eine Hilfestellung bei immer wieder auftretenden Problemen

und Fragestellungen zu geben. Es ist der Wunsch und die Hoffnung des Autors, sowohl dem Anfänger, als auch dem Erfahrenen auf dem Sektor „Ultraschall in der Anästhesiologie“ hilfreiche und unterstützende Impulse zu vermitteln. Der Grundgedanke beim Aufbau des vorliegenden Buches war es, einen kommentierten Taschenatlas zu entwickeln, welcher sowohl begleitend zur klinischen Tätigkeit genutzt werden kann, als auch zum Nachschlagen und zum Rekapitulieren. Aufgrund der mittlerweile kaum überschaubaren Vielfalt an Literatur, wurden die jeweiligen Literaturhinweise lediglich auf eine bestimmte Auswahl beschränkt, welche für den weiter interessierten Leser sicherlich dienlich sein könnten.

Das Zustandekommen eines solchen Werkes wäre ohne das kontinuierlich hohe Engagement und das Interesse der gesamten Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Klinikums Ludwigsburg nicht möglich gewesen. Mein Dank gilt daher Herrn Prof. G. Geldner für seine tatkräftige Unterstützung und für sein uns entgegengebrachtes Vertrauen bei der Etablierung und Weiterentwicklung des Ultraschalls in der Klinik für Anästhesiologie, Intensivmedizin und Schmerztherapie des Klinikums Ludwigsburg. Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Dr. R. van der Auwéra und Herrn Dr. W. Schreiber – stellvertretend für alle ärztliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter – und Frau C. Rothermel und Frau C. Fuchs und Herrn T. Tesfai, M. Schneider und Herrn R. Vyzina – ebenso stellvertretend für alle Kolleginnen und Kollegen aus der anästhesiologischen und intensivmedizinischen Fachpflege –, welche durch die vielen Diskussionen, Anregungen und Hilfestellungen im klinischen Alltag einen wichtigen Beitrag zur Entwicklung des Ultraschalls in unserer Klinik und somit auch am Zustandekommen und an der Realisierung des vorliegenden Buches maßgeblich beigetragen haben.

Ludwigsburg 2005

Fotios Kefalianakis

Ähnlich rasant wie die Entwicklung der Medientechnik und Rechnerleistung entwickelten sich bildgebende Verfahren in der Medizin. So gehört der Einsatz von Ultraschallverfahren nun seit wenigen Jahrzehnten zum festen Repertoire in der medizinischen Diagnostik und hat sich erst zögerlich, nun aber zunehmend auch in der Anästhesiologie und deren Teilbereichen der Intensiv- und Notfallmedizin etabliert. Ultraschallverfahren faszinieren vor allem durch ihr umfangreiches Informationspotenzial, das sich u. a. in der hochwertigen Bildgebung widerspiegelt. Die zahlreichen diagnostischen Anwendungen des Ultraschalls umfassen transkutane oder von extern aufgesetzte sowie endoskopische und sogar intravaskuläre Techniken. In vieler Hinsicht sind Ultraschallverfahren ein ideales Werkzeug in der Hand des Mediziners – sie sind mit wenigen Ausnahmen nicht invasiv, sie sind sicher und sie eignen sich wegen der Stabilität und Mobilität der Systeme zum schnellen Einsatz in nahezu allen Bereichen der Patientenversorgung.

Die Vorteile der seit etwa 1970 etablierten und klinisch eingesetzten Ultraschallverfahren für die Anästhesiologie liegen in den besonderen Eigenschaften des Ultraschalls. Das theoretische Risiko einer Gewebeerletzung durch Ultraschall ist bei den klinischen Anwendungen der in der Anästhesiologie genutzten Doppler-, M-Mode- und 2D-Verfahren in der Regel vernachlässigbar. Zudem sind die meisten der Verfahren allenfalls minimal invasiv, verhältnismäßig einfach zu handhaben und spätestens seit der Einführung relativ kleiner und handlicher Ultraschallsysteme im Sinne eines „mobilen Ultraschalls (Handhelds)“ auch flexibel und kurzzeitig nacheinander bei verschiedenen Patienten einzusetzen. Gerade durch die Reduzierung der Abmessung der Geräte wurden diese geeignet für den Einsatz im OP und im Notarztdienst.

So etabliert sich die Sonographie für nahezu alle klinisch üblichen Regionalanästhesieverfahren zur Visualisierung von Nerven und deren Begleitstrukturen. Sie wird erfolgreich für die rückenmarknahe Regionalanästhesie bei Kindern und für die peripheren Nervenblockaden in allen Altersstufen genutzt. Dabei kann mit den modernen hochauflösenden (hochfrequenten) Schallköpfen die Lage und der Verlauf der Nerven in der Regel eindeutig verifiziert werden. Die Lage der Punktionskanüle in Relation zu potenziell gefährdeten Strukturen (Gefäße, Pleura, Nerven) ist meist zu erkennen. Hier sind allerdings noch Entwicklungsarbeiten zu leisten, um Punktionskanülen und Katheter besser „sichtbar“ in der Sonographie zu machen. Allerdings kann die korrekte Ausbreitung des Lokalanästhetikums sicher verfolgt werden. Die erforderliche Dosis des Lokalanästhetikums kann somit deutlich reduziert werden. Insbesondere können tiefere Punktionen in sensiblen Regionen (wie z. B. den Halsweichteilen) mit Ultraschallkontrolle risikoloser durchgeführt werden. Auch Abseits der Regionalanästhesie hat die Sonographie in der Medizin ihren Siegeszug angetreten. Die

transösophageale Echokardiographie (TEE) ist in der Kardio- und Neuroanästhesie weitgehend unverzichtbar geworden. Künftig werden sicher vermehrt Regionalanästhesien und zentrale Venenpunktionen und zumindest bei Kindern wohl auch arterielle Punktionen etc. unter Ultraschallkontrolle durchgeführt. Auch in anderen Bereichen unseres Fachgebietes, wie der Intensivmedizin (TEE, Ultraschall von Pleura, Abdomen, Niere etc.), ist die Methode fest etabliert. Mit zunehmend kleineren und transportablen Geräten wird die Sonographie in der Notfallmedizin, sowie auch in der Schmerztherapie (analog zur Regionalanästhesie) aus unserem klinischen Alltag künftig nicht mehr wegzudenken sein. Hierfür ist sicherlich nicht nur neues Gerät, sondern vor allem Training und Ausbildung nötig. Dies ist eine neue Herausforderung. Wir Anästhesisten müssen aber ähnlich wie die Chirurgen bei den endoskopischen Techniken bereit und offen bleiben, neue Methoden zu lernen. Hier gilt es aber gleichzeitig zu vermeiden, den breiten klinischen Einsatz der Regionalanästhesie durch Forderung nach neuem Spezialistentum zu behindern. Glücklicherweise ist die Sonographie für Nervenblockaden eine Technik, die vergleichsweise einfach zu erlernen ist. Das vorliegende Werk ist ein Schritt unsere Kenntnisse auf diesem Gebiet zu erweitern.

Herr Kefalianakis ist sicher einer der Pioniere und Promotoren der Sonographie in der Anästhesie. Er hat auch ein Konzept zur Fort- und Weiterbildung von Anästhesisten in der Sonographie entwickelt, dessen konsequente Fortsetzung das vorliegende Werk ist. So ist dieses Buch eine gute Möglichkeit die Grundlagen zu erlernen und auch ein ideales Nachschlagewerk für Problemfelder. Natürlich sollte diese Wissensvermittlung flankiert werden von praktischen Übung, Workshops und eine Begleitung des Lernvorgangs durch einen Tutor.

So wird die Sonographie wohl in Zukunft zu einem Bestandteil in der Fort- und Weiterbildung auch der Anästhesisten werden und dazu kann auch dieses Werk beitragen.

Ludwigsburg 2005

Götz Geldner

Inhalt

Vorwort	V
Geleitwort	VII

1 Einführung	1
1.1 Physikalische und technische Grundlagen	4
1.2 Sonografisch-strukturelle Kennzeichen der verschiedenen anatomischen Strukturen	12
1.3 Sonografische Darstellung der Nadelführung	14
1.4 Faktoren, die die Darstellung verbessern	22
1.5 Sonografische Kontrolle der Ausbreitung von Lokalanästhetika im Gewebe	26
1.6 Potenzielle Komplikationsmöglichkeiten	28
1.7 Ultraschall in einer Anästhesiologischen Abteilung	30
2 Ultraschallgestützte Detektion und Punktion von Gefäßen	33
2.1 Allgemeines	34
2.2 Vena jugularis interna	39
2.3 Vena subclavia	53
2.4 Vena axillaris	58
2.5 Vena femoralis	61
2.6 Weitere venöse Gefäße	64
2.7 Arteria axillaris	66
2.8 Arteria radialis	69
2.9 Arteria femoralis	74
3 Ultraschallgestützte Detektion und Blockade peripherer Nerven	77
3.1 Grundlagen	79
3.2 Interskalenärer Plexus brachialis	87
3.3 Axillärer Plexus brachialis	101
3.4 Infraklavikulärer Plexus brachialis	109
3.5 Nervus medianus	111
3.6 Nervus ulnaris	112
3.7 Nervus radialis	118
3.8 Nervus musculocutaneus	121
3.9 Plexus cervicalis	124
3.10 Nervus femoralis	134
3.11 Nervus ischiadicus	142
3.12 Nervus tibialis	149
3.13 Nervus peroneus	150

4 Sonografie in der Intensivmedizin	153
--	------------

4.1	Ultraschalluntersuchung des Abdomens	154
4.2	Ultraschalluntersuchung des Thorax	174
4.3	Ultraschalluntersuchung vor Tracheotomie	181
4.4	Präklinische/notfallmäßige Sonografie beim Polytrauma	184

5 Ausbildungskonzept für die Anwendung der Sonografie in der Anästhesiologie und Intensivmedizin	187
---	------------

Sachregister	193
--------------------	-----

1 Einführung

Sieht man von der Echokardiografie ab, so erscheint der Einsatz von Ultraschall in der anästhesiologischen Praxis ungewohnt. Um die Sonografie auf dem Gebiet der Anästhesiologie und Intensivmedizin erfolgreich zu etablieren, müssen mehrere Etappen zurückgelegt werden, die es gilt einzeln kennen zu lernen, einzuüben und regelmäßig zu praktizieren.

Der erste Schritt beinhaltet die sonografische Darstellung der verschiedenen anatomischen Strukturen. In diesem Punkt unterscheidet sich die Anästhesiologie-spezifische Sonografie nicht wesentlich von vielen anderen Disziplinen, die den Ultraschall regelmäßig für diagnostische Zwecke nutzen. Darauf aufbauend folgt die ultraschallgestützte Punktion bestimmter anatomischer Strukturen. Auch in diesem zweiten Schritt kann auf Erfahrungswerte aus anderen Fachdisziplinen zurückgegriffen werden, die sich zum Teil für anästhesiologische Zwecke übernehmen lassen. Als dritte Etappe schließt sich die ultraschallgesteuerte Applikation von Medikamenten an vorab definierten Stellen an. Dafür sind die beiden erst genannten Schritte – korrekte sonografische Darstellung der jeweiligen Zielstrukturen und korrekte Punktionsführung – unerlässlich. Hier sind aus der Fachliteratur anderer Disziplinen nur wenige Hilfestellungen bekannt, die übernommen werden können.

Alle drei Teilprozesse werden bei ultraschallgeführten Anwendungen in der Anästhesiologie und Intensivmedizin regelmäßig erforderlich und kombiniert angewendet, ganz im Gegensatz zu vielen anderen medizinischen Fächern (Abb. 1.1). Es ist aus diesem Grunde nachvollziehbar, dass diese drei Prozesse im Rahmen der Ausbildung in der genannten Reihenfolge erlernt und eingeübt werden sollten. Dies hat sich im klinischen Alltag bewährt und wird im Rahmen von Workshops ebenfalls praktiziert.

Da eine sichere Anwendung des Ultraschalls in der Anästhesiologie und Intensivmedizin nur bei ausreichender Kenntnis der physikalischen Grundlagen der sonografischen Bildgebung möglich ist, sollen hier zunächst die wichtigsten Begriffe und Zusammenhänge erläutert werden.

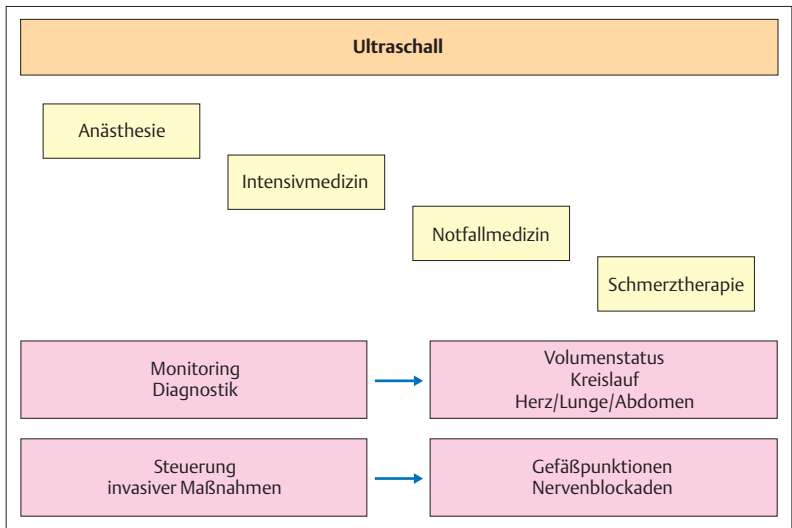


Abb. 1.1 Spektrum des Ultraschalls in Anästhesiologie und Intensivmedizin.

1.1 Physikalische und technische Grundlagen

In der freien Natur ist die Anwendung des Ultraschalls weit verbreitet und dient unterschiedlichen Zwecken (Abb. 1.2 u. 1.3). Der Ultraschall in der klinischen Anwendung ist als bildliche Darstellung von Schallwellen und deren Verhalten im Gewebe zu verstehen. Aus diesem Grunde ist die Entwicklung der Sonografie eng verknüpft mit der Physik des Schalls und deren historischen Entwicklung. Eine wichtige Rolle spielen hierbei auch die piezoelektrischen Eigenschaften bestimmter Kristalle, die für die Schallerzeugung während der Untersuchung und die Bildgenerierung maßgeblich sind.

Die Geschichte der Sonografie ist daher nicht nur mit den Namen von Medizinern (z.B. *Karl Theodore Dussik*, dem „father of ultrasonic diagnosis“), sondern auch mit denen bekannter Physiker und Chemiker verbunden, wie *John William Strutt* (Lord Rayleigh), *Christian Doppler*, *Pierre Curie*, *George Ludwig*, *John Wild* u. v. m. Die Entwicklung des Ultraschalls ist immer noch eng mit dem technischen Fortschritt verknüpft, der eine Vielzahl von Einsatzmöglichkeiten vorbereitet hat und eine nahezu ubiquitäre Anwendung in der Medizin erlaubt. Die technische Entwicklung der Sonografie verläuft auf mehreren Ebenen, sei es in der Datenverarbeitung (tissue harmonic imaging) der empfangenen Signale, im Bereich der Signalgenerierung, aber auch im Rahmen der Kombination von Bildern zu Panorama, 3-D- und 4-D-Bildgebung, oder der Spezialverfahren der ultraschallspezifischen Kontrastmittelbildgebung.

Abb. 1.3 Honigbienen (*Apis mellifera*) erzeugen durch Vibrationen des gesamten Körpers eine Vielzahl an Schallsignalen (20 Hz bis 300 Hz) zur modulierenden Kommunikation und Organisation innerhalb einer Population. Die Weiterleitung dieser Vibrationssignale erfolgt nur über intakte, korrekt angeordnete und aufgebaute Bienenwaben. Die Aufnahme und Registrierung der Vibrationssignale erfolgt von den „Empfängerbienen“ über Schwingungsrezeptoren an den Beinen. Unterschiedliche Alterstufen und unterschiedliche Genotypen ziehen eine verschiedenartige Interpretation der Vibrationssignale nach sich mit demzufolge unterschiedlichster Aktivität, was insbesondere bei komplexen Vorgängen mit mehreren Arbeitsschritten ausgenutzt wird. ►



Abb. 1.2 Delphine verwenden zur Orientierung eine Abfolge von kurzen Klicklauten mit Frequenzen bis zu 130 kHz. Diese Signale werden mit einer Klappe erzeugt, welche durch Luftströmungen in Schwingung gebracht wird. Beim Empfang werden die Echos vom Unterkiefer aufgefangen und über Knochenleitung zum Ohr weitergeleitet. Durch die Verarbeitung der reflektierten Signale erhält der Delfin nicht nur eine Information über Lage, Geschwindigkeit und Größe eines „Zielobjektes“, sondern teilweise auch über dessen „Binnenstrukturen“, analog einer Sonografie in der Medizin.



Generieren, Empfangen und Wiedergabe von Ultraschallwellen

Ultraschallwellen für rein anästhesiologische Zwecke liegen in der Regel in einem Bereich von 7,5 bis 15 MHz. Die Eindringtiefe ist aufgrund der physikalischen Eigenschaften der Schallwellen auf ca. 7 cm begrenzt. In der Abdomen-Sonografie und in der Echokardiografie dominieren Ultraschallwellen mit niedrigeren Frequenzen zwischen 2,5 und 7,5 MHz.

Die Beschallung des Gewebes erfolgt mit Hilfe von **piezoelektrischen Elementen**, die durch elektronische Stimulation die gewünschten Ultraschallwellen generieren (Abb. 1.4a,b). Die reflektierten Wellen werden ebenfalls von den piezoelektrischen Elementen erfasst und zur weiteren Transformation und Verarbeitung weitergeleitet. Sender und Empfänger entsprechen somit der gleichen technischen Einheit. Erwähnenswert ist, dass nur ein Bruchteil der ausgesandten Wellen tatsächlich auch wieder empfangen wird.

Je nach Anordnung der piezoelektrischen Elemente im Schallkopf lassen sich unterschiedliche Schallwellen erzeugen, die je nach Fragestellung und Untersuchungsort spezielle Vorteile bieten. Es werden Linearschallköpfe, Konvexschallköpfe und Sektorschallköpfe unterschieden (Abb. 1.5a–c):

- Die parallele Anordnung der piezoelektrischen Elemente im **Linearschallkopf** und die Verwendung hochfrequenter Schallwellen bedingen eine gute Auflösung. Der Einsatz hochfrequenter Schallwellen geht jedoch auf Kosten der Eindringtiefe.
- Im **Konvexschallkopf** sind die piezoelektrischen Elemente ebenfalls nebeneinander angeordnet, wobei der Schallkopf eine gewisse Krümmung aufweist. Die Folge ist, dass die entsprechenden Abbildungen ebenfalls fächerförmig konfiguriert sind.
- Der **Sektorschallkopf** verteilt kontinuierlich – sei es mechanisch oder elektronisch – die Schallwellenfront fächerförmig in das Gewebe. Durch die geringe Ankopplungsfläche können auch an schmalen Schallfenstern gute Ultraschall-Untersuchungen erzielt werden.

Das Verhalten der Ultraschallwellen im Gewebe ist maßgeblich verantwortlich für die Bildqualität. Es wird einerseits beeinflusst durch gewebespezifische Eigenschaften wie Dichte, Wassergehalt etc., die vom Untersucher nicht wesentlich verändert werden können. Andere Einflüsse, wie etwa gewählter Schallwinkel bzw. Form des Anschnitts der entsprechenden anatomischen Struktur oder Druck des Schallkopfes auf das Gewebe, können vom Untersucher so geändert werden, dass sich die Bildqualität entscheidend verbessert.