



Sommerakademie der
DWFA

13. Sommerakademie der DWFA in Köln

Der Kurs wurde von der DEGUM zertifiziert

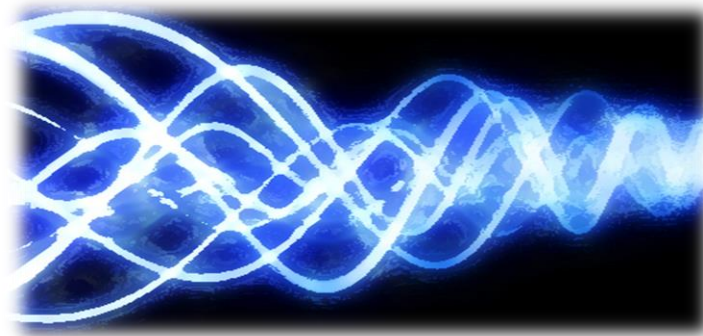
Skript zum Kurs

Sonographie der Haut, Subkutis einschließlich subkutaner Lymphknoten

Grundkurs (B-Mode-Verfahren)

nach DEGUM- und KV-Richtlinien, 16 Kursstunden - 2 Tage

31.08.-01.09.2024



Inhalt:

- Vorwort
- Programm des Kurses
- Flyer DEGUM und Aufnahmeantrag als DEGUM-Mitglied (www.degum.de\Download)
- Einführung
- Vorlagen für Ihre Dokumentation
- Ausgewählte Publikationen
- Qualitätsvereinbarung der KBV (Ultraschallvereinbarung) in der Fassung ab 1.10.2020 in Auszügen (Volltext unter www.degum.de \ Download)

Erstellt von: Dr. Dorothee Dill, DEGUM Stufe III Kursleiterin

SEKTION DERMATOLOGIE der DEGUM

Kurse 2024 - 2025 in Köln

In 2024/2025 veranstalten wir diese Kurse in und für NRW und darüber hinaus:

1. **Frühjahrsakademie Sa + So 13.-14.04.2024: Kompletter Aufbaukurs 2 Tage** im Hotel Park INN, Innere Kanalstr., Köln (DEGUM--+KV-Richtlinien)
2. **Sommerakademie Sa + So 31.08.-01.09.2024: Kompletter Grundkurs 2 Tage** im Hotel Park INN, Innere Kanalstr., Köln (DEGUM--+KV-Richtlinien)
3. **DWFA-Tagung Fr 29.11.2024: Abschlusskurs** im Maternushaus, Köln (DEGUM--+KV-Richtlinien)
4. **Frühjahrsakademie Sa + So 29.-30.03.2025: Kompletter Aufbaukurs 2 Tage** im Hotel Park INN, Innere Kanalstr., Köln (DEGUM--+KV-Richtlinien)
5. **Sommerakademie Sa + So xx.08.2025: Kompletter Grundkurs 2 Tage** im Hotel Park INN, Innere Kanalstr., Köln (DEGUM--+KV-Richtlinien)
6. **DWFA-Tagung Fr 28.11.2025: Abschlusskurs** im Maternushaus, Köln (DEGUM--+KV-Richtlinien)

Die Kurse der Frühjahrs- und Sommerakademie und DWFA-Tagung sind bereits im DEGUM-Kursportal auf www.degum.de eingestellt.

Dort finden Sie die Termine für weitere Kursangebote/Module bei

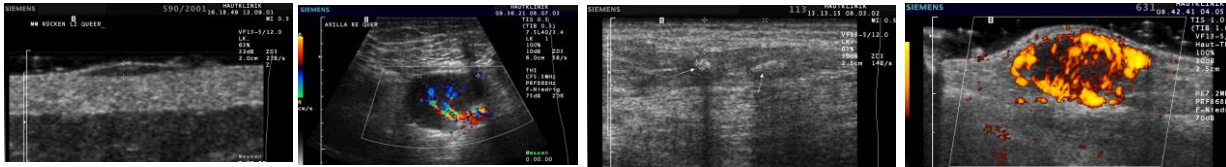
- **Münchner Fortbildungswoche 2024**
- **Deutscher Hautkrebskongress 2024**
- **DDG-Tagung 2025 (Aufbaukurs Modul I)**
- **Hautklinik Quedlinburg (Prof. Dr. J. Ulrich und Kollegium)**

13. Sommerakademie der Rheinisch-Westfäl. Dermatologischen Gesellschaft

31.08.2024 - 01.09.2024 in Köln

Kurs Sonographie Haut und Subcutis incl. subkutane Lymphknoten

Grundkurs (B-Mode-Verfahren) nach DEGUM- und KV-Richtlinien
16 Kursstunden an 2 Tagen



Vorwort und Einladung

Der Kurs wurde von der DEGUM zertifiziert

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,

die Sonographie der Haut und der Subcutis ist als bildgebendes diagnostisches Verfahren in der Dermatologie, insbesondere der dermatologischen Onkologie, etabliert und für viele Fragestellungen zum therapeutischen Vorgehen und zur Abschätzung prognostischer Parameter unverzichtbar geworden. Die mittel- bis höherfrequente Sonographie mit elektronischen Sonden von 7,5 – 18 MHz hat im Staging und in der Nachsorge maligner Hauttumore ihren festen Platz und stellt ein optimales Verfahren zur frühzeitigen Erfassung von regionären Lymphknoten- und subkutanen Intransitmetastasen dar. Darüber hinaus ist eine differentialdiagnostische Abgrenzung zu anderen subkutanen Raumforderungen, wie Lipomen, Zysten, Hämatomen oder Fremdkörpern möglich. Die hochfrequente 22-50 MHz-Sonographie mit mechanischen Scannern fokussiert die oberen 1,5 cm des Hautorgans. Bei malignen Tumoren, speziell dem Melanom kann eine Tumordickenmessung präoperativ erfolgen und zusammen mit dem klinischen und dermatoskopischen Befund über den erforderlichen Sicherheitsabstand bei der Exzision und die Indikation zur Wächterlymphknotenbiopsie eine wichtige Entscheidungshilfe geben. Das Monitoring entzündlicher Dermatosen und die Visualisierung der Effekte ästhetisch remodellierender Behandlungen am kollagenen Bindegewebe der Dermis sind weitere Einsatzgebiete. Ultraschall ist ein wichtiger diagnostischer Baustein in der dermatologischen Angiologie, in der Phlebologie und Andrologie. Die hierbei eingesetzten Verfahren der CW-Doppler- und Farbduplexsonographie sind Ausbildungsinhalte weiterer DEGUM- und KV-Kurse. Die Kombination mit der Bild-Sonographie wird bei den klinischen Anwendungen bereits im Grundkurs vorgestellt, um einen Bogen über alle Indikationen des Fachgebietes Dermatologie zu spannen.

Neben der Ausbildung im Rahmen der fachärztlichen Weiterbildung werden sonographische Kenntnisse und Qualifikationen durch zertifizierte Ausbildungskurse in der Dermatologie angeboten. Diese gliedern sich in Grundkurs, Aufbau- und Abschlusskurs, die nach der Ultraschallvereinbarung der KBV (www.kbv.de) und den Richtlinien der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin ausgelegt sind. Weitere Informationen zu diesen Kursen sowie die Leitlinien der **Sektion Dermatologie der DEGUM** finden sich unter <http://www.degum.de>.

Im Rahmen des 16-stündigen Grundkurses werden die physikalischen Grundlagen der Ultraschalldiagnostik, Grundkenntnisse in der Untersuchungstechnik und Einsatzmöglichkeiten sowohl der 7,5 -18 MHz- als auch der 20-50 MHz-Sonographie vermittelt. Der praktische Teil des Kurses umfasst 8 Ausbildungsstunden in kleinen Gruppen an den verschiedenen Sonographiesystemen.

Mit freundlichen kollegialen Grüßen,

Dr. Dorothee Dill und Prof. hon. PD Dr. Stephan El Gammal

Samstag, 31. August 2024 von 09:30 – 17:30 Uhr

Der Kurs wurde von der DEGUM zertifiziert

Tagungsort:

Best Western Plus Hotel Köln City, Innere Kanalstrasse 15, Köln

ab 08:30	Registrierung der Teilnehmer
09:30	Kursbeginn: Begrüßung und Einführung (<i>D. Dill</i>)
09:35	Was bringt Ultraschalldiagnostik in der Dermatologie? Indikationen, Gerätetypen und klinischer Einsatz (<i>D. Dill</i>)
10:00	Physikalisch-technische Grundlagen der Ultraschalldiagnostik - Was muss ich als Anwender wissen? Teil I (B- Mode) (<i>S. El Gammal</i>)
10:45	Kaffeepause
11:00	Untersuchungstechnik und Sonoanatomie: Mein Zugang zur Kopf-Hals-Region, Axilla und Leistenregion (<i>H. Riedemann, K. Rass</i>)
11:45	Ausstattung des Ultraschallarbeitsplatzes - die Vorbereitung der Patienten - wichtige Hygienemaßnahmen (<i>S. Bacher</i>)
12:00	Physikalisch-technische Grundlagen der Ultraschalldiagnostik - Was muss ich als Anwender wissen? Teil II (FKDS) (<i>S. El Gammal</i>)
12:30	<i>Pause – gemeinsames Mittagessen</i>
13:30	Die Medizintechnik stellt ihre Systeme vor (Teil I) - Spezifikation für die Dermatologie: Geräte mit 7,5-18 MHz-Sonden (<i>N.N. GE Healthcare</i>)
14:00	Praktikum in Kleingruppen an den Ultraschallsystemen der Firmen GE Healthcare Deutschland GmbH und Taberna pro medicum (tpm)
	Demonstration der physikalisch- technischen Grundlagen, Geräteeinstellung, Artefakte, Störungen. Übungen zur Sonometrie und Dokumentation. <i>Tutoren: Bacher, Dill, El Gammal, Maschke, Riedeman, Scholl, Quittek, Weber</i>
15:45	Kaffeepause
16:00	Fortsetzung des Praktikums
	Details wie oben beschrieben
17:30	Ende des Praktikums

Der Kurs wurde von der DEGUM zertifiziert

Sonntag, 01. September 2024 von 09:00 – 17:00 Uhr

Tagungsort:

Best Western Plus Hotel Köln City, Innere Kanalstrasse 15, Köln

09:00	Das gesamte Spektrum: Sonographie der Haut, Subcutis und Lymphknoten mit 7,5-18 MHz-Sonden (<i>D. Dill</i>)
09:30	Hochauflösend: Hautanatomie und Hauttumoren mit 22 MHz-Scannern (<i>S. El Gammal</i>)
10:00	Zusatzinformationen bei Mittenfrequenzen bis 100 MHz? (<i>S. El Gammal</i>)
10:30	Subcutane Tumoren in der 7,5-18 MHz-Sonographie - Welche Differentialdiagnosen unterstützt die Sonographie? (<i>S. Bacher, F. Scholl, A. Quittek</i>)
11:00	Kaffeepause
11:30	Ultraschallvereinbarung der KBV- was ist wichtig für meine Qualifikation in Klinik und Praxis? (<i>D. Dill</i>)
11:50	Terminologie an Fallbeispielen: Interaktive Befundbeschreibung und Dokumentation (<i>F. Scholl, A. Quittek, S. Bacher, J. Maschke, H. Riedemann</i>)
12:45	Die Medizintechnik stellt ihre Systeme vor (Teil II) - Spezifikation für die Dermatologie: 22 MHz und höherfrequente Scanner (<i>M. Scharenberg, Taberna pro medicum (tpm)</i>)
13:00	Pause - gemeinsames Mittagessen
14:00	Praktikum in Kleingruppen an den Ultraschallsystemen der Firmen GE Healthcare und Taberna pro medicum (tpm)
	Demonstration der Untersuchungsabläufe in den Lymphknotenstationen und an spezifischen Zielstrukturen. Erkennen und Nutzen von Artefakten. Untersuchung von Probanden und Patienten, Übungen zur Sonometrie und Dokumentation. <i>Tutoren: Bacher, Dill, El Gammal, Maschke, Riedeman, Scholl, Quittek, Weber</i>
15:30	Kaffeepause
16:00	Fortsetzung des Praktikums
	Details wie oben beschrieben
17:00	Ende des Praktikums und Ausgabe der Zertifikate

Der Kurs wurde von der DEGUM zertifiziert

Kursleitung

Dr. med. Dorothee Dill
DEGUM Stufe III Kursleiterin
Chefärztin der Hautklinik Lüdenscheid
Märkische Kliniken GmbH
Paulmannshöherstr. 14
58515 Lüdenscheid
www.hautklinik-luedenscheid.de
dorothee.dill@klinikum-luedenscheid.de

**Professeur honoraire PD
Dr. med. Stephan El Gammal**
DEGUM Stufe III Kursleiter
Chefarzt der Hautklinik
Diakonie Klinikum Bethesda
Euelsbruchstr. 39,
57258 Freudenberg
stephan.elgammal@diakonie-siegen.de

Referenten und Tutoren:

PD Dr. med. Knuth Rass	Chefarzt des Zentrums für Venen- und Dermatochirurgie, Eifelklinik St. Brigida, Simmerath Vorsitzender der Sektion Dermatologie Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin - DEGUM e.V.
Dr. med. Franziska Scholl	Hautklinik Lüdenscheid, Märkische Kliniken GmbH
Dr. med. Alexandra Quittek	Hautklinik Lüdenscheid, Märkische Kliniken GmbH
Dr. med. Jan Maschke	Hautarztpraxis Dr. Maschke, Köln Rodenkirchen
Dr. med. Helena Riedemann	Universitäts-Hautklinik Aachen
Dr. med. Sarah Bacher	Hautklinik Lüdenscheid, Märkische Kliniken GmbH
Dr. Kristina Weber	Hautklinik, Diakonie Klinikum Bethesda Freudenberg
Herr Scharenberg	Taberna pro medicum
Frederike Gemmel	GE Healthcare GmbH

Zertifizierung:

Beantragt bei der Ärztekammer: voraussichtlich mit 20 Punkten (Kategorie: C) und bei der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin DEGUM (www.degum.de)

Der Kurs findet statt mit freundlicher Unterstützung der Firmen:
GE Healthcare GmbH, Taberna pro medicum (tpm)

Anmeldung und Organisation:

Rheinisch-westfälische Dermatologische Gesellschaft e.V. www.rwdg.de

Weitere Informationen zum Tagungsort, Teilnahmegebühr und Anmeldung

ECM GmbH

An der Rechtsschule 1-3

50667 Köln

Fon: +49 221 91395920

Fax: +49 221 91395928

Mail: dwfa@ecm-koeln.com

Anmeldung über die Website: www.sommerakademie.koeln

Dermatologie
<https://doi.org/10.1007/s00105-022-05012-6>
Angenommen: 12. Mai 2022

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von Springer Nature 2022

Wissenschaftliche Leitung
E. Gaffal, Magdeburg
S. Ständer, Münster
R.-M. Szeimies, Recklinghausen
A. Zink, München



CME

Zertifizierte Fortbildung

Konventionelle Ultraschall- diagnostik in der Dermatologie

Jens Ulrich¹ · Jan Maschke² · Axel Winkelmann³ · Markus Schwürzer-Voit⁴ · Klaus-Vitold Jenderka⁵

¹ Klinik für Dermatologie und Allergologie, Hautkrebszentrum Harz, Harzklinikum Dorothea Christiane Erleben, Quedlinburg, Deutschland

² Hautarztpraxis Köln, Köln, Deutschland

³ Hautarztpraxis Magdeburg, Magdeburg, Deutschland

⁴ Hautarztpraxis Hemau, Hemau, Deutschland

⁵ Fachbereich Ingenieur- und Naturwissenschaften, Hochschule Merseburg, Merseburg, Deutschland

Zusammenfassung

Die Darstellung von Veränderungen der Haut, der Subkutis und v. a. der regionären Lymphknoten mithilfe des hochauflösenden Ultraschalls ist fester Bestandteil der dermatologischen Routinediagnostik. Diese erfolgt überwiegend mithilfe elektronischer Scanner, die mit Frequenzen zwischen 7,5 und 20 MHz arbeiten (konventionelle Ultraschalldiagnostik). Daneben existieren sehr hochfrequente Ultraschallsysteme (bis 100 MHz), die eher für spezielle wissenschaftliche Fragestellungen verwendet werden. Die Ultraschalldiagnostik weist gegenüber anderen Schnittbildverfahren eine Reihe von Vorteilen auf, ist aber mehr als diese von der individuellen Erfahrung des Untersuchers abhängig. Strukturierte Aus-, Weiter- und ständige Fortbildung sind für die Ultraschalldiagnostik, auch in der Dermatologie, unerlässlich. Der vorliegende Beitrag beschreibt die physikalisch-gerätetechnischen und administrativen Grundlagen sowie die wichtigsten Indikationen zur konventionellen Sonographie in der Dermatologie.

Schlüsselwörter

Hochfrequente Ultraschalldiagnostik · Sonographie Lymphknoten · Ultraschall der Haut · Farbkodierte Duplexsonographie

Online teilnehmen unter:
www.springermedizin.de/cme

Für diese Fortbildungseinheit werden 3 Punkte vergeben.

Kontakt
Springer Medizin Kundenservice
Tel. 0800 77 80 777
(kostenfrei in Deutschland)
E-Mail:
kundenservice@springermedizin.de

Informationen
zur Teilnahme und Zertifizierung finden Sie im CME-Fragebogen am Ende des Beitrags.

Lernziele

Nach der Lektüre dieses Beitrags ...

- kennen Sie die wichtigsten physikalischen Grundlagen und apparativen Voraussetzungen der Ultraschalldiagnostik.
- können Sie die wichtigsten administrativen Voraussetzungen zur Ultraschalldiagnostik in der Dermatologie benennen.
- sind Sie in der Lage, Sonographiebefunde regionärer Lymphknoten richtig einzuordnen.
- interpretieren Sie zuverlässig die wichtigsten sonographischen Befunde und Differenzialdiagnosen von Veränderungen der Haut und/oder der Subkutis.

Einleitung

Im Vergleich zu anderen klinischen Fächern hat die Ultraschall-diagnostik relativ spät, erst Ende der 1970er-Jahre, Eingang in die Dermatologie gefunden [1]. Neben konventionellen Scannern, die in der inneren Medizin und in chirurgischen Fächern bereits etabliert waren, wurden in der Dermatologie v. a. hoch- und ultrahochfrequente Systeme (20–100 MHz), zunächst aus der Ophthalmologie, für die Anwendung an der Haut genutzt und kontinuierlich weiterentwickelt. Aufgrund der umgekehrt proportionalen Beziehung zwischen Auflösung und Eindringtiefe ist diese Technik für die Diagnostik größerer kutaner und/oder subkutaner Strukturen nicht geeignet und wird im Weiteren nicht besprochen.

Die zunehmende Bedeutung der **Dermatoonkologie** in den letzten 30 Jahren hat zum breiten Einsatz der Sonographie insbesondere in der Diagnostik regionärer, subkutaner Lymphknoten (LK) geführt. Die **B-Bild-Sonographie** wurde seit Anfang der 1990er-Jahre fester Bestandteil der dermatologischen Facharztweiterbildung und 1993 in die Ultraschall-Vereinbarung der Kassenärztlichen Bundesvereinigung aufgenommen [2]. Seit dieser Zeit hat ihre Bedeutung als nichtinvasives, hochauflösendes, strahlungsfreies und vergleichsweise preiswertes Diagnostikum in der Dermatologie stetig zugenommen [3].

Ein Vorteil der sonographischen Bildgebung besteht darin, dass nicht nur die Darstellung der interessierenden Veränderung selbst erfolgt, sondern der Untersucher auch in der Lage ist, verlässliche Angaben über die dreidimensionale Ausdehnung eines Prozesses und über deren Nachbarschaftsbeziehungen wie z. B. zu Gefäßen, Faszien oder Knochen zu geben; diese können präoperativ unerlässlich sein.

Physikalische Grundlagen

Sonographische Bildgebung

In der Sonographie werden gebündelte, in eine bestimmte Richtung ausgesendete **Ultraschallimpulse** (kurze Wellenzüge) mit Frequenzen im Bereich 2–20 MHz (und darüber) für die Bildgebung und Quantifizierung des Blutflusses genutzt. Diese werden von einem **Schallkopf** ausgesendet, im Gewebe an Grenzflächen reflektiert oder gestreut, gelangen wieder zurück zum Schallkopf und werden dort in ein **Echosignal** umgewandelt.

Während des Sendevorgangs wird im Schallkopf (Transducer) eine Gruppe einzelner **piezoelektrischer Elemente** des gesamten Arrays mit kurzen elektrischen Impulsen angeregt. Auf diese Weise wird ein Ultraschallimpuls erzeugt, dessen Wellenfront sich in eine bestimmte Richtung ausbreitet. Durch geringfügige, zeitlich variable Verzögerung der Anregung zwischen den einzelnen Elementen (**Abb. 1**) kann das **Schallbündel** geschwenkt und fokussiert werden. Über die entsprechende Auswahl der am Sendevorgang beteiligten Elementgruppe wird die laterale Verschiebung des Schallbündels realisiert. **Arraywandler** ermöglichen so eine elektronische Abtastung des Gewebes – das **Scannen** [4].

Aus der Laufzeit der Ultraschallpulse und der charakteristischen **Ausbreitungsgeschwindigkeit** im Gewebe (im Mittel 1540 m/s) kann nach dem **Impuls-Echo-Prinzip** die Entfernung einer reflek-

Conventional ultrasound diagnostics in dermatology

The imaging of changes to the skin, the subcutis and especially the regional lymph nodes by high-resolution ultrasound is an integral part of routine dermatological diagnostics. This is mainly done with electronic scanners operating at frequencies between 7.5 and 20 MHz (conventional ultrasound diagnostics). In addition, there are very high-frequency ultrasound systems (frequencies up to 100 MHz) that are used for special scientific questions. Ultrasound diagnostics has a number of advantages over other cross-sectional imaging techniques but is more dependent than these on the individual experience of the examiner. Structured training and continuing education are therefore essential for ultrasound diagnostics, also in dermatology. The following overview describes the most important indications for conventional sonography in dermatology in addition to the physical, technical and administrative principles.

Keywords

High-frequency ultrasound · Ultrasound lymph nodes · Ultrasound skin · Color-coded duplex sonography

tierenden Struktur zum Wandler bestimmt werden (axiale Position). Aus der bekannten Scanrichtung ergibt sich die weitere zur Erzeugung eines Bildes erforderliche Koordinate (laterale Position), sodass die an einem bestimmten Punkt im Gewebe erzeugte **Echoamplitude** nach Konvertierung in einen Grauwert in die Bildmatrix eingetragen werden kann (**Abb. 1**).

Zur Erzeugung eines Bildes wird das abzubildende Geweberealm schrittweise abgescannt. Der Scanvorgang ist sehr schnell, je nach Bildtiefe können mehrere Tausend Scanlinien/s aufgenommen werden, sodass **Bildfrequenzen** bis zu 100 Hz oder höher erreicht werden können. Die Ultraschallbilder liegen damit in **Echtzeit** vor – ein wesentlicher Vorteil der sonographischen Bildgebung.

Ultraschallwellen unterliegen allen typischen Wellenphänomenen wie **Reflexion** an und **Transmission** durch Grenzflächen, Streuung an kleinen Inhomogenitäten in der Größenordnung der Wellenlänge, Interferenz und Absorption. Der strukturelle Aufbau

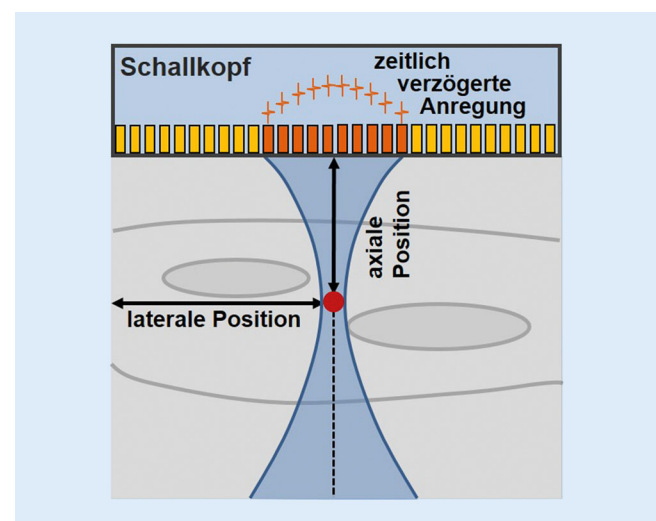


Abb. 1 ▲ Die Echolaufzeit vom Schallkopf bis zur echogebenden Struktur bestimmt die axiale Position im Bild. Die Scanrichtung, definiert durch die Lage der aktiven Elementgruppe und die zeitlich verzögerte Anregung der Elemente in der Gruppe, bestimmt die laterale Position im Bild

des Gewebes, insbesondere die geringfügigen, lokalen Unterschiede der Dichte und Schallgeschwindigkeit im Weichgewebe, stellt Grenzflächen und Inhomogenitäten der **akustischen Impedanz** (dem Produkt aus Dichte und Schallgeschwindigkeit) dar, an denen jeweils ein geringer Anteil der Intensität der Ultraschallimpulse zurück zum Schallkopf reflektiert oder gestreut wird und der überwiegende Anteil sich weiter im Gewebe ausbreitet. Damit wird in der Sonographie der **Bildkontrast** durch die elastischen Eigenschaften des Gewebes bestimmt [5].

Diese Effekte führen zu einer frequenzabhängigen Dämpfung der Ultraschallimpulse während der Ausbreitung im Gewebe. Im diagnostischen Frequenzbereich steigt die Dämpfung annähernd linear mit der Frequenz an. Die Gewebetiefe, aus der noch verwertbare Echos empfangen werden können, ist deswegen begrenzt und verringert sich mit zunehmender Arbeitsfrequenz. Zur hochauflösenden Abbildung kleinster Strukturen sind aber höhere Frequenzen mit den entsprechend kürzeren Wellenlängen erforderlich. Bei der Auswahl von Schallkopf und **Arbeitsfrequenz** muss deshalb immer eine Abwägung zwischen darzustellender Gewebetiefe und erforderlicher örtlicher Auflösung getroffen werden.

In der sonographischen Bildgebung ist das **Auflösungsvermögen** generell abhängig von der Arbeitsfrequenz und für jede Richtung spezifisch. Die räumliche Länge der Ultraschallimpulse bestimmt die axiale Auflösung in Ausbreitungsrichtung. Die Auflösung senkrecht zur Ausbreitungsrichtung wird vom Durchmesser des Schallbündels bestimmt; dieser ändert sich mit der Tiefe und kann durch geeignete Fokussierung optimiert werden. Dabei wird zwischen der variablen lateralen Auflösung in der Bildebene und der fixen elevativen Auflösung senkrecht dazu unterschieden.

Dopplersonographie

Bei einer relativen Bewegung von Schallquelle und -empfänger aufeinander zu oder voneinander weg, kommt es in Abhängigkeit zum Betrag der **Bewegungsgeschwindigkeit** zu einer Änderung der Wellenlänge des Schalls. Die Schallwellen werden praktisch auseinandergezogen oder zusammengedrückt. Damit ändert sich auch die Frequenz der Welle. Dieser, nach **Christian Doppler** benannte, Effekt kann täglich an der Änderung der Tonlage von schnell vorbeifahrenden Kraftfahrzeugen beobachtet werden.

Die **fließenden Blutbestandteile** stellen sowohl bewegte Empfänger, wenn sie von den Ultraschallwellen getroffen werden, als auch bewegte Sender, wenn sie die Ultraschallwellen zurückstreuen, dar (Abb. 2).

Die Frequenzänderung wird als **Dopplerfrequenzverschiebung** (Dopplerfrequenz) bezeichnet. Sie ist direkt proportional zur Fließgeschwindigkeit des Blutes und hängt zusätzlich von der Ultraschallfrequenz und dem Winkel zwischen Schallrichtung und Fließrichtung ab. Es wird also nur die Geschwindigkeitskomponente in Richtung des Schallkopfes erfasst.

Eine Bewertung der zeitlichen Änderung der Blutflusses kann im einfachsten Fall durch Wiedergabe der Dopplerfrequenz über einen Lautsprecher erfolgen, da die typischen Fließgeschwindigkeiten im Bereich von Zentimetern pro Sekunde (cm/s) und Ultraschallfrequenzen von einigen MHz eine Frequenzverschiebung im Bereich von einigen Hz bis kHz, also im hörbaren Bereich, ergeben.

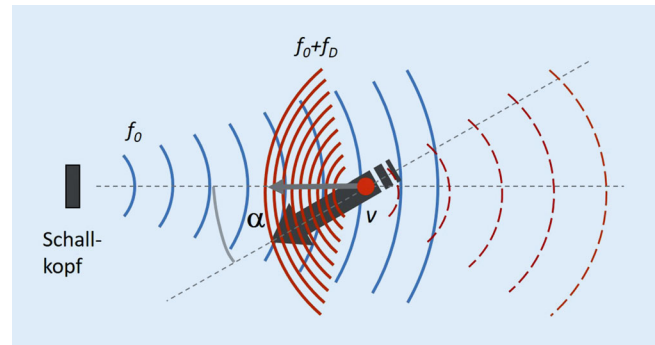


Abb. 2 ▲ Dopplerfrequenzverschiebung an einem Blutpartikel mit der Geschwindigkeit v unter dem Winkel α zur Schallrichtung. f_0 Ultraschallfrequenz, f_D Dopplerfrequenz. (Bildquelle: Abb. 2 aus Jenderka und Delorme [6])

Eine genauere Analyse ist mit den **Spektraldopplerverfahren** möglich. Beim „Pulse-wave“-Doppler (pw-Doppler) werden kurze Wellenzüge („bursts“) mit einer bestimmten **Pulsfolgefrequenz** („pulse repetition frequency“, PRF) gerichtet ausgesendet, die Echos aus dem Lumen eines Gefäßes registriert und der spektrale Inhalt der Dopplerfrequenz in Abhängigkeit von der Zeit dargestellt (Abb. 3 unten). Der Geschwindigkeitsmessbereich wird über die Einstellung der PRF festgelegt. Zur Vermeidung einer **Unterabtastung** („aliasing“) muss die PRF mindestens das Zweifache der Dopplerfrequenz betragen. Im B-Bild können die Richtung der ausgesendeten Wellenzüge, die Position des Dopplerfensters zur Auswahl des Gefäßes und der Winkel zwischen Schall- und Fließrichtung eingestellt werden (Abb. 3 oben). Der pw-Doppler bietet so die einzigartige Möglichkeit zur absoluten Bestimmung der Geschwindigkeitsverteilung des fließenden Blutes in einem Gefäßabschnitt [6].

Im Gegensatz zu den spektralen Dopplerverfahren kann mit der **farbkodierten Dopplersonographie** (FKDS) der Fluss in einem

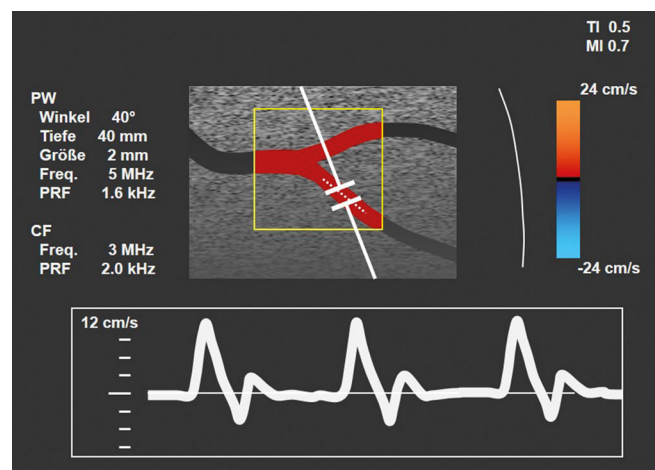


Abb. 3 ▲ Schematische Darstellung der Kombination aus B-Bild, Pulse-wave (pw)-Doppler- und Farbdopplerverfahren. Das Dopplerspektrum (unten) wird im Gefäßlumen abgeleitet, das durch das „Doppler gate“ (oben) eingegrenzt wird. Der Gefäßverlauf ist sowohl im B-Bild als auch im Farbdopplerbild erkennbar. CF Color Flow, MI mechanischer Index, TI thermischer Index. (Bildquelle: Abb. 10 aus Jenderka [6])

Bildausschnitt (Farbfenster, „region of interest“ [ROI]) im zeitlichen Verlauf dargestellt werden. Beim Farbdoppler („Color-Doppler“-Verfahren werden innerhalb des Bildausschnitts die mittlere Fließgeschwindigkeit, deren Varianz und die Flussrichtung farbkodiert dargestellt (Blau-Rot-Farbtöne; **Abb. 3 oben**). Im Unterschied dazu wird bei der **Leistungsdopplertechnik** („power Doppler technique“) nur die Leistung des Dopplersignals farbkodiert visualisiert (Gelb-Orange-Farbtöne), d.h., es wird das Vorhandensein von Fluss ohne Information zu Betrag und Richtung mit hoher Empfindlichkeit angezeigt [6].

Mit der FKDS kann nur eine relative Bestimmung der mittleren Fließgeschwindigkeit erfolgen, da im Farbfenster nur die Geschwindigkeitskomponenten in Richtung des Schallkopfes erfasst werden. Die tatsächlichen Fließgeschwindigkeiten können also bis zu einem Faktor 2 (bei $\alpha = 60^\circ$) oder noch höher als die über die Farbskala angezeigten Werte sein.

Für eine gezielte Ableitung der Dopplerspektren wird das pw-Doppler-Verfahren häufig mit dem Ultraschallschnittbild (B-Bild) und/oder der FKDS kombiniert (Duplex- oder Triplex-Mode, **Abb. 3**).

Rechtliche und administrative Voraussetzungen

Die technischen Anforderungen an die Geräteausstattung, die erforderliche Ausbildung, Qualitätskontrollen und Prüfungen sowie die Dokumentationspflicht sind in der **Ultraschall-Vereinbarung** der Kassenärztlichen Bundesvereinigung (KBV) vom 31.10.2008 (aktuell in der Fassung vom 20.01.2022) entsprechend § 135 Abs. 2 SGB V geregelt. Nur bei Vorliegen aller dort aufgeführten Voraussetzungen ist eine Teilnahme an der vertragsärztlichen Versorgung im Rahmen der Ultraschalldiagnostik möglich. Die für die Dermatologie zutreffenden Anwendungsbereiche (AB) sind der AB 12.1 („Haut einschließlich Subkutis“) und der AB 12.2 („Subkutanes Gewebe einschließlich Lymphknoten“). In der Ultraschall-Vereinbarung werden weiterhin sowohl die **fachlichen Voraussetzungen** für die Ausbilder als auch die **apparativen Voraussetzungen** an die Technik aufgeführt. Zur Sicherstellung einer hohen Qualität in der Diagnostik sind **Konstanzprüfungen** und **stichprobenartige Kontrollen** (3% aller sonographisch tätigen Ärzte/Jahr) vorgesehen. Auch die **Dokumentationspflicht** wird geregelt. Diese beinhaltet u. a. die Verpflichtung, Normalbefunde in mindestens einer Ebene, pathologische Befunde jedoch immer in 2 Ebenen zu dokumentieren.

Ultraschalldiagnostik regionärer subkutaner Lymphknoten

In der **Primärdiagnostik**, der **Verlaufskontrolle** und der Nachsorge maligner kutaner Tumoren, v. a. des **malignen Melanoms**, hat sich die Sonographie in den letzten Jahrzehnten fest etabliert. Nach der aktuellen *S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge des Melanoms* soll eine Lymphknoten(LK)-Sonographie ab dem klinischen Stadium IB sowohl im Rahmen der Primärdiagnostik als auch der Nachsorge durchgeführt werden [7]. Da eine generelle komplette LK-Exstirpation nach positivem Wächterlymphknoten nicht mehr empfohlen wird, kommt der „Überwachung“ der regionären LK-Stationen eine immer größere Bedeutung zu [8, 9].

So ist die Sonographie nicht nur der Palpation überlegen, v. a. in anatomisch schwerer zugänglichen Regionen wie Hals und Axilla oder bei Vorliegen postoperativer Narbenzustände [10], sondern stellt generell das Verfahren mit der höchsten Sensitivität und Spezifität zur Detektion lokoregionärer Lymphknotenmetastasen (LKM) dar [11, 12]. Durch die Etablierung wirksamer adjuvanter und neoadjuvanter Therapiekonzepte wird zudem der Anspruch an eine einfache und verlässliche **Therapieüberwachung** und **Nachsorge** der Patienten weiter zunehmen [13].

Letztlich steigt durch die Etablierung molekularbiologischer Analysen in der Routineanwendung bei kutanen Tumoren und LK/LKM der Bedarf an biologischem Material ständig. Die **sonographisch-assistierte Punktion** ermöglicht die gezielte Entnahme von Proben für entsprechende Untersuchungen ohne großen organisatorischen Aufwand [14].

Durch den technischen Fortschritt in der Geräteentwicklung der letzten Jahrzehnte besitzen moderne Ultraschallsysteme fast alle die FKDS-Option. Damit ist es möglich, neben rein **morphologischen Bilddaten** auch Informationen über den **funktionellen Zustand** eines Tumors oder Gewebes in Bezug auf seine Durchblutung zu gewinnen [3].

Ablauf der Untersuchung

Der senkrecht zur Hautoberfläche aufgesetzte Schallkopf sollte mit möglichst wenig Druck über die zu untersuchende Region geführt werden. Der ulnare Teil der den Schallkopf haltenden Hand liegt locker auf dem Patienten. Die weibliche Brust und der Genitalbereich sollten, um die Intimsphäre der Patienten zu respektieren, soweit möglich abgedeckt werden.

Die Untersuchung beginnt mit dem **Primärtumorareal** in einem Durchmesser von ca. 10 cm. Anschließend wird die **Intransitstrecke** in Richtung LK-Station weiter verfolgt. Für die Untersuchung der entsprechenden regionären LK-Station existieren feststehende Algorithmen [15, 16, 17]. Zum Abschluss der Untersuchung sollte die Region komplett gescannt worden sein. Zervikal und inguinal sollte immer die kontralaterale Seite mituntersucht werden. Alle pathologischen Befunde müssen in 2 Ebenen dargestellt und dokumentiert werden.

► Merke

- Für die Untersuchung der regionären LK-Stationen existieren feststehende Algorithmen.
- Zervikal und inguinal sollte immer die kontralaterale Seite mituntersucht werden.

Sonographiebefunde

B-Bild

Für die Darstellung regionärer LK werden je nach Lokalisation und Zustand des Patienten (z. B. Adipositas) Frequenzen zwischen 7,5 und 20 MHz angewendet. Der **nichtvergrößerte Lymphknoten** (ruhende LK) lässt sich in der Sonographie aufgrund seines zum umgebenden Fettgewebe **echoidentischen Verhaltens** oft gar nicht darstellen. Erst entzündliche Stimuli oder malignes Wachstum führen zu einer verstärkten Aktivität und damit zu Vergrö-



Abb. 4 ▲ Normaler (reaktiver Lymphknoten) mit längsovaler Konfiguration und typischem bizonalem Aufbau in der rechten Leistenregion; Solbiati-Index 2,57

berung und Formveränderung des LK. In der Folge ändern sich auch die akustischen Eigenschaften, und es entstehen differente Echobilder, die diagnostisch wegweisend sind. Regionäre LK zeigen einen bizonalen Aufbau (**Abb. 4**). Dies trifft v. a. auf die Inguinalregion zu. Bei zervikalen LK entwickelt sich der bizonale Aufbau erst mit dem Alter der Patienten. Axilläre LK sind meist sogar dreischichtig aufgebaut. Bei regulären, bizonalen LK ist die **äußere Zone** durch die sehr **zellreichen Lymphfollikel** charakterisiert. Das Fehlen akustischer Grenzflächen führt zum echoarmen Bild. Die **innere Zone** setzt sich dagegen überwiegend aus Binde- und Fettgewebe sowie Blut- und Lymphgefäßen zusammen. Hier ergeben sich viele **akustische Grenzflächen**, aus denen ein **echoreiches Bild** resultiert. Lymphknoten der Axilla, gelegentlich auch der Leiste, können durch eine zentrale echoarme Struktur (Fettgewebe) öfter den oben erwähnten dreischichtigen Aufbau aufweisen [17]. Lymphknoten der Halsregion dagegen haben in bis zur Hälfte der Fälle kein echoreiches Zentrum, was insbesondere bei Kindern und jungen Menschen beobachtet werden kann [17]. Letztlich wird das sonographische Bild regionärer LK neben der Lokalisation auch durch Patientenfaktoren (z. B. Alter) bestimmt und kann erheblich variieren. Die Ultraschalldiagnostik regionärer LK bedarf daher einiger Erfahrung des Untersuchers. Unklare Befunde sollten kurzfristig kontrolliert oder durch Punktion zytologisch bzw. histologisch gesichert werden [14].

► **Merke**

- Periphere Lymphknoten zeigen im Sonogramm einen bizonalen Aufbau.
- Unklare Befunde sollten kurzfristig kontrolliert und/oder durch Punktion/Exzision zytologisch bzw. histologisch gesichert werden.

Mit modernen Ultraschallsystemen lassen sich Veränderungen bereits ab 2 mm sehr zuverlässig darstellen. Entscheidend für die **Reproduzierbarkeit** von LK-Befunden sind die exakte anatomische Lagebeziehung und die Vermessung. Die Größe des LK wird in 3 Durchmessern angegeben, die senkrecht zueinander stehen (Längs-, Quer- und Tiefen- bzw. Kurzachsendurchmesser). Neben

den Größenangaben sind definierte Kriterien des B-Bilds und des Dopplerbilds zur sonographischen Diagnostik etabliert worden, die eine Differenzierung zwischen Normalbefund und pathologischen Befunden ermöglichen, wobei keine malignitätsspezifischen Einzelmerkmale existieren [3]. Lymphknoten weisen im Sonogramm üblicherweise eine **längsovale Form** auf (**Abb. 4**). Normale Lymphknoten können im Leistenbereich maximale Durchmesser von 3–4 cm erreichen. Entzündliche Stimuli führen zu einer Verbreiterung der **Kortexregion**, woraus eine Verlagerung des Verhältnisses der Parenchyembreite zuungunsten des zentralen Binnenechos resultiert. Dies ist aber verschmälert gut darstellbar. Die **maligne Infiltration** eines LK erfolgt v. a. über die Vasa lymphatica afferentia, sodass das metastatische Wachstum zumeist in den Randsinus des Kortex beginnt. Auch das führt zu einer mehr rundlichen Form der LK. Mitunter ist die Verdrängung oder die Infiltration des echoreichen Hilus so stark, dass der komplette LK echoarm bis echoleer erscheint. Damit ist eine Differenzierung zwischen akut inflammierten und metastatischen LK allein anhand des B-Bildes nicht mehr möglich. Durch die **Formveränderung** der LK ändert sich auch der Quotient aus Längs- und Tiefendurchmesser (Solbiati-Index) [18]. Indizes kleiner als 2 werden allgemein als Malignitätskriterium angesehen. Die Sensitivität des Index im Frühstadium einer malignen Infiltration ist nicht hoch, sodass häufig falsch-negative Ergebnisse resultieren und damit die alleinige Bestimmung keine zuverlässige Diskriminierung zwischen benignen und malignen erlaubt.

► **Merke**

Die Bestimmung des Solbiati-Index erlaubt keine zuverlässige Diskriminierung zwischen benignen und malignen Lymphknoten.

Lymphknotenmakrometastasen (LKM) des malignen Melanoms stellen sich im B-Bild zumeist als gut abgrenzbare, rundoval bis kugelige, sehr echoarme bis echoleere Strukturen dar (**Abb. 5a**). Lymphknotenmakrometastasen anderer Tumoren (z. B. kutane Plattenepithel-, Merkel-Zell-, oder Mammakarzinome) sind sonographisch nicht zuverlässig zu unterscheiden (**Abb. 5b**), auch wenn sie etwas echoreicher dargestellt werden [3]. Die **Bestrahlung** von LKM kann ebenfalls zu einer stärkeren Echogenität führen.

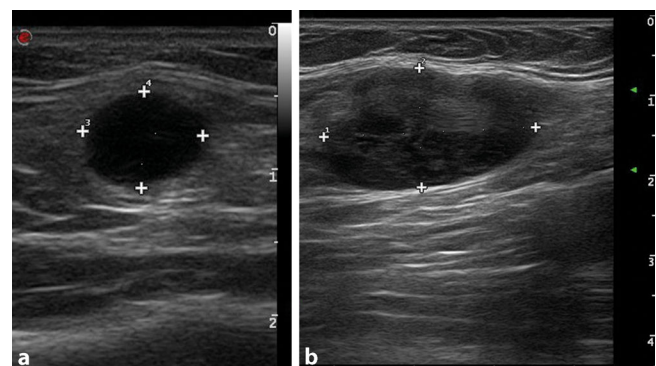


Abb. 5 ▲ Lymphknotenmetastasen kutaner Malignome. **a** Malignes Melanom. Nahezu echofreier Rundherd, dorsale Schallverstärkung. **b** Kutanes Plattenepithelkarzinom. Echoarmer Herd, inhomogene Binnenechos, dorsale Schallverstärkung

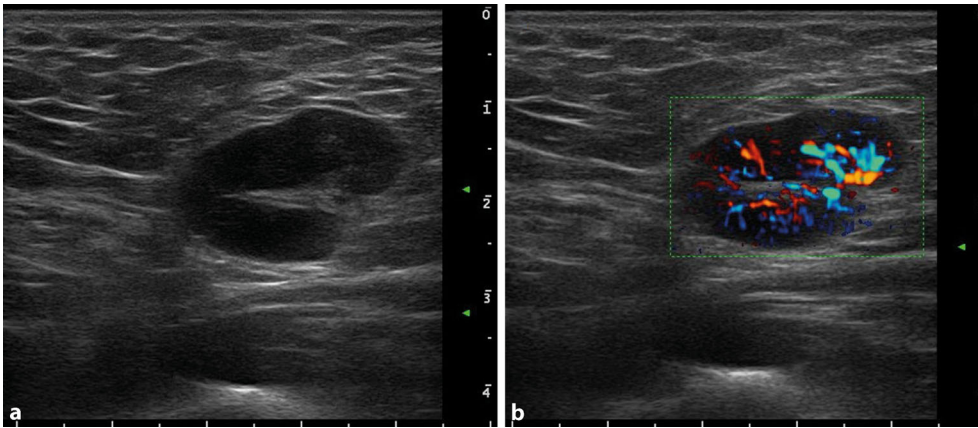


Abb. 6 ◀ Akut inflammierter inguinaler Lymphknoten bei ausgeprägtem Herpes genitalis. **a** B-Bild: stark verbreiteter, echoarmer Kortex und schmaler Hilus. **b** Farbkodierte Duplexsonographie: zentrale Hyperperfusion und baumartige Verzweigung der Gefäße bis in die Peripherie („branching“)

Ausgesprochen schwierig ist die Beurteilung von LK bei kutanen bzw. nodalen Lymphomen. Es kommt zur Abrundung und zur erheblichen Verbreiterung des Kortex. Der echoreiche Hilus bleibt zumeist sehr schmal erhalten, zeigt aber oft bizarre Muster. Der Übergang vom reaktiven, dermpathischen LK zur malignen Infiltration bei kutanen Lymphomen ist fließend und lässt sich sonographisch nicht bestimmen.

► **Cave**

Es existieren keine malignitätsspezifischen Einzelmerkmale für Lymphknotenmetastasen.

Doppler-Bild

Durch den Einsatz der FKDS bzw. des Power-Doppler-Verfahrens lassen sich unabhängig von der B-Bild-Sonormorphologie in den meisten Fällen durch Darstellung des **Perfusionsmusters** wichtige diagnostische Zusatzinformationen gewinnen [19, 20, 21]. Für die optimale Bilddarstellung beim Einsatz der Dopplertechnik sollten zur Erfassung langsamer Blutflüsse eine niedrige PRF und ein niedriger Wandfilter eingestellt werden. Die Dopplerverstärkung wird erhöht, bis ein deutliches „Farbrauschen“ erscheint, und dann langsam reduziert, bis nur noch wenige Rauschpixel vorhanden sind. Insbesondere ist es wichtig, mit dem Schallkopf möglichst keinen Druck auszuüben, da die Perfusion bei LK in der Leiste unterdrückt werden kann.

Physiologisch lässt sich in den meisten LK eine **zentrale Perfusion**, die sich oft in die Peripherie verzweigt, darstellen. Entzündliche Prozesse oder auch maligne Lymphome führen häufig zur Akzentuierung der Durchblutung (**Abb. 6**). Bei malignen Lymphomen zeigt sich insbesondere eine akzentuierte baumartige Verzweigung der Durchblutung („branching“), oft gepaart mit **randständiger Perfusion**. Die maligne Infiltration des LK dagegen führt durch Verdrängung zu asymmetrischen bis chaotischen Perfusionsmustern kombiniert mit einer Zunahme der Durchblutung aufgrund der Neoangiogenese, beginnend in der LK-Peripherie. Bei relativ normaler B-Bild-Morphologie kann eine periphere Perfusion ein erstes Zeichen einer malignen Infiltration sein, was insbesondere bei Untersuchungen des Schilddrüsen-LK nachgewiesen werden konnte (**Abb. 7**; [22, 23, 24]). Die periphere Perfusion, der Verlust des zentralen Echos und eine Ballonform sind als frühe Kriterien (**Berlin-Kriterien**) einer malignen Infiltration bei LK maligner

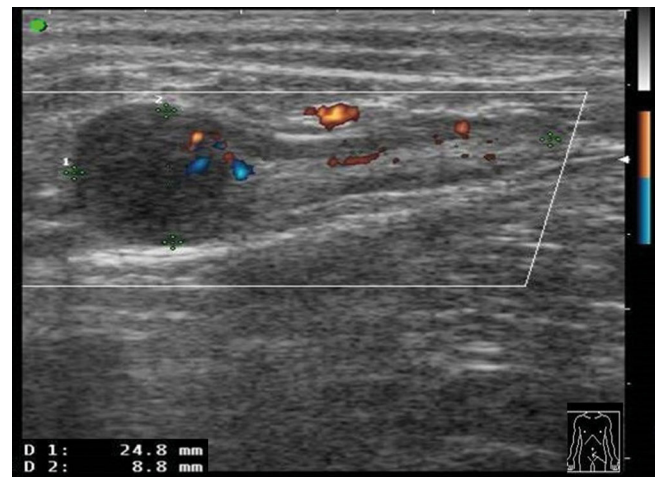


Abb. 7 ▲ Sonogramm der linken Leiste eines Patienten vor einer Schilddrüsenlymphknoten-dissektion. Längsovaler, bizonal aufgebauter Lymphknoten, Solbiati-Index 2,8. Medial echoarmer Anteil mit dorsaler Schallverstärkung und peripherer Perfusion als Zeichen der frühen malignen Infiltration. Histologisch Nachweis einer Mikrometastase im Schilddrüsenlymphknoten

Melanome von Voit et al. definiert und evaluiert worden (**Abb. 8**; [25]).

Die Bestimmung strömungsabhängiger Indizes wie der Widerstands- oder der Pulsatilitätsindex ist aufwendig, ausgesprochen artefaktanfällig, erlaubt keine sichere Dignitätsbeurteilung und kann somit für den Routineeinsatz nicht empfohlen werden [20].

► **Merke**

- Die Darstellung des Perfusionsmusters von LK sollte, wenn möglich, mithilfe der Farb- und Power-Doppler-Verfahren erfolgen.
- Eine periphere Perfusion gilt als frühes Zeichen einer malignen Infiltration.

► **Cave**

- Doppler-Indizes wie der Widerstands- und/oder Pulsatilitätsindex lassen keine eindeutige Zuordnung zu benigne oder maligne zu; keine Bestimmung im Routineeinsatz.

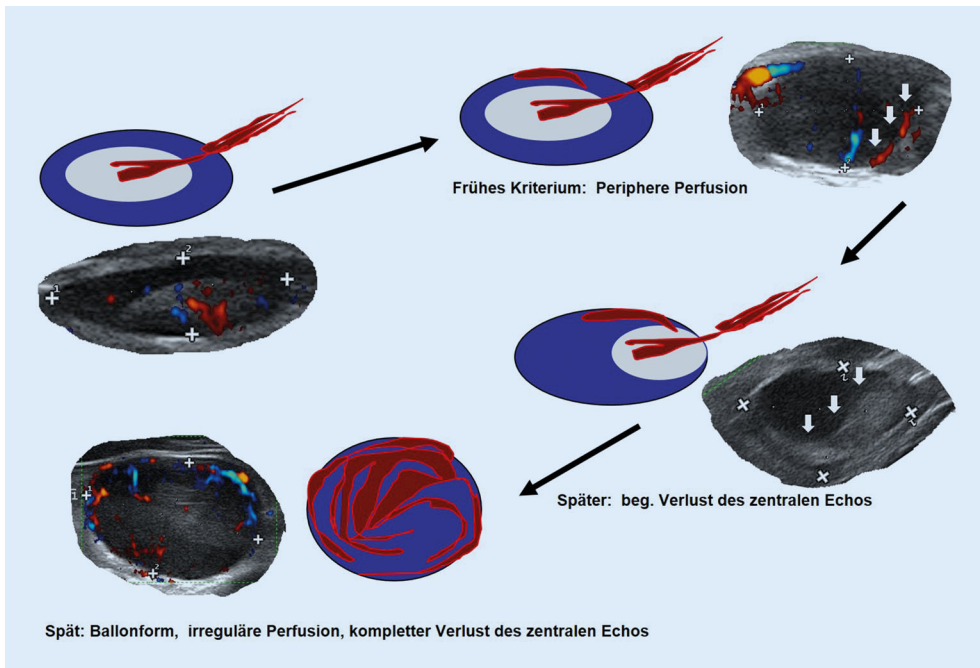


Abb. 8 ◀ „Sonometamorphose“ vom reaktiven Lymphknoten zur Metastase beim malignen Melanom

Differenzialdiagnosen weiterer kutaner und subkutaner Raumforderungen

Aufgrund ihres sehr heterogenen, meist aber reproduzierbaren Echoverhaltens lassen sich subkutane Veränderungen verschiedener Genese gut voneinander diskriminieren [26, 27]. Wenn trotz der Darstellbarkeit im Ultraschallbild eine diagnostische Zuordnung nicht gelingt, können diese Veränderungen ultraschallgestützt punktiert und das gewonnene Material einer zytologischen oder histologischen Diagnostik zugeführt werden [14, 28].

Mit den zur Verfügung stehenden **hochfrequenten Linear-schallköpfen** besteht auch mit konventionellen Ultraschallgeräten die Möglichkeit, präoperativ die Dicke von Primärtumoren zuverlässig zu bestimmen [29]. Insbesondere für maligne Melanome existiert eine stabile Datenlage, die sowohl für die hochfrequente als auch v. a. für die ultrahochfrequente Sonographie eine hohe Korrelation zwischen sonographisch und histographisch ermittelter **Tumordicke** zeigt [29]. So kann die Entscheidung für oder gegen eine Schildwächterlymphknotenexstirpation oder die Bestimmung des einzuhaltenden Sicherheitsabstands bei der Exzision des Primärtumors durch die präoperative sonographische Diagnostik erleichtert werden. Sie ersetzt aber nicht die histopathologische Untersuchung. Im Zweifelsfall können weitreichende Entscheidungen (z. B. Schildwächterlymphknotenexstirpation) nur nach vollständiger histologischer Untersuchung getroffen werden. Für die Darstellung kutaner Tumoren sollte, aufgrund der schlechteren Auflösung im Nahbereich des Schallkopfes, eine Vorlaufstrecke verwendet werden. Vorlaufstrecken schaffen eine Distanz zwischen Hautoberfläche und Schallkopf und ermöglichen eine bessere Fokussierung bei der Darstellung schallkopfnaher Veränderungen. Hierzu eignen sich am besten **Gelvorlaufstrecken**, die eine luftblasenfreie Ankopplung des Schalls an die Hautoberfläche ermöglichen.

Kutane Tumoren zeigen differente Muster sowohl im B-Bild als auch in der Dopplersonographie. Eine zuverlässige Differenzialdiagnostik allein anhand des Ultraschallbildes ist jedoch nicht möglich. Fast alle malignen Tumoren stellen sich im B-Bild mit echoarmen bis echoleeren Binnenmustern dar. Je mehr **Tumorstroma** vorhanden ist, das als akustische Grenzfläche fungiert, desto echoreicher imponiert ein Tumor. Auch Keratinisierungen bedingen Echoreichtum im Sonogramm. Bei **Hyperkeratosen** kann es zu einer fast kompletten Schallreflexion kommen, sodass unterhalb einer solchen Läsion ein **Schallschatten** entsteht und somit Bildinformationen aus der Tiefe nicht mehr zur Verfügung stehen. Dies findet sich vermehrt bei **kutanen Plattenepithelkarzinomen**. Demgegenüber kann das kräftige Eingangsecho bei Erosion oder Ulzeration eines Tumors abgeschwächt oder aufgehoben sein.

Maligne Melanome und auch **Merkel-Zell-Karzinome** imponieren als spindelförmige bis ovalär-kugelige sehr echoarme Raumforderungen. **Basalzellkarzinome** (BCC) stellen sich als echoarme

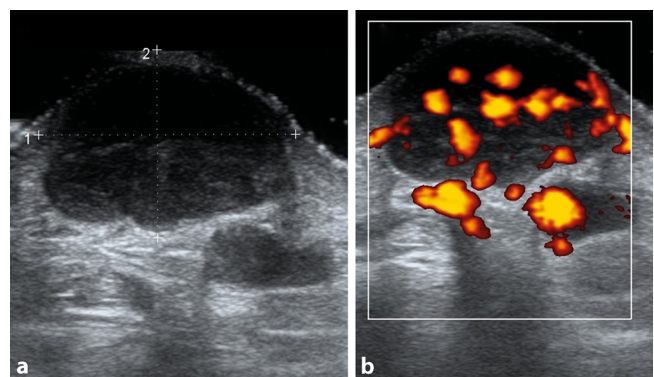


Abb. 9 ▲ Merkel-Zell-Karzinom am Unterarm. **a** Echoarmer Tumor mit schwachen Binnenechos. **b** In der farbkodierten Duplexsonographie Hyperperfusion im gesamten Tumor

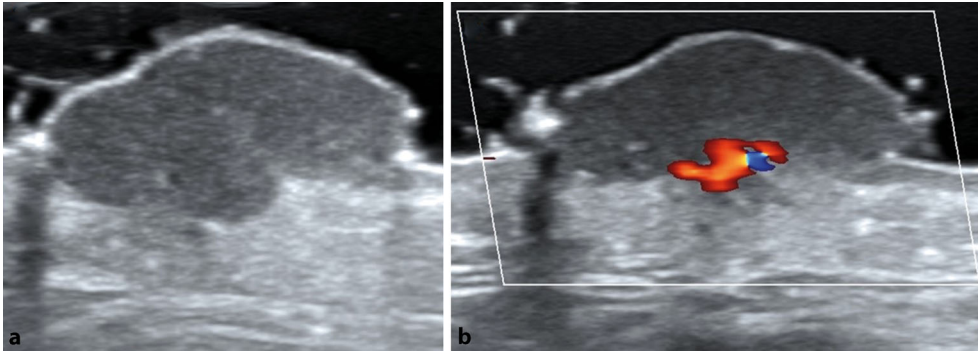


Abb. 10 ◀ Basalzellkarzinom an der Wange. **a** Echoarmer Tumor mit echoreichen Spots. **b** In der farbkodierten Duplexsonographie typische Perfusion an der Basis

Läsionen mit **echoreichen Spots** dar. In der FKDS zeigen Melanome und Merkel-Zell-Karzinome oft eine **Hyperperfusion** in der Läsion, während BCC zumeist eine Perfusion am Grund der Läsion aufweisen (**Abb. 9 und 10**; [30]).

Lipome stellen häufige Befunde dar, die palpatorisch in Abgrenzung zu subkutanen Metastasen durchaus differenzialdiagnostisch Probleme bereiten können. Sie imponieren sonographisch oval bis kugelig und kommen zumeist mäßig echoreich zur Darstellung. Nicht selten sind sie jedoch echoidentisch zum umgebenden subkutanen Gewebe, sodass die Abgrenzung schwierig sein kann. Eine subkutane Metastasierung lässt sich jedoch dann sehr sicher ausschließen, zumal in der FKDS fast nie Flusssignale detektiert werden können (**Abb. 11**).

Als weitere echoarme Befunde finden sich bei operierten Patienten nicht selten **Serome**. Diese stellen sich zunächst echofrei mit ausgeprägter dorsaler Schallverstärkung dar. Sie lassen sich durch leichten Druck des Transducers komprimieren. Mit zunehmender Alterung des Seroms entwickeln sich **echoreiche Septen**, die durch Transducer-Druck zum Flottieren gebracht werden können. Erst später erfolgt die zunehmende echoreiche Umorganisation des älteren Seroms. Ultraschallgesteuerte Punktionen sind bei echoarmen, frischen Seromen sinnvoll, bei den zunehmenden echoreichen Seromen oft nicht mehr von Erfolg gekrönt. Der Einsatz der FKDS ermöglicht die Diagnostik früher Rezidive bei Patienten mit Zustand nach radikaler Lymphadenektomie bei ausgedehnter Metastasierung (**Abb. 12**).

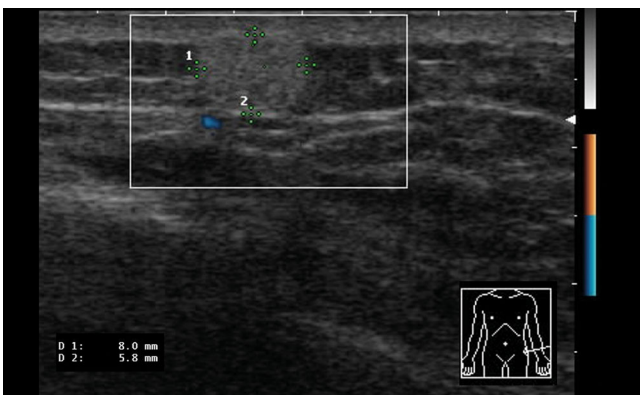


Abb. 11 ▲ Lipom in der linken Flanke. Homogen echoreicher Rundherd ohne Perfusion in der farbkodierten Duplexsonographie

Zysten, als flüssigkeitsgefüllte Hohlräume, zeichnen sich sonographisch v. a. durch scharfe Abgrenzbarkeit, runde bis ovale Formen, Echoarmut bis Echofreiheit sowie dorsale Schallanhebung und sog. Zystenrandschatten aus.

Während unkomplizierte Zysten echofrei imponieren, weisen komplizierte Zysten, je nach Inhomogenität des Inhaltes, Binneechos unterschiedlicher Intensität auf. Die zystentypische dorsale Schallanhebung kann vermindert sein. Solche Befunde findet man z. B. bei Epidermalzysten (**Abb. 13**), Hämatomen, bei sich organisierenden Seromen und Hämatomen, bei Abszessen oder einschmelzenden und nekrotisch zerfallenden Tumoren oder Lymphknoten.

Das sonographische Bild kutaner und subkutaner Hämangiome kann in Abhängigkeit vom **Vaskularisierungsgrad** erheblich variieren. In der Proliferationsphase stellen sie sich eher echoarm dar und weisen eine verstärkte Perfusion auf. Dementsprechend finden sich in der Regressions- und Involutionsphase aufgrund des vermehrten Vorhandenseins akustischer Grenzflächen eher echoreichere Befunde und eine reduzierte Perfusion in der FKDS.

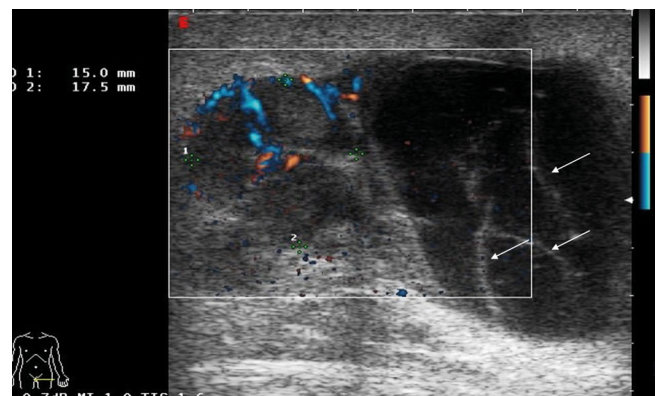


Abb. 12 ▲ Ultraschallbefund der linken Leiste eines Patienten 14 Tage nach radikaler Lymphknotendisektion wegen Konglomeratmetastasen eines malignen Melanoms. Lateral typischer Befund für ein Serom. Echoarme Raumforderung mit ausgeprägter dorsaler Schallverstärkung und echoreichen Septen (*weiße Pfeile*). Medial ebenfalls echoarmer Befund jedoch mit deutlicher Perfusion in der farbkodierten Duplexsonographie als Zeichen des beginnenden Metastasenrezidivs

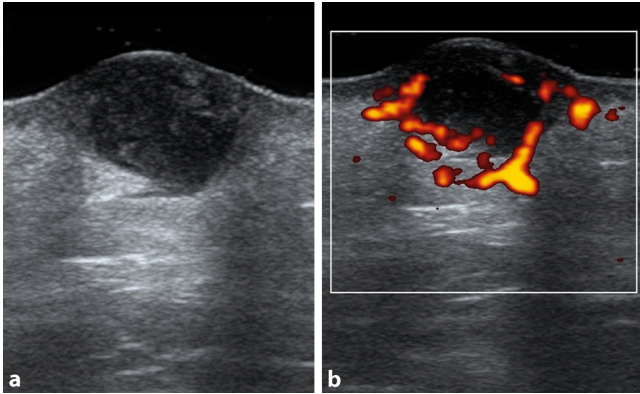


Abb. 13 ▲ Entzündete Epidermalzyste an der rechten Wange eines Patienten. **a** Durch entzündliche Infiltration unscharf abgegrenzter Herdbefund mit inhomogenen Binnenechos und zystentypischer dorsaler Schallverstärkung. **b** In der Powerdopplersonographie randständige bzw. periläsionäre akzentuierte Perfusion als Zeichen der verstärkten Durchblutung aufgrund der Umgebungsentzündung

Neue Entwicklungen

Aufgrund fehlender evidenzbasierter Leitlinien für die Ultraschall-diagnostik in der Dermatologie hat der Lenkungsausschuss der Europäische Föderation der Gesellschaften für Ultraschall in der Medizin und Biologie (EFSUMB) eine Stellungnahme mit 24 konsentierten Positionsaussagen erarbeitet, die die Anwendungsmöglichkeiten bei dermatologischen Krankheitsbildern betrachtet und die Qualität der sonographischen Diagnostik erhöhen soll [31]. Diese Dokument soll die Grundlage für zukünftige **evidenzbasierte Empfehlungen** und Leitlinien für die Praxis des dermatologischen Ultraschalls bilden.

Außerdem wird, wie aktuell in vielen Bereichen der Medizin, versucht, **künstliche Intelligenz** einzusetzen, um Sonogramme objektiver auswerten zu können und unter Einbeziehung der Bildinformationen aus dem B-Bild und den Perfusionsmustern der FKDS eine zuverlässigere Unterscheidung zwischen benigne und maligne treffen zu können [32].

Fazit für die Praxis

- Der breiteste Einsatz der Sonographie erfolgt in der Dermatoonkologie bei der Primärdiagnostik und der Nachsorge kutaner Tumoren. Durch die Kombination aus B-Bild und Dopplersignal lassen sich neben morphologischen Informationen Aussagen über den Funktionszustand von Geweben (Perfusion) gewinnen.
- Obwohl keine malignitätsspezifischen Einzelmerkmale für Lymphknotenmetastasen existieren, kann anhand von wiederkehrenden Mustern, wie der peripheren Perfusion, des Verlustes des zentralen Echos oder der Ballonform von Lymphknoten, eine frühzeitige Metastasierung diagnostiziert werden.
- Zur Beurteilung peripherer Lymphknoten stellt die hochfrequente Sonographie die bildgebende Methode der Wahl dar und ist CT und MRT überlegen.
- Mit der Kenntnis des Echoverhaltens von Strukturen der Haut, ihrer Anhangsgebilde und pathologischer Prozesse erlaubt die Sonographie neben der exakten anatomischen Zuordnung die differenzialdi-

agnostische Eingrenzung palpabler und auch nichtpalpabler Raumforderungen.

Korrespondenzadresse

Prof. Dr. med. Jens Ulrich

Klinik für Dermatologie und Allergologie, Hautkrebszentrum Harz, Harzklinikum Dorothea Christiane Erxleben
Ditfurter Weg 24, 06484 Quedlinburg, Deutschland
jens.ulrich@harzklinikum.com

Einhaltung ethischer Richtlinien

Interessenkonflikt. Gemäß den Richtlinien des Springer Medizin Verlags werden Autoren und Wissenschaftliche Leitung im Rahmen der Manuskripterstellung und Manuskriptfreigabe aufgefordert, eine vollständige Erklärung zu ihren finanziellen und nichtfinanziellen Interessen abzugeben.

Autoren. **J. Ulrich:** A. Finanzielle Interessen: Referentenhonorare bei DEGUM-Ultraschallkursen. – B. Nichtfinanzielle Interessen: angestellter Dermatologe, Klinik für Dermatologie und Allergologie, Harzklinikum Dorothea Christiane Erxleben. **J. Maschke:** A. Finanzielle Interessen: Referentenhonorare bei DEGUM-Ultraschallkursen. – B. Nichtfinanzielle Interessen: niedergelassener Dermatologe, Köln-Rodenkirchen | Mitgliedschaft: Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin, Sektion Dermatologie. **A. Winkelmann:** A. Finanzielle Interessen: A. Winkelmann gibt an, dass kein finanzieller Interessenkonflikt besteht. – B. Nichtfinanzielle Interessen: niedergelassener Hautarzt, Dr. Axel Winkelmann, Praxis im Engpass, Schönebecker Str. 25, 39104 Magdeburg | Mitgliedschaft: Deutsche Dermatologische Gesellschaft. **M. Schwürzer-Voit:** A. Finanzielle Interessen: Sonographiekurs Haut- und Lymphknoten – Klinikum Quedlinburg – Honorar und Reisekosten, Referent Practica – Deutscher Hausärzteverband – Honorar und Reisekosten, Bayerischer Hausärzteverband – Honorar und Reisekosten, Almirall Hermal – Honorar und Reisekosten, Pfizer – Reisekosten, Leo – Reisekosten, ALK – Reisekosten, Novartis – Honorar und Reisekosten. – B. Nichtfinanzielle Interessen: niedergelassener Dermatologe in eigener Einzelpraxis in 93155 Hemau, Stadtplatz 3 | Bezirksvorsitzender BVDD (Dermatologen) Oberpfalz, Kassensprecher BVDD, DEGUM-Seminarleiter für Sonographie Haut und Lymphknoten, ehrenamtlicher Richter am Sozialgericht München Kassenarztkammer | Mitgliedschaft: Deutsche Dermatologische Gesellschaft. **K.-V. Jenderka:** A. Finanzielle Interessen: Geschäftsanteile an der Fa. GAMPT mbH, Merseburg. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Professur Physik, Sensor- und Ultraschalltechnik an der Hochschule Merseburg, | Mitgliedschaften: DEGUM (Wissenschaftsbeirat), EFSUMB Safety Committee, DGBMT, DPG, VDI, IEEE.

Wissenschaftliche Leitung. Die vollständige Erklärung zum Interessenkonflikt der Wissenschaftlichen Leitung finden Sie am Kurs der zertifizierten Fortbildung auf www.springermedizin.de/cme.

Der Verlag erklärt, dass für die Publikation dieser CME-Fortbildung keine Sponsorengelder an den Verlag fließen.

Für diesen Beitrag wurden von den Autoren keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

Literatur

1. Hoffmann K, Dirting K, Stücker M et al (1994) Geschichte der hochfrequenten Sonographie. *Ultraschall Med* 15:192–197
2. www.kbv.de/media/sp/Ultraschallvereinbarung.pdf
3. Ulrich J, Schwürzer-Voit M, Jenderka KV et al (2014) Sonographische Diagnostik in der Dermatologie. *J Dtsch Dermatol Ges* 12:1083–1100
4. Hoskins P, Martin K, Thrush A (2010) *Diagnostic ultrasound—physics and equipment*, 2. Aufl. Cambridge University Press, Cambridge
5. Jenderka KV (2013) Ausbreitung von Ultraschall im Gewebe und Verfahren der Ultraschallbildgebung. *Radiologe* 53:1137–1150

6. Jenderka KV, Delorme S (2015) Verfahren der Dopplersonographie. *Radiologe* 55:593–610. <https://doi.org/10.1007/s00117-015-2869-x>
7. https://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/032-0240LI_S3_Melanom-Diagnostik-Therapie-Nachsorge_2020-08.pdf. Zugegriffen: 3. März 2022
8. Leiter U, Stadler R, Mauch C et al (2019) Final analysis of DeCOG-SLT trial: No survival benefit for complete lymph node dissection in patients with melanoma with positive sentinel node. *J Clin Oncol* 37:3000–3008
9. Kummerow Broman K, Hughes T, Dossett L (2021) Active surveillance of patients who have sentinel node positive melanoma: An international, multi-institution evaluation of adoption and early outcomes after the Multicenter Selective Lymphadenectomy Trial II (MSLT-2). *Cancer* 127:2251–2261
10. Bafouta ML, Beauchet A, Chagnon S et al (2004) Ultrasonography or palpation for detection of melanoma nodal invasion: a meta-analysis. *Lancet Oncol* 5:673–680
11. Xing Y, Bronstein Y, Ross MI et al (2011) Contemporary diagnostic imaging modalities for the staging and surveillance of melanoma patients: a meta-analysis. *J Natl Cancer Inst* 103:129–142
12. Stahlie EHA, van der Hiel B, Bruining A (2021) The value of lymph node ultrasound and whole body 18 F-FDG PET/CT in stage IIB/C melanoma patients prior to SLNB. *Eur J Surg Oncol* 47:1157–1162
13. Kummerow Broman K, Bettampadi D, Pérez-Morales J et al (2021) Surveillance of sentinel node-positive melanoma patients who receive adjuvant therapy without undergoing completion lymph node dissection. *Ann Surg Oncol* 28:6978–6985
14. Voit C, van Akkooi ACJ, Eggermont AMM et al (2011) Fine needle aspiration cytology of palpable and nonpalpable lymph nodes to detect metastatic melanoma. *J Natl Cancer Inst* 103:1771–1777
15. Hoffmann K, Hölzle E, Dill-Müller D et al (2001) Leitlinien zur Qualitätssicherung der Sonographie in der Dermatologie. *Hautarzt* 52:304–311
16. Blum A, Dill-Müller D (1999) Sonographie der Lymphknoten und der Subkutis in der Dermatologie, Teil 2. *Hautarzt* 50:62–73
17. Rettenbacher T (2010) Sonografie der peripheren Lymphknoten Teil 1: Normalbefunde und B-Bild-Kriterien. *Ultraschall Med* 31:344–362
18. Solbiati L, Rizzatto G, Belotti E et al (1993) High-resolution sonography of cervical lymph nodes in head and neck cancer: criteria for differentiation of reactive versus malignant nodes. In: *Proceedings of the 74th Meeting of the Radiologic Society of North America*. Chicago; 1988, S 113
19. Blum A, Dill-Müller D (1998) Sonographie der Lymphknoten und der Subkutis in der Dermatologie, Teil 1. *Hautarzt* 49:942–949
20. Rettenbacher T (2014) Sonografie der peripheren Lymphknoten Teil 2: Doppler-Kriterien und typische Befunde bestimmter Entitäten. *Ultraschall Med* 35:10–32
21. Dill-Müller D, Maschke J (2007) Ultraschalldiagnostik in der Dermatologie. *JDDG* 5:689–708
22. Voit C, van Akkooi AJC, Schäfer-Hesterberg G et al (2010) Ultrasound morphology criteria predict metastatic disease of the sentinel nodes in patients with melanoma. *J Clin Oncol* 28:847–852
23. Ulrich J, van Akkooi AJC, Eggermont AMM, Voit CA (2011) New developments in melanoma: utility of ultrasound imaging in initial staging, follow-up, as well as in the pre-SLNB situation of cutaneous primary melanoma. *Expert Rev Anticancer Ther* 11:1693–1700
24. Ulrich J, van Akkooi ACJ, Eggermont AMM, Voit CA (2015) Sonografische Kriterien zur Diagnostik von Metastasen im Sentinel-Lymphknoten bei Patienten mit malignem Melanom. *Ultraschall Med* 36:149–153
25. Voit CA, van Akkooi ACJ, Catalano O, Eggermont AMM (2017) Pre-SN ultrasound-FNAC can be sensitive for lymph node metastases in melanoma patients if performed with the use of the Berlin criteria. *Ann Surg Oncol* 24(suppl 3):661–662
26. Ulrich J, Voit C (2001) Ultrasound in Dermatology. Part II. Ultrasound of regional lymph node basins and subcutaneous tumours. *Eur J Dermatol* 11:73–79
27. Wortsman X (2012) Common applications of dermatologic sonography. *J Ultrasound Med* 31:97–111
28. Voit C, van Akkooi ACJ, Schäfer-Hesterberg G et al (2009) Rotterdam criteria for sentinel node (SN) tumor burden and the accuracy of ultrasound (US) –guided fine-needle aspiration cytology (FNAC): can US-guided FNAC replace SN staging in patients with melanoma? *J Clin Oncol* 27:4994–5000
29. Belfiore MP, Reginelli A, Russo A et al (2021) Usefulness of high-frequency ultrasonography in the diagnosis of melanoma: mini review. *Front Oncol* 11:1–7
30. Levy J, Barrett DL, Harris N et al (2021) High-frequency ultrasound in clinical dermatology: a review. *Ultrasound J* 13:24
31. Alfageme F, Wortsman X, Catalano O et al (2021) European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology (EFSUMB) position statement on dermatologic ultrasound. *Ultraschall Med* 42:39–47
32. Laverde-Saad A, Jfri A, Salgüero I et al (2022) Discriminative deep learning based benignity/malignancy diagnosis of dermatologic ultrasound skin lesions with pretrained artificial intelligence architecture. *Skin Res Technol* 28:35–39
33. Jenderka KV (2022) Ultraschall. In: Michel MS, Thüroff JW, Janetschek G, Wirth MP (Hrsg) *Die Urologie*. Springer, Berlin, Heidelberg



Konventionelle Ultraschalldiagnostik in der Dermatologie

Zu den Kursen dieser Zeitschrift: Scannen Sie den QR-Code oder gehen Sie auf www.springermedizin.de/kurse-der-hautarzt

? Wie hoch ist die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Ultraschall im Weichgewebe?

- 1540 m/s
- 1540 cm/s
- 3000 m/s
- 250 m/s
- 10.000 m/s

? Welche Aussage trifft auf diagnostischen Ultraschall zu?

- Eine größere Wellenlänge bedingt eine höhere Auflösung.
- Frequenz und Wellenlänge verhalten sich direkt proportional.
- Die Bildauflösung wird generell von der Frequenz bestimmt.
- Die axiale Auflösung wird vom Durchmesser des Schallbündels bestimmt.
- Je höher die Frequenz, desto geringer die Dämpfung.

? Welche Flussparameter werden bei der Farbdopplersonographie farbkodiert dargestellt?

- Mittelwert der Geschwindigkeit und dessen Varianz.
- Differenz zwischen maximaler und minimaler Geschwindigkeit.
- Median der Geschwindigkeit.
- Volumenfluss.
- Vektor der Flussgeschwindigkeit.

? Wodurch zeichnen sich normale Lymphknoten im Ultraschall aus?

- Zervikale Lymphknoten zeigen bei Kindern einen dreischichtigen Aufbau.
- Der Solbiati-Index inguinaler Lymphknoten ist deutlich kleiner als 2.
- Der Kortex stellt sich echoarm bis echoleer dar.
- Der Hilus stellt sich echoarm dar.
- Normale inguinale Lymphknoten können Durchmesser von bis zu 5–6 cm erreichen.

? Welche Bedeutung kann eine periphere Perfusion im Lymphknoten haben?

- Sie ist diagnostisch ohne Bedeutung.
- Sie ist nur bei zervikalen Lymphknoten darstellbar.
- Sie ist regelmäßig bei reaktiven Lymphknoten zu finden.
- Sie kann ein frühes Zeichen einer malignen Infiltration des Lymphknotens sein.
- Sie ist bei physiologischen Lymphknoten regelmäßig zu finden.

? Wie stellt sich ein Serom im Ultraschall dar?

- Echoreich mit dorsaler Schallverstärkung.
- Echoarm bis echoleer mit dorsaler Schallverstärkung.
- Echoarm bis echoleer mit dorsaler Schallauslöschung.
- Echoreich mit dorsaler Schallauslöschung.
- In der Dopplersonographie zeigt sich eine periphere Perfusion.

? Was trifft für Lymphknotenmetastasen des Melanoms zu?

- Im Ultraschall zumeist rundovale echoarme Raumforderungen.
- Es findet sich keine Perfusion in der Doppelsonographie.
- Im Ultraschall zumeist rundovale echoreiche Raumforderungen.
- Im Ultraschall zumeist längsovale bizonale Raumforderungen.
- Sind bei 20 MHz im Ultraschall ab 5 mm Größe darstellbar.

? Wie stellen sich reaktive Lymphknoten im Ultraschall dar?

- Periphere Perfusion in der Doppelsonographie.
- Echoreicher Hilus und echoarmer Kortex.
- Echoarmer Hilus und echoreicher Kortex.
- Die Kortexregion ist deutlich verschmälert.
- Reaktive Lymphknoten sind aufgrund ihrer Echogenität selten darstellbar.

? Welche kutanen/subkutanen Strukturen stellen sich im Ultraschall echoreich dar?

- Maligne Melanome
- Serome
- Epidermalzysten
- Hämatome
- Lipome

Informationen zur zertifizierten Fortbildung

Diese Fortbildung wurde von der Ärztekammer Nordrhein für das „Fortbildungszertifikat der Ärztekammer“ gemäß § 5 ihrer Fortbildungsordnung mit **3 Punkten** (Kategorie D) anerkannt und ist damit auch für andere Ärztekammern anerkennungsfähig.

Anerkennung in Österreich: Für das Diplom-Fortbildungs-Programm (DFP) werden die von deutschen Landesärztekammern anerkannten Fortbildungspunkte aufgrund der Gleichwertigkeit im gleichen Umfang als DFP-Punkte anerkannt (§ 14, Abschnitt 1, Verordnung über ärztliche Fortbildung, Österreichische Ärztekammer (ÖÄK) 2013).

Hinweise zur Teilnahme:

- Die Teilnahme an dem zertifizierten Kurs ist nur online auf www.springermedizin.de/cme möglich.
- Der Teilnahmezeitraum beträgt 12 Monate. Den Teilnahmeschluss finden Sie online beim Kurs.
- Die Fragen und ihre zugehörigen Antwortmöglichkeiten werden online in zufälliger Reihenfolge zusammengestellt.

- Pro Frage ist jeweils nur eine Antwort zutreffend.
- Für eine erfolgreiche Teilnahme müssen 70% der Fragen richtig beantwortet werden.
- Teilnehmen können Abonnenten dieser Fachzeitschrift und e.Med- und e.Dent-Abonnenten.

? Was beschreibt der Solbiati-Index?

- Quotient aus Frequenz und Wellenlänge
- Quotient aus maximaler systolischer und diastolischer Flussgeschwindigkeit
- Quotient aus Längs- und Tiefendurchmesser eines Lymphknotens
- Quotient aus maximaler und mittlerer Flussgeschwindigkeit
- Quotient aus Schallausbreitungsgeschwindigkeit und Frequenz

Grundkurs

Sonographie der Haut und Subkutis (einschließlich subkutaner Lymphknoten)

Physikalische Grundlagen der Sonographie

In der sonographischen Diagnostik ist ausschließlich die Longitudinalwelle – die Längswelle – von Bedeutung, bei der Schwingungsrichtung und Ausbreitungsrichtung zusammenfallen. Die **Ausbreitungsgeschwindigkeit c** der Longitudinalwelle berechnet sich aus der Kompressibilität und der Dichte des Mediums (Abbildung 1) und ist eine charakteristische stoffspezifische Größe.

Abbildung 1: Definition wichtiger akustischer Parameter

Ausbreitungsgeschwindigkeit	$c := \frac{1}{\sqrt{\kappa \cdot \rho}}$
akustische Impedanz	$Z := c \cdot \rho$
Wellenlänge	$\lambda := \frac{c}{f}$
Signalabschwächung durch Absorption	$I := I_0 \cdot e^{-2 \cdot a \cdot x}$

- c Ausbreitungsgeschwindigkeit
- κ Kompressibilität
- ρ Dichte des Mediums
- Z Akustische Impedanz
- λ Wellenlänge
- f Frequenz (Schwingungen pro Sekunde)
- I Signalintensität
- s Wegstrecke
- a frequenzabhängige Absorption

Eine weitere stoffspezifische Größe ist die **akustische Impedanz Z** , d. h. der Widerstand, den die träge Masse jeglicher Zustandsänderung aus der Ruhelage entgegensetzt. Typische stoffspezifische Geschwindigkeiten und Impedanzen verschiedener Gewebe sind in Abbildung 2 zusammengefaßt.

Abbildung 2: Schallgeschwindigkeiten und Impedanzen verschiedener Gewebe, Flüssigkeiten und Gase. [aus: El Gammal et al. Akt Dermatol 21 (1995) 11-21]

Einheit	Schallgeschwindigkeit bei 1 MHz [m/s]	akustische Impedanz [10^6 N s/m ³]
Blut	1530	1,62
Fett	1450	1,38
Muskel	1545-1630	1,65-1,74
Knochen (kompakt)	3600	6,12
Wasser (20 °C)	1492	1,49
Luft	331	0,0043

Primäre Ultraschallphänomene

Reflexion und Transmission

Der Reflexion kommt in der klinischen Sonographie die größte Bedeutung zu. Solange sich eine Longitudinalwelle in einem homogenen Medium, wie zum Beispiel Wasser, ausbreitet, unterliegt sie lediglich den stoffspezifischen Absorptionseigenschaften des Mediums. Trifft sie jedoch auf ein anderes homogenes Medium, wird an der Grenzfläche zwischen beiden ein Teil der Energie reflektiert, während der Rest durch die Grenzfläche transmittiert wird (Abbildung 3). Der Reflexionswinkel α_1 hängt vom Auftreffwinkel auf die Grenzfläche ab, der Transmissionswinkel (Brechungswinkel) α_2 wird vom Verhältnis der Gewebsschallgeschwindigkeiten zueinander beeinflusst (Abbildung 4).

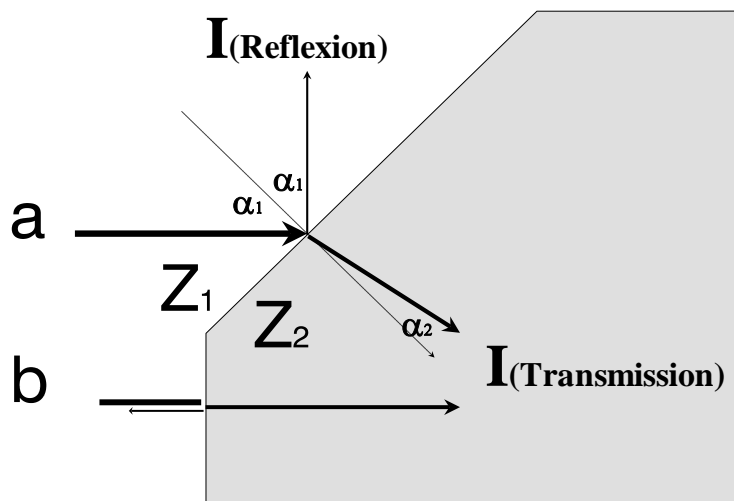


Abbildung 3: Reflexion und Transmission an Grenzflächen. (a) schräger und (b) senkrechter Einfall der Longitudinalwelle auf eine Grenzfläche. Abhängigkeit des reflektierten Wellenanteils

Abbildung 4: Formeln für den senkrechten und schrägen Einfall der Longitudinalwelle auf eine Grenzfläche.

	senkrechter Einfall	schräger Einfall
Brechungswinkel		$\frac{\sin \alpha_1}{\sin \alpha_2} = \frac{c_1}{c_2}$
Reflexionsfaktor	$R := \frac{Z_2 - Z_1}{Z_2 + Z_1}$	$R := \frac{Z_2 \cdot \cos \alpha_1 - Z_1 \cdot \cos \alpha_2}{Z_2 \cdot \cos \alpha_1 + Z_1 \cdot \cos \alpha_2}$
Transmissionsfaktor	$T := \sqrt{1 - R^2}$	$T := \frac{2 \cdot \sqrt{Z_1 \cdot Z_2 \cdot \cos \alpha_1 \cdot \cos \alpha_2}}{Z_2 \cdot \cos \alpha_1 + Z_1 \cdot \cos \alpha_2}$

Abbildung 5: Prozentualer Anteil der Energie, der bei senkrechtem Einfall der Longitudinalwelle auf verschiedene Grenzflächen **reflektiert** (') und **transmittiert** (*) wird.

Bei den Berechnungen wurden folgende Impedanzen zugrundegelegt: Wasser 1,49; Haut 1,90; Blut 1,51; Fettgewebe 1,38; Muskel 1,70; Knochen 6,12 und Luft 0,0043 [$\times 10^6 \text{ N s/m}^3$].

	Impedanz [10^6 N s/m^3]	Wasser	Haut	Blut	Fett	Muskel	Luft
Wasser	1,49	-	1,5%'	0,004%'	0,15%'	0,43%'	98,9%'
Haut	1,90	98,5%*	-	1,30%'	2,51%'	0,31%'	99,1%'
Blut	1,51	99,995%*	98,7%*	-	0,2%'	0,35%'	98,87%'
Fett	1,38	99,85%*	97,5%*	99,7%*	-	1,08%'	98,8%'
Muskel	1,70	99,57%*	99,7%*	94,4%*	98,92%*	-	99,0%'
Luft	0,0043	1,1%*	0,9%*	1,13%*	1,2%*	1,0%*	-

Für **Weichteilgewebe ist die Reflexion sehr klein und liegt im Promillebereich**, der Transmissionsfaktor hingegen groß. Das bedeutet, daß sich der überwiegende Teil der Energie im Gewebe ausbreitet und nur ein sehr geringer Teil an bestimmten Grenzflächen reflektiert wird. Deshalb können auch Signale aus tiefen Gewebsschichten empfangen werden.

Weitere wichtige Konsequenzen sind in der Publikation El Gammal et al. 2004 (siehe 5 – 1-8) zusammengefasst.

Streuung

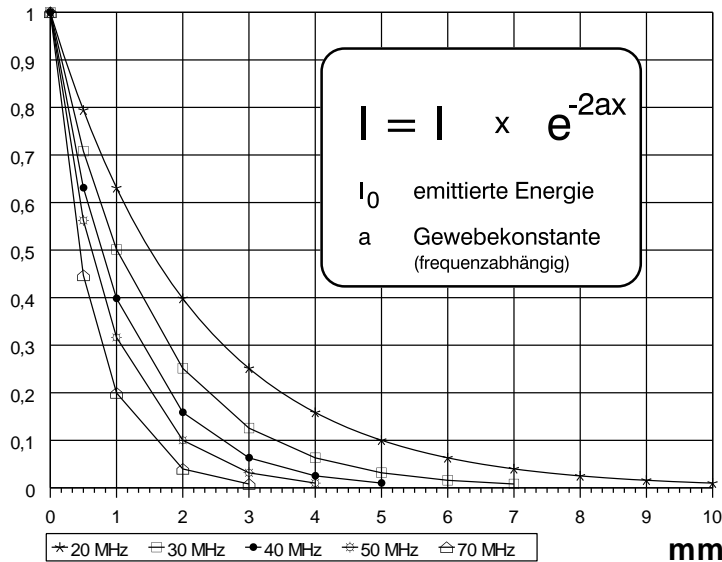
Biologisches Gewebe besitzt zahlreiche Grenzflächen, im Gegensatz zu homogenen Medien wie beispielsweise Wasser. Sind diese Grenzflächen wesentlich kleiner als die Schallwellenlänge λ , breitet sich die Schallwelle unbehindert im Gewebe aus. Dies ist z.B. der Grund dafür, daß die Ultraschallwelle nicht an einzelnen Zellen reflektiert wird. Bei Zellansammlungen, deren Größe im Bereich der Wellenlänge liegt und die gegenüber der Umgebung eine andere Impedanz besitzen, tritt eine sogenannte "ungerichtete" Reflexion auf. Diese nennt man Streuung. Streuung bewirkt, daß makroskopisch homogene Bezirke im Ultraschallbild eine granuläre Textur zeigen. In der Medizin wird hierfür der Begriff „Speckle“-Muster verwendet.

Absorption

Die Moleküle des Gewebes führen unter Einwirkung der Ultraschall-Longitudinalwelle periodische Schwingungen durch. Dadurch kommt es zur Reibung benachbarter Masseteilchen. Diese innere Reibung führt zur Umwandlung von Bewegungsenergie in Wärme, ein Prozess, der als Absorption bezeichnet wird. Die Absorption nimmt exponentiell zu, je höher die Ultraschallfrequenz.

Abbildung 6: Gewebsabsorption in Abhängigkeit von der Signalpenetration (in Millimeter) in homogenen Gewebe. Die Kurven wurden bis zu 0.01 (1%, -40 dB) der Ausgangsenergie I_0 (100%, 1.00) aufgetragen. Beachten Sie den starken Abfall der Kurve und die geringe Gewebseindringtiefe bei hohen Frequenzen.

[aus: El Gammal et al., Zbl Haut (1993) 162: 817-838]



Die Absorption ist die Hauptursache dafür, dass es nicht gelingt weiter entfernt im Gewebe liegende Strukturen mit hoher Auflösung darzustellen. Damit ergeben sich in der Dermatologie folgende Anwendungsbereiche:

Abbildung 7: Frequenzspektrum und Anwendungsbereiche der hochfrequenten Sonographie. Die Auflichtmikroskopie schließt die Lücke zwischen Makroskopie und Ultraschall.

[aus: El Gammal et al. Akt Dermatol 21 (1995) 11-21]

Frequenzspektrum	Anwendungsbereiche in der Medizin
5-15 MHz	Depotfett große Arterien und Venen subkutane Lymphknoten Muskulatur
15-25 MHz	Subkutis (Feinarchitektur) Arteriolen, Venolen Korium (Grobstruktur und Dickenmessung)
25-50 MHz	Korium (Feinarchitektur) Hautanhangsgebilde Epidermis
50-100 MHz	Epidermis (Feinarchitektur) Mukosa oberes Korium

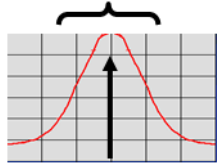
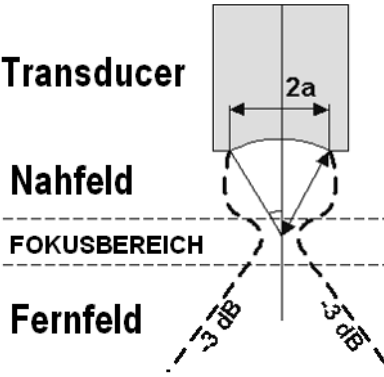
Auflösung

Die **axiale Auflösung** wird durch die Bandbreite des Ultraschallwandlers bestimmt.

Die **laterale Auflösung** wird durch die Schallkeule bestimmt. Man unterscheidet ein Nahfeld, Fokusbereich und ein Fernfeld. Nur im Fokusbereich werden Strukturen realitätsgetreu dargestellt.

Abbildung 8: axiale und laterale Auflösung. Die axiale Auflösung wird durch die Bandbreite des Transducers bestimmt, die laterale Auflösung durch die Transducergeometrie.

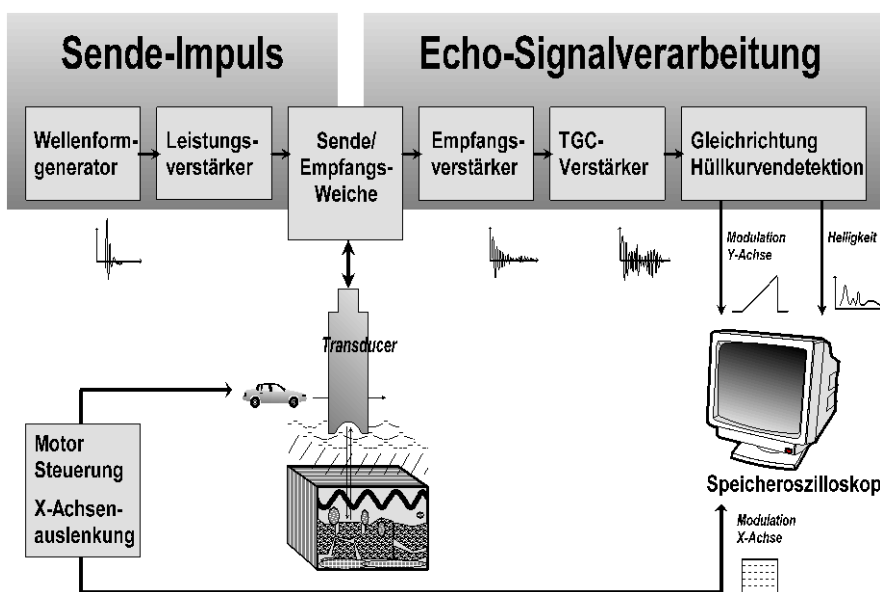
[aus: El Gammal et al: *Sonography of the Skin in health and Disease*. In: Wilhelm KP, Elsner P, Berardesca E, Maibach HI : *Bioengineering of the Skin. Skin Imaging and Analysis*. Informa Healthcare, New York London, 2007; pp 353 – 375 (aus dem Englischen übersetzt)]

Axiale Auflösung	Laterale Auflösung
$\frac{2 \times \ln(2) \times C \text{ [m/s]}}{\Pi \times \Delta f \text{ [MHz]}}$	Geometrie des fokussierten Transducer
<p>$C_{\text{Weichgewebe}} = 1540 \text{ m/s}$</p> <p>$\Delta f = \text{Bandbreite}$</p>  <p>Mittenfrequenz</p>	 <p>Transducer</p> <p>Nahfeld</p> <p>FOKUSBereich</p> <p>Fernfeld</p> <p>-3 dB</p> <p>-3 dB</p>

Grundkurs
Sonographie der Haut und Subkutis
(einschließlich subkutaner Lymphknoten)

Entstehung der Sonogramme

Abbildung 1: Schematische Erzeugung des Sende-Puls und Echo-Signalverarbeitung bei mechanischen Scannern (> 20 MHz). [aus: El Gammal et al. Akt Dermatol 21 (1995) 11-21]



Fokussierung

Bei elektronischen Scannern wird durch geschicktes Ansteuern benachbarter Transducerelemente eine Fokussierung zur Tiefe erreicht. Der eingestellte Fokusbereich wird in den Sonogrammen angezeigt und sollte – je nach Tiefe der interessierenden Struktur - angepasst werden.

Mechanische Scanner haben einen fest eingestellten Fokusbereich. Sie finden bei Frequenzen > 20 MHz Verwendung, da es technisch nicht möglich ist, Transducerelemente so dicht zu packen.

TGC-Verstärkung

Um die Signalabschwächung zur Tiefe zu kompensieren, werden Echosignale, die eine längere Laufzeit benötigen (und damit aus tieferen Gewebsschichten stammen) stärker nachverstärkt. Diesen Vorgang nennt man engl. time-gain-control (Nachverstärkung in Abhängigkeit von der Puls-Echo-Laufzeit). Bei vielen Ultraschallgeräten kann die TGC-Verstärkung tiefenabhängig mit Reglern eingestellt werden.

A-Scan, B-Scan, C-Scan, M-Scan

Um ein 2-dimensionales sonographisches Bild zu erhalten, müssen die Echos benachbarter Stellen Spalte für Spalte zu einem Bild zusammengefügt werden. Dies wird technisch in mehreren Schritten durchgeführt.

An jedem Messpunkt auf der Hautoberfläche wird die Oszillationskurve des einzelnen reflektierten Echosignals aufgenommen.

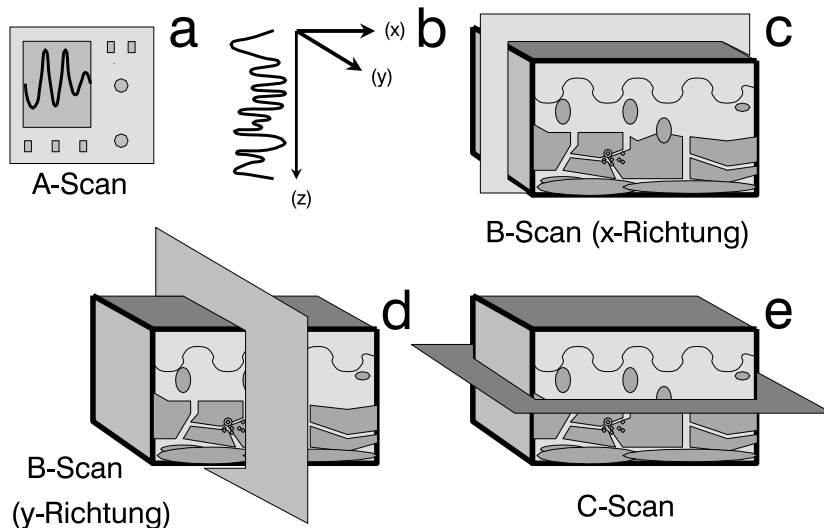
Anschließend wird die Oszillationskurve demoduliert, d.h. es wird die Hüllkurve bestimmt. Die Hüllkurve des Oszillationssignals wird als A-Scan (engl. Amplitude) bezeichnet (siehe Abbildung 1).

Zur Erzeugung eines zweidimensionalen Bildes wird der A-Scan helligkeitsmoduliert, d.h. je höher die Amplitude der Hüllkurve am Bildpunkt, desto heller stellt sich dieser Punkt im Bild dar (Abbildung 2). Durch Lateralbewegung des Ultraschallwandlers und Aneinanderreihung der helligkeitsmodulierten A-Scans entsteht schließlich ein B-Scan (engl. Brightness).

Beim M-Scan (engl. Motion) werden die Veränderungen am gleichen Messpunkt über die Zeit dargestellt (interessant bei schnellen Bewegungen, beispielsweise bei den Herzkammern).

Abbildung 2: A-, B- und C-scan. **(a)** Oszillationskurve eines einzelnen reflektierten Echosignals. **(b)** *Demodulation*: Die Amplitude der Hüllkurve des Oszillationssignals wird bestimmt. Hierdurch entsteht ein *A-scan* (engl. *amplitude*).

B-scan (engl. *brightness*): Durch Lateralbewegung des Ultraschallwandlers und Aneinanderreihung der einzelnen **helligkeitsmodulierten** A-scans entsteht ein zweidimensionaler Anschnitt der Haut in x-Achse **(c)** oder y-Achse **(d)**. **(e)** *C-scan* (engl. *computed*): Hautanschnitt parallel zur Hautoberfläche. [aus: El Gammal et al., *Zbl Haut* (1993) 162: 817-838]



Cine Loop Modus

Viele Ultraschallgeräte nehmen während der Untersuchung laufend Bilder auf, die anschließend in einem Film revue-passiert werden können. Nach Abschluß der eigentlichen Ultraschall-Untersuchung können aussagekräftige Bilder ausgewählt werden. Diese können dann noch beschriftet werden bevor sie archiviert werden.

Digitale Bildbearbeitung

Alle heute handelsüblichen B-Scan Ultraschallgeräte sind mit einer Bildverarbeitungssoftware und einem Archivierungssystem ausgerüstet. Damit wird es möglich auch zu einem späteren Zeitpunkt Messungen (Entfernungen, Flächen) in den Sonogrammen durchzuführen.

Pathologische Strukturen werden üblicherweise in 2 Ebenen dokumentiert und in 3 Achsen vermessen.

Grundkurs

Sonographie der Haut und Subkutis (einschließlich subkutaner Lymphknoten)

Beurteilung der Sonogramme

Die primären Ultraschallphänomene (Reflexion, Transmission, Streuung, Absorption) überlagern sich beim Aufbau sonographischer Bilder von Körpergeweben in sehr komplexer Weise. Eine exakte Zuordnung der Echoanteile in den Ultraschallbildern zu den verschiedenen **primären Ultraschallphänomenen** ist nicht möglich. Diese sind daher zur Bildbeschreibung in der klinischen Ultraschalldiagnostik nicht geeignet.

In den Sonogrammen finden sich aber charakteristische Merkmale wie Echotextur und Signalintensität von Strukturen, die einem erfahrenen Kliniker Informationen über normales und pathologisch verändertes Gewebe geben. Die wichtigsten Bildelemente, die in der klinischen Sonographie eine Rolle spielen sind:

- **Echoreichtum / Echoarmut** von Gewebe oder Grenzflächen
- **Scharfe / unscharfe Begrenzung:** Strukturen unterschiedlicher Echogenität können scharf voneinander abgesetzt sein oder unscharf ineinander übergehen.
- **Echotextur:** Die Größe, Dichte, Verteilung (homogen oder inhomogen, entlang eines Gradienten) und Intensität der Echoreflexe werden beurteilt.

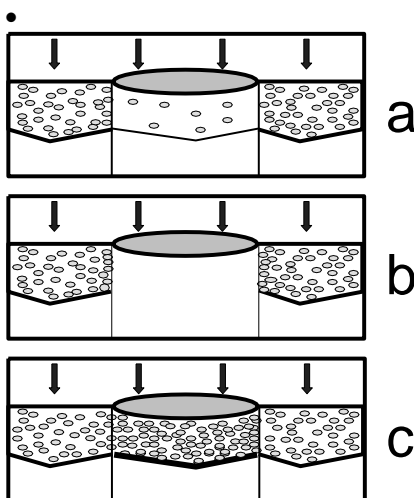


Abbildung 1: Sekundäre Ultraschall-Phänomene im Impuls-Echo-Mode hinter einer Struktur.

(a) Relative Schallabschwächung

(b) Dorsaler Schallschatten

(c) Relative Schallverstärkung

gegenüber dem lateral benachbarten Gewebe.

[aus: El Gammal et al., Zbl Haut (1993) 162: 817-838]

S. El Gammal: Beurteilung der Sonogramme „Haut und Subkutis“

- **Dorsale Schallabschwächung / dorsaler Schallschatten:** reflektieren oder streuen Strukturen das Ultraschallsignal sehr stark, können aus dahinterliegenden Bereichen entsprechend weniger Signale empfangen werden. Dorsale Schallschatten entstehen z.B. unter Hyperkeratosen oder Kalzifikationen.
- **Dorsale Schallverstärkung:** Typischerweise bei flüssigkeitsgefüllten Zysten.

Bei deskriptiven Begriffen wie "echoarme Region / echoreiche Region", "scharfe Begrenzung / unscharfe Begrenzung", "gleichmäßige Textur / ungleichmäßige Textur" handelt es sich stets um relative Größen, d.h. eine Struktur kann beispielsweise nicht absolut echoreich sein, sondern ist es immer nur in Relation zu ihrer Umgebung. Bei der Sonographie „Haut und Subkutis“ dient das Korium als Referenzgewebe.

Sonographische Artefakte

Im Ultraschallbild können verschiedene **Artefakte** auftreten, denen **keine anatomische Struktur zugrunde liegt**. Hier die wichtigsten Artefakte:

- Wiederholungsechos (Revertebrationen)
- Laufzeitartefakte, die bei Geweben mit stark unterschiedlicher Schallausbreitungsgeschwindigkeit zu einer dorsalen geometrischen Verzerrung führen (z.B. Vorbuckelung der Leber hinter den Rippenknorpeln)
- Schallschattenartefakte
- Abtropfphänomene (Zystenrandschatten)
- Bei der Sonographie „Haut und Subkutis“ extrem selten: Bogenartefakte und Spiegelartefakte (eine Kombination aus Bogenartefakten und Wiederholungsechos)

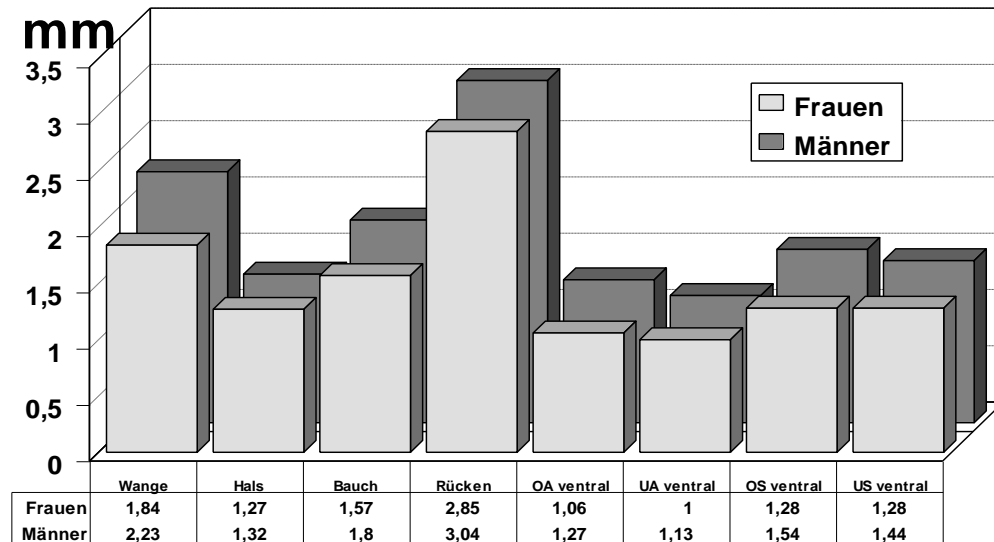
Charakteristisch für viele dieser Artefakte ist, daß durch Änderung des Schallwinkels der jeweilige Artefakt sich anders darstellt. Für weitere Hinweise siehe El Gammal et al 2004.

Sonographie der Kutis und Subkutis

- Korium: typische hellgraue granuläre (Speckles) Textur. Referenzgewebe.

Abbildung 3: Koriumdicke an unterschiedlichen Körperstellen bei Männer und Frauen (n=100). Männer haben im Allgemeinen ein dickeres Korium als Frauen.

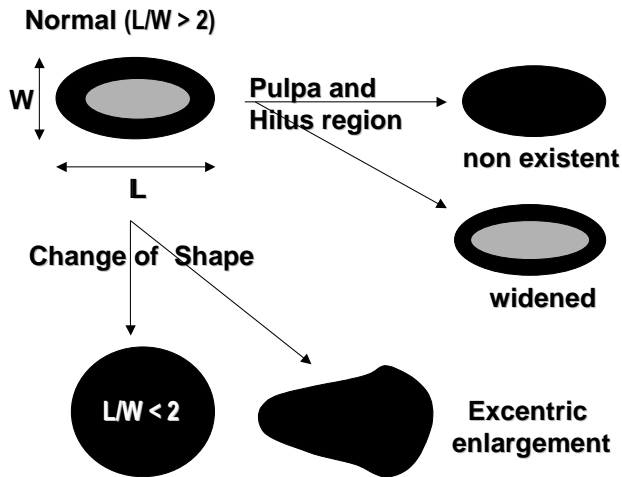
[aus: El Gammal et al., Zbl Haut (1993) 162: 817-838]



- subkutanes Fettgewebe bei niedrigen Frequenzen dunkelgrau. Bindegewebszüge, die das subkutane Fettgewebe durchziehen, stellen sich echoreicher dar.
- Blutgefäße: echoarme rundliche oder längliche Strukturen. Sind die Gefäße größer, ist ein Zystenrandschatten und eine dorsale Schallverstärkung erkennbar. Ist das Gefäß gut komprimierbar, ist es wahrscheinlich eine Vene. Arterien sind schwerer komprimierbar und können eine pulssynchrone Schwankung des Gefäßlumens aufweisen.
- Muskulatur: gefiederter Aspekt. Häufig durch eine echoreiche Faszie vom Fettgewebe abgegrenzt.
- Lipome: mittelgraue Strukturen im Fettgewebe
- Zysten: Scharf abgegrenzte rund bis ovaläre, echoarme bis echofreie Strukturen. Dorsale Schallanhebung und laterale Schallauslöschung aus. Sie sind zur Umgebung.
- Atherome: zystenartige Gebilde mit Binnenechos.
- Lymphknoten: bohnenförmige Strukturen mit zentralem echoreicherem Zentrum und halbmondförmiger echoarmer Kappe. Bei verschiedenen entzündlichen Stimuli, bei der Phagozytose von Zellfragmenten, Lipiden, oder Kontrastmitteln, beim intranodalen Wachstum von Tumorzellen oder bei einer Hyperplasie von Lymphfollikeln treten morphologische Veränderungen des Lymphknotens auf, die sonographisch beurteilt werden können [Blum und Dill-Müller 1998, 1999].

Abbildung 4: Lymphknotenveränderungen. Größer Längsdurchmesser (L=length) und Querdurchmesser (W=width) des Lymphknotens. Ein L/W Quotient (Solbiati-index) > 2 wird öfters bei gutartigen Lymphadenopathien gefunden, ein Index < 2 bei bösartigen Lymphadenopathien (der Lymphknoten hat sich abgekugelt weil die Trabekel zerstört wurden).

[aus: El Gammal et al: **Sonography of the Skin in Health and Disease**. In: Wilhelm KP, Elsner P, Berardesca E, Maibach HI : **Bioengineering of the Skin. Skin Imaging and Analysis**. Informa Healthcare, New York London, 2007; pp 353 – 375]



- Ödem im subkutanen Gewebe (z.B. Erysipel, chronisches Lymphödem, Stauungsödem): schlitzförmige und bizarr geformte echoarme Spalten im echoreicheren Fettgewebe. Bei leichter Kompression der Haut mit dem Schallkopf verschwinden diese Spalten, sodaß es sich hier um ödematöse Gewebsflüssigkeitsansammlungen im Rahmen der Entzündung handelt.

Sonographie der Dermis und Epidermis (> 20 MHz)

- Eintrittsecho: helle, sehr echoreiche Linie (Abbildung 4), die an der Grenzfläche zwischen Wasservorlaufstrecke und Stratum corneum der Epidermis auftritt.
- Epidermis (Str. corneum EAB1, EAB2 – s.u.): **echoarm bis echolos!** Echoreflexe nur an der Grenzfläche zwischen Str. corneum (10% Wassergehalt) und Str. Malpighii (>90% Wassergehalt). Ab 50 MHz kann das Stratum corneum der Leistenhaut dargestellt werden (Abbildung 6). Zur Feinauflösung der Epidermis der Felderhaut sind Frequenzen deutlich über 100 MHz erforderlich.

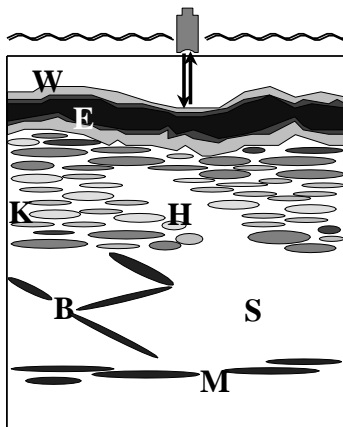


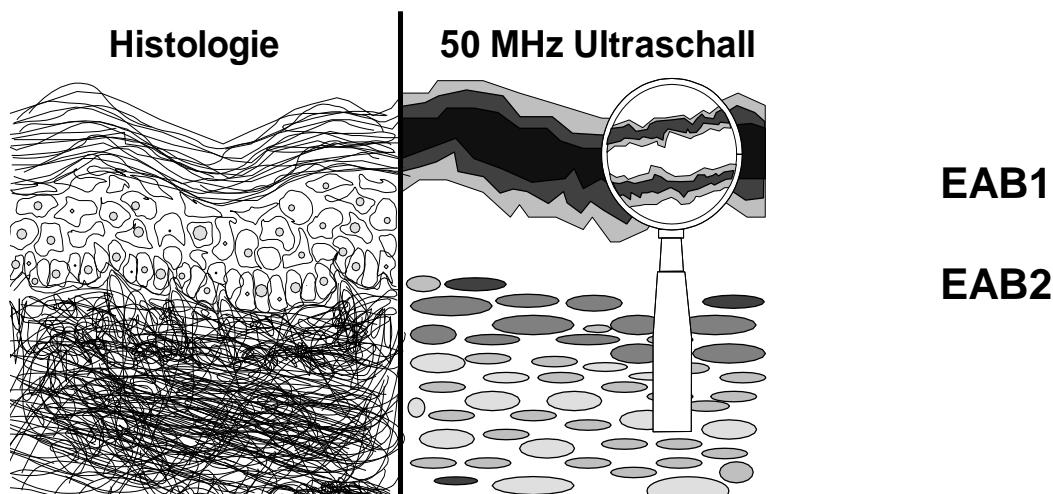
Abbildung 5: 20 MHz Ultraschallbild der gesunden Haut am Menschen. Alle schwarz dargestellten Strukturen stellen sich im Sonogramm als helle Strukturen auf schwarzen Hintergrund dar. W Wasservorlaufstrecke, E Eintrittsecho, K Korium, H Haarfollikel, S Subkutis, B Bindegewebszüge im subkutanen Fettgewebe.

[aus: El Gammal et al., **Zbl Haut (1993) 162: 817-838**]

S. El Gammal: Beurteilung der Sonogramme „Haut und Subkutis“

- EAB2 (> 50 MHz): echoarm (= Stratum Malpighii + Stratum papillare des Koriums)
- Schweißdrüsenausführungsgänge (Leistenhaut)
- Korium: typische Echotextur (Abbildung 5)
- Haarfollikel mit Talgdrüsenkomplex.

Abbildung 6: Palmare Leistenhaut in der 50 MHz Sonographie am Menschen. Schematischer Vergleich Histologie/Sonographie. (a) rechtwinklig (quer) zu den Leisten: ca. 100 µm Höhenunterschied zwischen Leistenberg und -tal. (b) Leistenhaut längs: Bei normaler Verstärkung verschmelzen die obere und untere echoreiche Linie (Lupe) zu einem breiten Hauteintrittssignal. [aus: El Gammal et al., Zbl Haut (1993) 162: 817-838]



- Entzündliche Dermatosen: typisches echoarmes Band (engl. echolucent band) unterhalb des Eintrittsechos im oberen Korium (beispielsweise, Psoriasis, Lichen ruber planus und akute und chronische Ekzeme. Das echoarme Band repräsentiert sowohl die Akanthose der Epidermis als auch das dermale Infiltrat. Mit anderen Worten, die Sonographie diskriminiert **nicht** zwischen akanthotischem Epithel und subepithelialelem entzündlichem Infiltrat.
- Veränderungen des Koriums: Sowohl eine Fibrosierung des Koriums, z. B. bei Narben oder im Rahmen der Sklerodermie, als auch die Vermehrung von elastotischem Material mit gleichzeitiger Rarefizierung des Kollagens bei der aktinischen Elastose führen sonographisch zu verminderter Echogenität, d. h. das Korium stellt sich echoärmer (dunkler) dar.
- Sklerodermie: verdickten Bindegewebszüge im Korium und der Sklerosierungsprozeß im Fettgewebe bei der Sklerodermie gut erkennbar.
- Angiome: Kapilläre Hämangiome in statu nascendi sind oft homogen echoreich. Kavernöse, oft mehr subkutan gelegene Hämangiome eher echoarm mit inhomogenen Binnenechos. Bei älteren Hämangiomen findet man gelegentlich einen kalkdichten Reflex in der Läsion, der wiederum einen dorsalen Schallschatten auslöst.

S. El Gammal: Beurteilung der Sonogramme „Haut und Subkutis“

- **Hauttumoren:** gut abgrenzbar, solange sie auf das Korium begrenzt sind. Nahezu alle Tumoren (epithelialen, melanozytären, angiomatösen, bindegewebigen Ursprungs) stellen sich echoarm dar. Ausnahmen sind stark reflektierende Keratineinschlüsse, z.B. bei seborrhoischen Keratosen und Kalzifikationen. Entzündliches Infiltrat und Tumorparenchym stellen sich **gemeinsam** echoarm dar.
- **ausgeprägte aktinische Elastose:** echoarmes Band im oberen Korium, beispielsweise im Gesicht.
Tipp: Haut seitlich des Tumors zu spannen, wodurch die Echogenität der aktinisch geschädigten Haut erhöht wird, sodaß der echoarme Tumor jetzt nach lateral abgegrenzt werden kann.

Alle pathologischen Strukturen sind in 2 Achsen zu dokumentieren!

Abbildung 7: Zusammenfassung echoarme und echoreiche Strukturen

<u>Echoarme Strukturen</u>	<u>Echoreiche Strukturen</u>
1. Flüssigkeit	1. Luft
a. Wasser	2. Kollagen
b. Zysteninhalt	a. koriales Bindegewebe
c. Ödem	b. subkutane Septen
2. zelluläres Infiltrat	c. Muskelfaszie
a. Neoplasie	3. Kalk
b. Entzündungsinfiltrat	a. Calcinosis cutis
3. amorphes Material	4. Knochen
a. aktinische Elastose	

Abbildung 7 fasst die Echoeigenschaften wichtiger Gewebe zusammen. Weitere Informationen zu den Besonderheiten der 20 – 100 MHz Sonographie finden Sie unter El Gammal et al 2004.

Literatur

- Blum A, Dill-Müller D: Sonographie der Lymphknoten und der Subkutis in der Dermatologie; Teil 1. Hautarzt 49 (1998): 942-949
- Blum A, Dill-Müller D: Sonographie der Lymphknoten und der Subkutis in der Dermatologie; Teil 2. Hautarzt 50 (1999): 62-73
- El Gammal S, El Gammal C, Kaspar K, Pieck C, Altmeyer P, Vogt M, Ermert H: Sonography of the Skin at 100 MHz enables in-vivo-visualization of stratum corneum and viable epidermis in palmar skin and psoriatic plaques. J Invest Dermatol 113 (1999): 821-829
- El Gammal S, Altmeyer P, Auer T, Kaspar K, Hoffmann K, Paßmann C, Ermert H: Der Stellenwert der 20, 50 und 100 MHz Sonographie in der Dermatologie. Akt Dermatol 21 (1995): 11-21
- El Gammal S, Auer T, Hoffmann K, Altmeyer P, Paßmann C, Ermert H: Grundlagen, Anwendungsgebiete und Grenzen des hochfrequenten (20-50 MHz) Ultraschalls in der Dermatologie. Zbl. Haut 162 (1993): 817-838
- El Gammal S, El Gammal C, Szliska, C: Sonographie der Haut und Subkutis. In: Köhn FM, Ring J: Fallstricke und Fehlerquellen in der Dermatologie. Springer Wien New York, 2004, pp 242 – 249

Skript-Beitrag

Sonographie der Haut, Subkutis incl. subkutane Lymphknoten (Grundkurs nach DEGUM- und KV-Richtlinien)

Untersuchungstechnik und Sonoanatomie: Mein Zugang zur Kopf-Hals-Region, Axilla und Leistenregion

Knuth Rass

1 Untersuchungsvorbereitung

Der Patient wird über die Indikation und den Untersuchungsablauf informiert, die zu untersuchenden Regionen werden benannt. Die Sonographie findet in einem abdunkelbarem Raum statt, die Liege befindet sich in der Regel (Rechtshänder) rechts neben dem Ultraschallgerät (Linkshänder ggf. vice versa), so dass eine Hand für die Bedienung des Ultraschallgerätes, die andere Hand für das Führen des Schallkopfes verwendet wird. Die Patientendaten werden in die entsprechende Maske in das Ultraschallgerät eingegeben, eine geeignete Linear-Sonde (5-15 MHz) und ein geeignetes Untersuchungsprogramm (Preset) werden ausgewählt. Nach entsprechender Entkleidung wird der Patient gebeten, sich auf der Liege zu positionieren.

Zur Untersuchung der Kopf-Hals-Region befindet sich der Patient in Rückenlage bei dorsalflektiertem und leicht nach kontralateral geneigtem Kopf. Die nuchalen und retroauriculären Lymphknoten können auch am sitzenden Patienten gut eingesehen werden.

Die Axillarregion wird in Rückenlage bei etwas über die Horizontale abduziertem Arm (ca. 110-120° Abduktion) untersucht. Die apikale Axilla und die Infraclavicularregion (Level II und III, s. u.) sollten von ventral bei vollständig adduziertem Arm mit ausreichender Untersuchungstiefe (5 bis 6 cm) beschallt werden. Der Brustbereich kann z. B. mit einem Handtuch, auch zur Ablage des Untersuchungsarms bei Beschallung der untersucherfernen Axillar- und Infraclaviucularregion abgedeckt werden. Es ist darauf zu achten, dass die Axilla nach kaudal bis auf Höhe der Mamille eingesehen werden kann.

Zur Untersuchung der Inguinalregion liegt der Patient ebenfalls in Rückenlage bei leicht abduziertem und ca. 30° außenrotiertem Bein. Die Leistenregion liegt dabei zumindest frei von knapp oberhalb des Leistenbandes bis zum mittleren Oberschenkeldrittel.

In der kühleren Jahreszeit sowie bei der Untersuchung von kleineren Kindern und Säuglingen hat sich das Anwärmen des Ultraschallgels auf ca. 25°C bewährt. Viele Ultraschallgeräte verfügen über eine entsprechende Vorrichtung.

2 Untersuchungsablauf

Die zu untersuchenden Regionen werden unter Beachtung des Lymphabflusses und der anatomischen Verteilung der regionären Lymphknoten systematisch in zwei Ebenen – horizontal, longitudinal – mit der Ultraschallsonde durchmustert. Der Untersuchungsablauf sollte dabei einem durch den Untersucher selbst festgelegten Schema in möglichst standardisierter Weise folgen. Interessierende Strukturen sollen, ggf. unter Hinzunahme des Farb- oder Powerdopplers, in ihrer jeweils größten Ausdehnung in beiden Ebenen dargestellt, vermessen und dokumentiert werden. Der Bilddokumentation von Charakteristika, die zur Einordnung der Dignität einer Struktur beitragen, z. B. Kurzachsenschuldbreite oder Kortextbreite / -asymmetrie von Lymphknoten, sowie topographische Beziehungen zu benachbarten Strukturen, kommt dabei, insbesondere für Verlaufskontrollen, eine besondere Bedeutung zu.

3 Anatomie und Topographie

Wir unterscheiden hinsichtlich der regionären subkutan gelegenen Lymphknotenstationen folgende Regionen:

- Kopf-Hals-Region (zugehörig: Supraclavicularregion)
- Axilla (zugehörig: Infraclavicularregion, Fossa cubitalis)
- Inguinalregion (zugehörig: Fossa poplitea)

Die Kopf-Halsregion wird vom Stamm durch die untere Halsgrenze, die zu beiden Seiten der Clavicula vom Manubrium sterni zum Acromion und weiter über die Spinae scapulae zum Processus spinosus des 7. Halswirbels folgt, getrennt. Die Lymphe oberhalb dieser Linie drainiert hauptsächlich in die Lymphknoten der Kopf-Hals-Region, lediglich die subscapulären axillären Lymphknoten können Lymphe aus der Haut der Nackenregion drainieren.

Unterhalb der unteren Halsgrenze bis etwa zu einer Ebene, die horizontal durch die Umbilicalregion verläuft, sowie von den oberen Extremitäten erfolgt der Lymphabfluss in die axillären Lymphknoten. Die Lymphe aus dem Bereich der vertikalen Mittellinie des Stamms kann in beide Axillen drainiert werden, so dass beispielsweise bei mittelliniennahen

Primärtumoren im Rahmen der Staging-Diagnostik und Nachsorge beide Axillarregionen zu untersuchen sind.

Unterhalb der Umbilicalebene sowie von den unteren Extremitäten erfolgt der Lymphabfluss in die inguinalen Lymphknoten. Da ein transpubischer Lymphabfluss zur kontralateralen Inguinalregion möglich ist, sollten stets beide Seiten untersucht werden.

Weiterhin ist zu beachten, dass die Umbilicalebene ebenso, wie die Mittellinie keine exakte Trennung des Lymphabflusses nach axillär oder inguinal, bzw. zur rechten oder linken Seite gewährleistet. So sollten bei periumbilical oder in der thoracolumbalen Wirbelsäulenregion lokalisierten Primärtumoren im Rahmen des Stagings oder der Nachsorge sowohl axillär, als auch inguinal beide Seiten sonographisch untersucht werden.

3.1 Kopf-Hals-Region

Oberhalb einer gedachten Linie, die sich vom Kinn in Verlängerung über die Mandibulae bis zum Condylus occipitalis erstreckt, befinden sich die 4 Lymphknotenstationen des Kopfes buccal, parotideal, retroauriculär und occipital. In der vorderen Gesichtsregion und im Bereich der Kopfschwarte sind keine Lymphknoten vorhanden. Etwa ein Drittel aller Lymphknoten des Menschen befinden sich in der Halsregion. Die wichtigsten Gruppen der Kopf-Hals-Region, ihre Bezeichnung, Lage und das zugehörige Drainagegebiet sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Tabelle 1: Lymphknotenstationen der Kopf-Hals-Region

Level	Bezeichnung	Anatomisch-topograpische Lage	Drainagegebiet
	Nll. buccales Nll. parotidei Nll. retroauriculares Nll. occipitales	Oberhalb des R. mandibulae Unter der Fascia parotidea Auf dem Processus mastoideus Auf dem Os occipitale	Gesicht Wange, vordere Kopfschwarte Hintere Kopfschwarte Hintere Kopfschwarte
Ia	Nll. submentales	Unter dem Kinn	Kinn, Unterlippe, Gingiva
Ib	Nll. submandibulares	Im Bereich der Gl. submandibularis	Gesicht, Zunge, Tonsillen, buccale LK
V	Nll. cervicales superficiales Nll. supraclaviculares	Entlang der V. jugularis ext. und im lateralen Halsdreieck Fossa supraclavicularis	Oberfläche des Halses, Parotis Seitliche Hals- und Schulterregion Verbindung zu axillären LK
II - IV	Nll. cervicales profundi	Entlang der V. jugularis interna	Superfizielle LK der Kopf-Hals-Region

Abkürzungen: LK = Lymphknoten, Nll. = Nodi lymphatici

Darüber hinaus existieren weitere paratracheale, paraösophageale, retropharyngeale, parathyreoidale und linguale Lymphknoten, deren Abfluss wie für alle anderen Lymphknotengruppen der Kopf-Hals-Region über die Nodi lymphatici cervicales profundi erfolgt. Von dort gelangt die Lymphe über den Trunci jugulares, dann nach Zusammenfluss mit den Trunci subclavii und bronchomediastinales rechts über den Ductus lymphaticus dexter, links über den Ductus thoracicus in das zentrale Venensystem.

Es existieren zahlreiche Anastomosen zwischen den Lymphknotenstationen der Kopf-Hals-Region, auch zur kontralateralen Seite, so dass empfohlen wird, stets alle Regionen beider Seiten im Zuge der Ultraschalldiagnostik zu untersuchen.

Bei der Befundbeschreibung kann die Benennung der anatomischen Level nach Som/AJCC in der Halsregion, sowie die topographischen Lagebeziehungen zu den zahlreichen Gefäßstrukturen, drüsigen Organen und Muskeln hilfreich sein. Wichtig ist, dass die Lymphknoten unterschiedlicher Level bzw. Regionen spezielle Charakteristika hinsichtlich der Dignitätsbeurteilung aufweisen (vgl. Übersichtsarbeit von Rettenbacher), beispielsweise hat der Solbiati-Index parotideal sowie in den Leveln Ia, Ib und V keine Aussagekraft, da oft kleine rundliche Lymphknoten (Solbiati \approx 1) vorliegen.

Die Kenntnis der anatomischen Strukturen ist u. a. für die Definition der Level unentbehrlich. Die Grenze zwischen den Leveln II und III liegt auf Höhe des Os hyoideum und der Carotisbifurkation. Die Grenze zwischen den Leveln III und IV wird durch den M. omohyoideus gebildet, der die V. jugularis interna überkreuzt.

Wichtige Leitstrukturen der Kopf-Hals-Region sind:

- **Blutgefäße**

- A. carotis (communis, externa, interna)

- A. subclavia, Truncus brachiocephalicus

- V. jugularis interna, V. subclavia, V. brachiocephalica, V. jugularis externa

- Aa. und Vv. submentales, faciales

- **Muskeln**

- M. sternocleidomastoideus

- M. trapezius,

- Infrahyale Muskulatur (Mm. sternohyoideus, sternothyroideus, thyrohyoideus, omohyoideus)

- Mundbodenmuskulatur (M. mylohyoideus etc.)

- **Drüsen** (Glandula thyroidea, Gl. submandibularis, Gl. parotidea)

- **Nerven** (Plexus brachialis)

3.2 Axillarregion

Die Axilla (Fossa axillaris) gleicht bei abduziertem Arm etwa einer vierseitigen Pyramide, deren Basis von der Fascia axillaris, die sich zwischen M. pectoralis major und M. latissimus dorsi aufspannt, gebildet wird. Die Spitze weist in Richtung der mittleren Clavicula. Die seitlichen Begrenzungen bilden die wichtigen muskulären Leitstrukturen der Axilla: Nach ventral die Mm. pectorales major und minor, nach medial der M. serratus anterior, nach dorsal die Mm. teres major, latissimus dorsi und subscapularis und nach lateral die Mm. biceps brachii und coracobrachialis mit dem Humeruskopf. Die Fascia axillaris ist an verschiedenen Stellen für den Durchtritt von Lymph- und Blutgefäßen und Nerven perforiert. Die Fossa axillaris beherbergt in ihrem Unterhautfett- und Bindegewebe ca. 20-30 Lymphknoten; funktionell werden auch die 1-2 Lymphknoten der Ellenbeuge den regionären Lymphknoten der Axillarregion zugerechnet. Ähnlich wie in der Hals- und Leistenregion werden oberflächliche und tiefe axilläre Lymphknoten unterschieden, die wiederum den chirurgischen Leveln I-III zugeordnet werden können. Die wichtigsten Lymphknotengruppen der Axilla- und Cubitalregion, ihre Bezeichnung, Lage und das zugehörige Drainagegebiet sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Lymphknotenstationen der Axillar- und Cubitalregion

Level	Bezeichnung	Anatomisch-topograpische Lage	Drainagegebiet
	Nll. cubitales	1-2 LK an der V. basilica im Sulcus bicipitalis medialis	Ulnare Seite des Arms
I	<u>Nll. axillares superficiales</u> - Nll. axillares laterales - Nll. axillares pectorales - Nll. axillares subscapulares	Seitlich entlang der V. axillaris Unterer Rand des M. pect. minor Entlang der Vasa subscapularia	Arm Seitliche und vordere Thoraxwand, Bauchwand oberhalb des Nabels Dorsale Thoraxwand, Schulter und Nacken
II	<u>Nll. axillares profundi</u> - Nll. axillares centrales	Rückfläche des M. pect. minor	Arm, oberflächliche axilläre LK
III	<u>Nll. axillares profundi</u> - Nll. axillares apicales	Hinter der Clavicula	Arm (Lymphbahnen entlang der V. cephalica), Mamma, oberflächliche und zentrale axilläre LK

Abkürzungen: LK = Lymphknoten, Nll. = Nodi lymphatici

Die Drainage der oberflächlichen Lymphknoten erfolgt über die Nodi lymphatici axillares profundi in die Trunci subclavii, dann nach Zusammenfluss mit den Trunci jugulares und bronchomediastinales rechts über den Ductus lymphaticus dexter, links über den Ductus thoracicus in das zentrale Venensystem.

Wichtige Leitstrukturen der Axillarregion sind:

- **Blutgefäße**

A. und V. subclavia bzw. axillaris, V. basilica, V. cephalica

- **Muskeln**

Mm. pectoralis major und minor

M. biceps brachii, M. coracobrachialis

M. teres major, M. latissimus dorsi, M. subscapularis

M. serratus anterior

- **Knöchernen Strukturen**

Schultergelenks Humerus, Clavicula, Scapula

- Nerven (Plexus brachialis)

3.2 Inguinalregion

In der Leisten- und auch der Poplitealregion werden die Lymphknotengruppen ebenfalls in oberflächliche und tiefe Lymphknoten unterteilt.

Dabei finden sich in der Fossa poplitea bis zu 6 subfaszial gelegene Lymphknoten in Nachbarschaft zur V. saphena parva (superfizielle Gruppe) bzw. zur A. poplitea (profunde Gruppe). Eine klinisch relevante Besonderheit besteht darin, dass die Drainage aus den poplitealen Lymphknoten direkt in die tiefen Leisten- und Beckenlymphknoten erfolgt.

Die Lymphknoten der Leistenregion befinden sich in einem dreieckigen Areal, dessen Eckpunkte von Spina iliaca anterior superior, Tuberculum pubicum und der V. saphena magna, etwa am Übergang vom proximalen zum mittleren Oberschenkeldrittel, gebildet wird.

Die epifaszial gelegenen superfiziellen Leisten-Lymphknoten liegen in 2 Gruppen vor:

- 1) Tractus horizontalis bzw. superiore Gruppe entlang des bzw. parallel zum Ligamentum inguinale
- 2) Tractus longitudinalis bzw. inferiore Gruppe in Nachbarschaft zur V. saphena magna (VSM) und V. saphena accessoria anterior (VSAA)

Die etwa 5 bis 25 oberflächlichen Lymphknoten drainieren die Lymphe aus der unteren Bauch- und Rückenhaut unterhalb der Nabelebene, aus der Beinhaut, dem äußeren Genitale, der Dammregion, sowie aus inferioren Abschnitten von Rektum und Vagina. Von dort aus wird die Lymphe durch den Hiatus saphenus den 1 bis 3 tiefen Leistenlymphknoten zugeleitet, zu denen auch der sog. Rosenmüller-LK, ein regelmäßig vorhandener großer Lymphknoten, medial in der Lacuna vasorum gelegen, zählt.

Die wichtigsten Lymphknotengruppen der Leisten- und Poplitealregion, ihre Bezeichnung, Lage und das zugehörige Drainagegebiet sind in der Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Lymphknotenstationen der Inguinal- und Poplitealregion

Bezeichnung	Anatomisch-topographische Lage	Drainagegebiet
<u>Nll. popliteales</u> - Nll. popl. superficiales - Nll. popl. profundi	4-6 LK Im Verlauf der V. saphena parva Tiefe Fossa an der A. poplitea	Unterschenkelrückseite, Fußregion Oberflächliche popliteale LK
<u>Nll. inguinales superficiales</u> - Nll. ing. superf. inferiores - Nll. ing. superf. superomediales - Nll. ing. superf. superolaterales => Drainage in Nll. ing. profundi	Epifasziale Lage Longitudinal ausgerichtete Gruppe entlang der V. saphena magna Horizontale Gruppe entlang des Leistenbandes, medial Horizontale Gruppe entlang des Leistenbandes, lateral	Haut und Subcutis des Beins, Damm, äußeres Genitale Vordere Bauchwand unterhalb des Nabels, mediales Bein Seitliche Bauch- und Rückenwand, laterales Bein, Gesäß
<u>Nll. inguinales profundi</u> => Drainage in Nll. iliaci externi	Entlang der V. femoralis comm. im Hiatus saphenus (Rosenmüller)	Nll. inguinales superficiales, tiefe Lymphbahnen der unteren Extremität, popliteale LK

Abkürzungen: LK = Lymphknoten, Nll. = Nodi lymphatici

Der weitere Lymphabfluss erfolgt über die Nodi lymphatici iliaci externi und communes zu den Nodi lymphatici lumbales, dann über die Trunci lumbales und den Ductus thoracicus in das zentrale Venensystem.

Für die Lagebeschreibung inguinaler Lymphknoten kann die Zugehörigkeit zu einer spezifischen LK-Gruppe und v. a. der Bezug zu den epifaszialen Venen – VSM, VSAA, V. epigastrica superficialis, V. circumflexa ilium superficialis – genutzt werden.

Wichtige Leitstrukturen der Inguinalregion sind:

- **Blutgefäße**

A. und V. iliaca externa, A. und V. femoralis communis, profunda femoris, femoralis
V. saphena magna, V. saphena accessoria anterior, weitere Venen des Venensterns

- **Muskeln**

M. iliopsoas, M. pectineus, M. adductor longus, M. sartorius

- **Knöchernen Strukturen**

Femur, Spina iliaca anterior superior, Tuberculum pubicum

- **Bänder, Faszien**

Ligamentum inguinale, Fascia lata, Fascia saphena

Sonografie der peripheren Lymphknoten Teil 1: Normalbefunde und B-Bild-Kriterien



T. Rettenbacher

Department Radiologie, Univ. Klinik für Radiologie II, Innsbruck, Austria

VNR 2760512010047432361

Bibliografie

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0029-1245584> Online-

Publikation: 2010

Ultraschall in Med 2010; 31:

344–362 © Georg Thieme

Verlag KG Stuttgart · New York ·

ISSN 0172-4614

Korrespondenzadresse

Univ.-Prof. T. Rettenbacher

Department Radiologie

Univ. Klinik für Radiologie II

Anichstraße 35

A-6020 Innsbruck

Tel.: ++43/5 12/5 04-2 40 20

Fax: ++43/5 12/5 04-2 40 29

thomas.rettbacher@i-med.

ac.at

Lernziele



- ▶ Normalbefunde und deren Variabilität
- ▶ Normwerte
- ▶ B-Bild-Kriterien

Einleitung



Nach der Einführung von Schallköpfen für oberflächliche Regionen wurde bald offensichtlich und in zahlreichen Studien belegt, dass die Sonografie bei der Detektion von pathologischen peripheren Lymphknoten sensitiver ist als die ausschließliche klinische Beurteilung und Palpation [1–4]. Aufgrund der guten sonografischen Zugänglichkeit der peripheren Lymphknoten, der hohen Ortsauflösung, der Weichteildiskriminierung und des geringen apparativen Aufwands im Vergleich zu CT und MRT ist die Sonografie die Methode der Wahl [5].

Die Beurteilung der peripheren Lymphknoten ist kein sonografisches Schwerpunktthema und wird deshalb oft nebenbei ungeliebt durchgeführt. Die Untersuchungen werden wegen eingeschränkter Expertise gerne dem Radiologen zur CT oder MRT zugewiesen. Die Beurteilungskriterien und Grenzwerte sind in der Literatur häufig nur für solide Tumoren des Kopf-Hals-Bereichs definiert und selbst für diesen gut untersuchten Bereich sehr unterschiedlich und verwirrend angegeben. Teil 1 widmet sich den Normalbefunden und Grenzwerten. Anschließend wird versucht, nur auf Beurteilungskriterien einzugehen, die sich auch in der täglichen Routine an der eigenen Abteilung bewährt haben.

Gerätetechnische Anforderungen



Voraussetzung für eine qualifizierte Sonografie der peripheren Lymphknotenstationen ist eine hochauflösende, elektronische Linearsonde mit hoher Frequenz (8–15 MHz). Zusätzlich benötigt man eine gute mittelfrequente Linearsonde für tiefer gelegene Strukturen. Eine ergänzende niederfrequente Abdomensonde kann manchmal zur Abgrenzung sehr tief reichender Prozesse notwendig sein. Die additive Möglichkeit zur Panoramadarstellung kann ausgedehnte Pathologien übersichtlich darstellen und die native harmonische Bildgebung hilft Strukturen artefaktreduziert zu beurteilen.

Alle verwendeten Sonden müssen über eine sensitive, hochqualitative Dopplereinrichtung mit Farbdoppler, Powerdoppler und gepulstem Doppler verfügen.

Definition der peripheren Lymphknotenstationen



Zu den peripheren Lymphknotenstationen zählen der Kopf-Hals-Bereich, die Achselhöhlen und die Leistenregionen. Auch medial an den Ellenbeugen knapp kranial des Epicondylus medialis humeri und in den Kniebeugen am Gefäß-Nerven-Bündel befinden sich periphere Lymphknotenstationen, die aber von geringerer klinischer Bedeutung sind.

Im weiteren Sinne können auch die infraklavikulären Regionen und Mammaria-interna-Regionen dazu gezählt werden.

Aufgrund der oberflächlichen Lage sind die peripheren Lymphknoten sonografisch im Allgemeinen exzellent darstellbar. Allerdings gilt die Einschränkung, dass die infraklavikulären und Mammaria-interna-Lymphknoten aufgrund der abschnittswisen Knochenüberlagerung nur teilweise und die parapharyngealen sowie para-

Die CME-Teilnahme für diesen Beitrag ist online möglich unter <http://cme.thieme.de>.

Sonography of Peripheral Lymph Nodes Part 1: Normal Findings and B-Image Criteria



Learning objectives

- ▼
- ▶ Normal findings and their variability
- ▶ Normal values
- ▶ B-image criteria

Introduction

After the introduction of probes for surface regions, numerous studies soon showed that sonography is more sensitive than exclusive clinical evaluation and palpation for the detection of pathological peripheral lymph nodes [1–4]. The good accessibility of peripheral lymph nodes with sonography, the high spatial resolution, the soft tissue discrimination, and the low equipment expenditure compared to CT and MRI make sonography the method of choice [5].

Peripheral lymph node evaluation is not a main focus of sonography and is therefore often only performed secondarily. Examinations are often referred to radiologists for CT or MRI due to limited expertise. Evaluation criteria and limit values are often only defined in the literature for solid tumors of the head and neck region and are different and confusing even for this highly examined region. Part 1 is dedicated to normal findings and limit values. An attempt is then made to discuss evaluation criteria that have been proven in the daily routine at our own department.

Equipment requirements

Qualified sonography of peripheral lymph node stations requires a high-resolution electronic linear probe with a high frequency (8–15 MHz). In addition, a good mid-frequency linear probe is needed for lower-lying structures. A supplementary low-frequency abdominal probe can sometimes be necessary for delimiting particularly

in-depth processes. The additional panorama view option can clearly show enlarged pathologies and native harmonic imaging helps to evaluate structures with fewer artifacts.

All used probes must have a sensitive, high-quality Doppler unit with color Doppler, power Doppler, and pulsed Doppler.

Definition of peripheral lymph node stations

▼
The peripheral lymph node stations include the head and neck region, the armpits, and the groin regions. Peripheral lymph node stations are also located medial to the elbows just cranial to the medial epicondyle of humerus and in the kneed bends at the neurovascular bundle but these are less clinically important.

The infraclavicular regions and internal mammary regions can also be included in this.

Due to their superficial location, peripheral lymph nodes can generally be effectively visualized with sonography. However, infraclavicular and internal mammary lymph nodes can only be partially imaged with sonography because of sectional bone superposition and parapharyngeal and paravertebral lymph nodes can only be imaged insufficiently with sonography [6].

The cervical region diagram according to Som et al. is shown in **Fig. 1** [7].

Examination technique

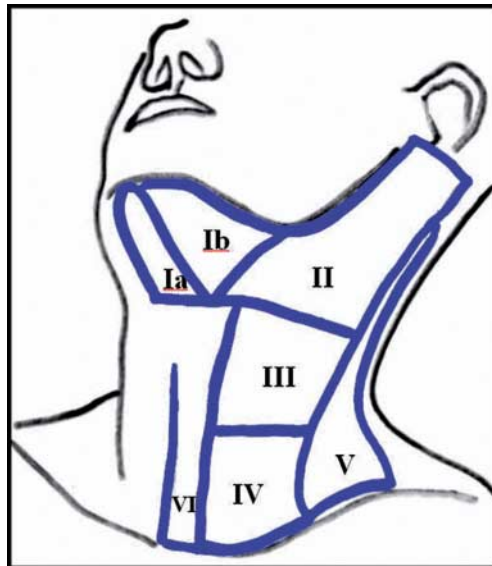
▼
The probe should always be applied vertical to the skin surface and held forward so that the ulnar part of the examiner's hand is resting without tension on the patient. This allows adequate control and pressure reduction. Due to the better overview, scanning of the individual regions for orientational purposes is

VNR 2760512010047432304

CME participation for this article can be done online under <http://cme.thieme.com>.

Abb. 1 Schematische Darstellung der Halsregionen nach Som. Ia Submentalregion, Ib Submandibularregion, II oberer, III mittlerer und IV unterer Halsbereich entlang der großen Gefäße, V hinteres Halsdreieck, VI prä- und paralaryngeale Region.

Fig. 1 Drawing shows cervical regions published by Som. Ia submental region, Ib submandibular region, II upper, III middle, and IV lower cervical region along the large vessels, V posterior cervical triangle, VI pre- and paralaryngeal region.



vertebralen Lymphknoten unzureichend sonografisch darstellbar sind [6]. Das bewährte Schema der Halsregionen nach Som und Mitarbeiter ist in **Abb. 1** dargestellt [7].

Untersuchungstechnik



Der Schallkopf sollte immer senkrecht zur Hautoberfläche aufgesetzt und so weit vorne gehalten werden, dass der ulnare Teil der untersuchenden Hand am Patienten locker aufliegt. Dies ermöglicht eine adäquate Führungskontrolle und Druckreduktion.

Wegen der besseren Übersicht erfolgt das orientierende Durchmustern der einzelnen Regionen zunächst in Querschnitten unter kontinuierlicher Longitudinalbewegung entlang der Körperlängsachse.

Die Patienten werden üblicherweise in Rückenlage untersucht: der Kopf-Hals-Bereich bei möglichst gestrecktem Oberkörper und etwas überstrecktem Hals; die Achselhöhlen in mittlerer Elevation, um unerwünschte Hautspannung zu vermeiden und die Infraklavikularregionen sowie Inguinalregionen bei am Körper angelegten Armen und ausgestreckten, parallelen Beinen. Axillär und infraklavikulär sind normale Lymphknoten wegen der oft tieferen Lage und des sonografisch inhomogenen Aufbaus der Axilla weniger leicht darstellbar als inguinal und zervikal. Bei Verwendung einer sehr hochfrequenten Sonde in den Achselhöhlen und Infraklavikularregionen muss die Eindringtiefe erhöht und die Frequenz reduziert werden, um nicht tief liegende Lymphknoten zu übersehen [8]. Jede untersuchte Region und jede pathologische Veränderung sollte zumindest in 2 Ebenen (meist Querschnitt und Längsschnitt) dokumentiert werden.

Normalbefunde



Das Erscheinungsbild eines Lymphknotens ist in der hochauflösenden Sonografie durch eine klar unterscheidbare Zweischichtung charakterisiert (**Abb. 2, 3**): Die äußere echoarme Zone ist zell- und lymphozytenreich, die innere Zone besteht vor allem aus Fettgewebe, Bindegewebe sowie aus Blut- und Lymphgefäßen und ist deshalb aufgrund der vielen akustischen Grenzflächen echoreich (**Abb. 2, 3**) [8, 9]. Manchmal kann zentral zusätzlich eine mäßiggradig echoarme Zone abgegrenzt werden, die reinem Fettgewebe entspricht (**Abb. 4, 5**) [8–10]. Dieses echoarme Zentrum ist jedoch immer vom echoarmen Kortex durch eine echoreiche Linie (fibrovaskuläres Gewebe) getrennt, wodurch die Erkennbarkeit als Lymphknoten und die Unterscheidung zu pathologischen Prozessen erleichtert wird (**Abb. 4, 5**) [11]. Lymphknoten mit echoarmem Zentrum sind nur inguinal und axillär, aber nie im Kopf-Hals-Bereich zu finden [11].

Wegen der unterschiedlichen Ausprägung dieser 3 Zonen in Abhängigkeit von der untersuchten Körperregion und vom Alter der Patienten, können Lymphknoten sonografisch sehr unterschiedlich erscheinen.

Regelhaft weisen inguinale und axilläre Lymphknoten im Gegensatz zu den zervikalen ein breites echoreiches Zentrum auf, wobei dieses am Hals in Abhängigkeit von der untersuchten Subregion und vom Alter des Patienten durchaus fehlen kann (**Abb. 3, 6**) [12–14]. Für einige Halsregionen ist dieser Anteil besonders hoch. So fehlte der als wichtiges Benignitätszeichen geltende echoreiche Lymphknotenhilus in einer eigenen Studie an 50 Probanden (100 untersuchte Halsseiten) in Regio II, III, IV und V in 36–57% (**Abb. 3, 6**). Vergleichbar sind Angaben in der Literatur für Regio IV und V von 49–57% [14].

Generell gilt, dass Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene mehr lymphatisches Gewebe haben als ältere Erwachsene [15]. Mit zunehmendem Alter ist deshalb auch der echogene Hilus am Hals häufiger anzutreffen (**Abb. 3**) [14].

Der normale Lymphknoten ist regelhaft bohnenförmig [2]. Damit sind 3 deutlich unterschiedliche, im rechten Winkel zueinander stehende Durchmesser (Längsdurchmesser, Querdurchmesser und Tiefendurchmesser) definierbar (**Abb. 2**). Wenn die Größe eines Lymphknotens bestimmt wird, die als wichtiges bildgebendes Beurteilungskriterium gilt, muss klar definiert sein, welcher der 3 Durchmesser vermessen wird.



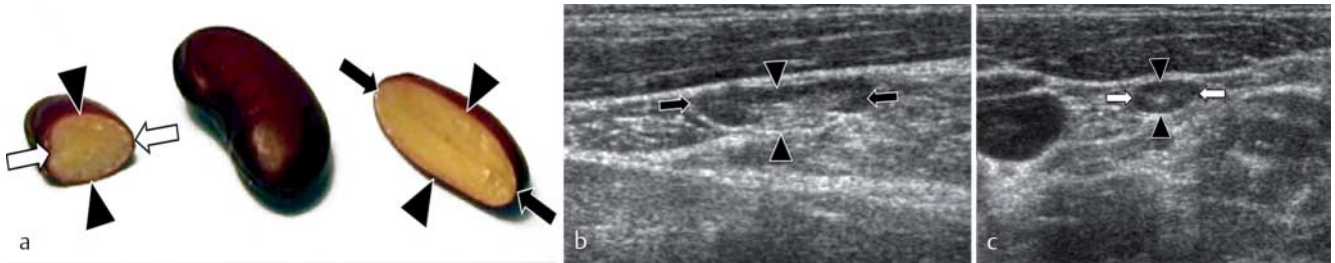


Abb. 2 a Die Form eines Lymphknotens entspricht der einer Bohne. Die Anschnitte verdeutlichen die 3 im rechten Winkel zueinander stehenden Durchmesser (Längs-, Quer- und Kurzdurchmesser). b Längsschnitt und c Querschnitt eines normalen Lymphknotens, wie dies im Bohnenmodell dargestellt ist. Typische Zweischichtung des Lymphknotens mit echoarmem Kortex und echoreichem Hilus. Die geschlossenen Pfeile markieren den Längsdurchmesser, die offenen Pfeile den Querdurchmesser und die Pfeilspitzen den Kurzdurchmesser.

Fig. 2 a The shape of a lymph node correlates to that of a bean. The sections illustrate the three diameters being at right angles to each other (longitudinal, transverse, and short axis diameter). b Longitudinal US scan and c transverse US scan of a normal lymph node, which is illustrated in the bean model. Typical two layers of a lymph node with hypoechoic cortex and hyperechoic hilum. The closed arrows indicate the longitudinal diameter, the open arrows the transverse diameter, and the arrowheads the short axis diameter.

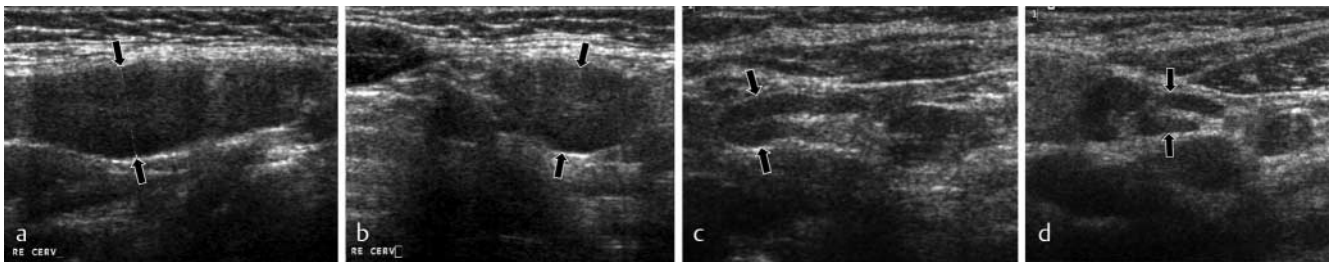


Abb. 3 Normale jugulodigastrische Lymphknoten. a Längsschnitt und b Querschnitt eines normalen jugulodigastrischen Lymphknotens eines 22-jährigen Probanden ohne echoreichen Hilus. Der Kurzdurchmesser (Pfeile) beträgt 8 mm. c Längsschnitt und d Querschnitt eines normalen jugulodigastrischen Lymphknotens eines 56-jährigen Probanden mit echoreichem Hilus. Der Kurzdurchmesser (Pfeile) beträgt 4,5 mm.

Fig. 3 Normal jugulodigastric lymph nodes. a Longitudinal US scan and b transverse US scan of a normal jugulodigastric lymph node in a 22-year-old man without a hyperechoic hilum. The short axis diameter (arrows) is 8 mm. c Longitudinal US scan and d transverse US scan of a normal jugulodigastric lymph node in a 56-year-old man with a hyperechoic hilum. The short axis diameter (arrows) is 4,5 mm.

first performed in cross sections under continuous longitudinal movement along the longitudinal axis of the body.

Patients are usually examined in a supine position: The head and neck region with the upper body stretched as much as possible and the neck slightly overstretched; the armpits at medium elevation to prevent undesired skin tension; and the infraclavicular regions and inguinal regions with the arms placed against the body and the legs extended in parallel. Normal axillary and infraclavicular lymph nodes are more difficult to visualize than inguinal and cervical lymph nodes due to the often lower position and the sonographically inhomogeneous structure of the axilla. When using a high-frequency probe in the armpits and infraclavicular regions, the penetration depth must be increased and the frequency must be reduced so that non-low-lying lymph nodes are not missed [8]. Every examined region and every pathological change should be documented on at least two levels (typically cross section and longitudinal section).

Normal findings



In high-resolution sonography, lymph node appearance is characterized by a clearly distinguishable two-layer structure (● Fig. 2, 3): the outer hypoechoic zone is cell-rich and lymphocyte-rich, the inner zone is primarily comprised of fat tissue, connective tissue, and blood and lymph vessels and is hyperechoic due to the many acoustic boundary surfaces (● Fig. 2, 3) [8, 9]. Sometimes a moderately hypoechoic zone that corresponds to pure fat tissue can also be centrally delimited (● Fig. 4, 5) [8–10]. However, this hypoechoic center is always separated from the hypoechoic cortex by a hyperechoic line (fibrovascular tissue). This facilitates the recognition of lymph nodes and differentiation with respect to pathological processes (● Fig. 4, 5) [11]. Lymph nodes with a hypoechoic center are only located in an inguinal or axillary position but never in the head and neck region [11].

Due to the varying degrees of development of these three zones as a function of the examined body region and the age of the patient, lymph nodes can have a very different sonographic appearance.

As a rule, inguinal and axillary lymph nodes in contrast to cervical lymph nodes have a broad



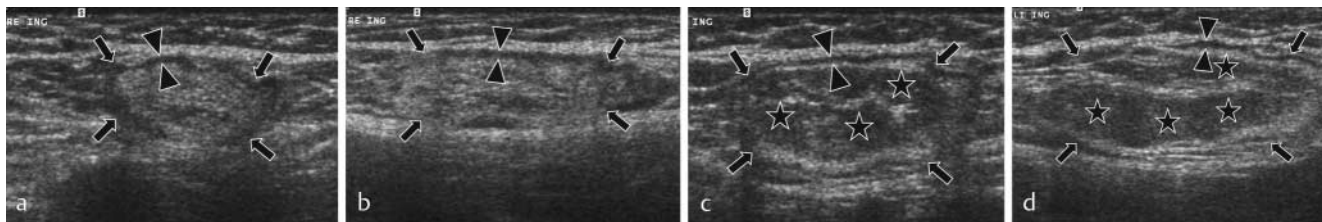


Abb. 4 Normale inguinale Lymphknoten (Pfeile) mit sehr schalem echoarmem Kortex (Pfeilspitzen) und breitem Hilus. **a** Querschnitt und **b** Längsschnitt eines Lymphknotens mit breitem hyperechoischem Hilus. **c** Querschnitt und **d** Längsschnitt eines Lymphknotens mit breitem echoarmem Hilus (Fettgewebe) als Normvariante (Sterne) (selber Proband wie in **a, b**). Der echoarme Hilus ist vom echoarmen schmalen Kortex durch ein echoreiches Band (fibrovaskuläres Gewebe) getrennt, das die Erkennbarkeit der Struktur als Lymphknoten erleichtert.

Fig. 4 Normal inguinal lymph nodes (arrows) with a very thin cortex (arrowheads) and a large hilum. **a** Transverse US scan and **b** longitudinal US scan of a lymph node with a large hyperechoic hilum. **c** Transverse US scan and **d** longitudinal US scan of a lymph node with a large hypoechoic hilum (fatty tissue) as a normal variant (asterix) (same patient than **a, b**). The hypoechoic hilum is divided from the thin hypoechoic cortex by a thin hyperechoic stripe (fibrovascular tissue), which helps in the identification of the structure as lymph node.

B-Bild-Kriterien zur Beurteilung peripherer Lymphknoten



B-Bild-Kriterien, die sich im Routineeinsatz zur Beurteilung peripherer Lymphknoten bewährt haben, umfassen:

1. Nachweisbarkeit des echoreichen Lymphknotenhilus (Hiluszeichen)
2. Lymphknotengröße, Kurzachsendurchmesser und Kortextbreite
3. Gleichmäßigkeit der Kortextbreite
4. Lymphknotenform und Längen-Tiefen-Verhältnis
5. Homogenität der Binnenstruktur
6. Begrenzung der Lymphknoten
7. Verteilungsmuster der Lymphadenopathie

Nachweisbarkeit des echoreichen Lymphknotenhilus (Hiluszeichen)



Der fehlende Nachweis eines echoreichen Hilus in einem Lymphknoten (Abb. 7) gilt als wichtiges Malignitätskriterium [16, 17]. Der zugrunde liegende Mechanismus ist die Verdrängung und/oder Infiltration des Hilus durch neoplastische Prozesse, die meist zunächst den Kortex befallen.

Folgende Limitationen müssen bei Anwendung dieses Kriteriums beachtet werden.

Normale Lymphknoten im Kopf-Hals-Bereich haben oft schon unter normalen Umständen keinen echoreichen Hilus (siehe Normalbefunde), wodurch die Anwendbarkeit dieses Kriteriums in diesem Bereich stark eingeschränkt ist (Abb. 3, 6) [12, 13]. Bei Kindern und jungen Erwachsenen, in denen mehr lymphatisches Gewebe vorliegt, ist dieser Anteil besonders hoch [14].

Auch entzündlich reaktive Lymphknoten weisen im Kopf-Hals-Bereich häufig keinen echoreichen Hilus auf [15].

Anders stellt sich die Situation für inguinale und axilläre Lymphknoten dar, wo schon junge Personen immer einen echoreichen Lymphknoten-

hilus haben, der besonders im Alter sehr voluminös sein kann (Abb. 4). Wenn ein solcher Lymphknoten mit ausgedehntem echoreichem Hilus neoplastisch infiltriert wird, dauert es relativ lange bzw. muss der neoplastische Befall entsprechend ausgedehnt sein, bis der echoreiche Hilus zur Gänze verschwindet. Deshalb kann der echoreiche Hilus in diesen Regionen auch bei malignem Befall noch häufig nachgewiesen werden (Abb. 8, 9) [16]. Beispielsweise fand Esen, dass 76% der nicht palpablen axillären Lymphknotenmetastasen bei Mammakarzinom noch einen echoreichen Hilus sonografisch aufwiesen [9].

Lymphknotengröße, Kurzachsendurchmesser und Kortextbreite



Die Größe eines Lymphknotens gilt generell als wichtiges Beurteilungskriterium. Diese kann durch die Bestimmung der 3, im rechten Winkel zueinander stehenden Durchmesser ermittelt werden (Abb. 2), wobei in der Literatur sehr unterschiedlich gehandhabt wird, welcher der 3 Durchmesser als Kriterium herangezogen wird, oder es bleibt überhaupt undefiniert, welcher vermessen wurde. Die Bestimmung des Lymphknotenvolumens als Größenkriterium ist aufwendig und hat sich in der Routinediagnostik nicht durchgesetzt. Betont sei, dass normale Lymphknoten erstaunlich große Längsdurchmesser haben können. So sind Lymphknoten jugulodigastrisch manchmal über 30 mm lang, axilläre und inguinale Lymphknoten (insbesondere jene mit echoarmem Zentrum) manchmal über 40 mm lang.

Als allgemeine Regel gilt, dass sich der zunächst meist länglich konfigurierte Lymphknoten bei Volumenzunahme im Rahmen eines pathologischen Prozesses (Entzündung oder Neoplasie) abrundet (siehe 4 Lymphknotenform). Dies hat zur Folge, dass vor allem der Kurzachsendurchmesser zunimmt. Van den Brekel und andere Autoren haben deshalb in ihren Studien nach-



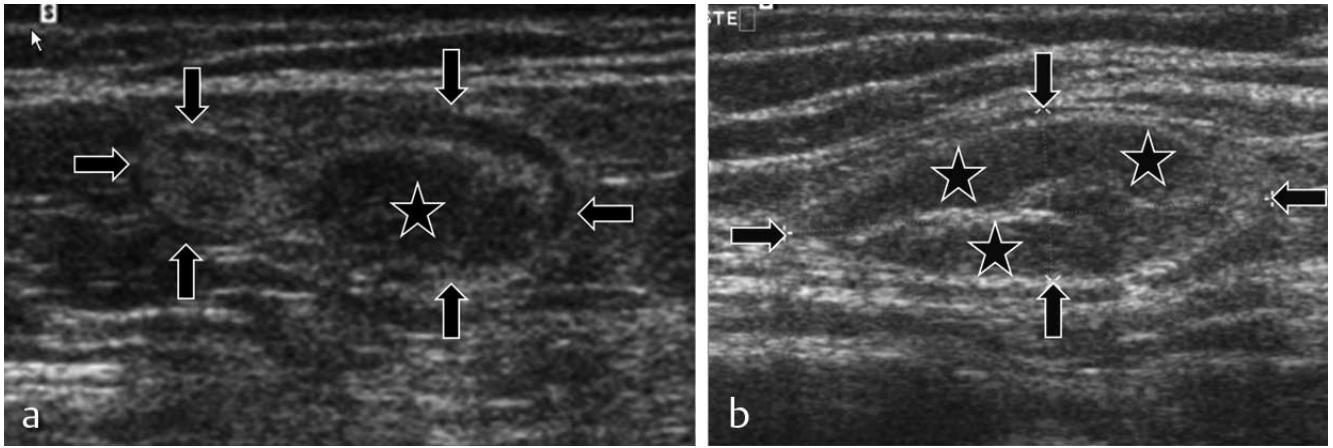


Abb. 5 Normale inguinale Lymphknoten (Pfeile) mit teils echoarmem Hilus (Sterne) als Normvariante. **a** Hantelförmiger Lymphknoten mit echoarmem Zentrum im größeren Anteil. **b** Der echoarme Kortex ist extrem schmal und abschnittsweise fehlend.

Fig. 5 Normal inguinal lymph nodes (arrows) with a partially hypoechoic hilum (asterisk) as a normal variant. **a** Dumb-bell shaped lymph node with a hypoechoic centre within the larger part. **b** The hypoechoic cortex is extremely thin and partially absent.

hyperechoic center. However, this can be missing when examining the neck depending on the examined subregion and the age of the patient (► Fig. 3, 6) [12–14]. This percentage is extremely high for several cervical regions. Therefore, the hyperechoic lymph node hilum which is considered to be an important sign of benignity was missing in our own study including 50 test subjects (100 examined neck sides) in region II, III, IV, and V in 36–57% of the cases (► Fig. 3, 6). The values in the literature for region IV and V of 49–57% are comparable [14].

In general, children, minors, and young adults have more lymphatic tissue than older adults [15]. It is therefore more likely to image the echogenic hilum in the neck with increasing age (► Fig. 3) [14].

Normal lymph nodes are typically bean-shaped [2]. As a result, three different diameters at a right angle to one another (longitudinal diameter, transverse diameter, and depth diameter) can be defined (► Fig. 2). When the size of a lymph node is determined as an important evaluation criterion, which of the three diameters is being measured must be clearly defined.

B-image criteria for evaluating peripheral lymph nodes



B-image criteria that have become established in the routine evaluation of peripheral lymph nodes include:

1. Ability to verify the hyperechoic lymph node hilum (hilum sign)
2. Lymph node size, short axis diameter, and cortical width
3. Uniformity of the cortical width
4. Lymph node shape and length-depth ratio
5. Homogeneity of the internal structure

6. Lymph node border

7. Distribution pattern of lymphadenopathy

Ability to verify the hyperechoic lymph node hilum (hilum sign)



The lack of verification of a hyperechoic hilum in a lymph node (► Fig. 7) is considered to be an important malignancy criterion [16, 17]. The underlying mechanism is the displacement and/or infiltration of the hilum by neoplastic processes which usually first affect the cortex.

The following limitations must be observed when using this criterion.

Normal lymph nodes in the head and neck region often don't have a hyperechoic hilum under normal conditions (see normal findings) which greatly limits the applicability of this criterion in this area (► Fig. 3, 6) [12, 13]. In the case of children and young adults with more lymphatic tissue, this percentage is particularly high [14].

Inflammatory lymph nodes also often have no hyperechoic hilum in the head and neck region [15].

The situation is different for inguinal and axillary lymph nodes in which case even young people always have a hyperechoic lymph node hilum which can be voluminous particularly with age (► Fig. 4). When a lymph node with an enlarged hyperechoic hilum is neoplastically infiltrated, it takes a relatively long time, i.e., the neoplasm must be accordingly wide-spread, before the hyperechoic hilum disappears completely. Therefore, the hyperechoic hilum in these regions can often be detected even in the case of malignancy (► Fig. 8, 9) [16]. For example, Esen found that sonography still shows a hyperechoic hilum in 76% of non-palpable axillary lymph node metastases in the case of breast cancer [9].



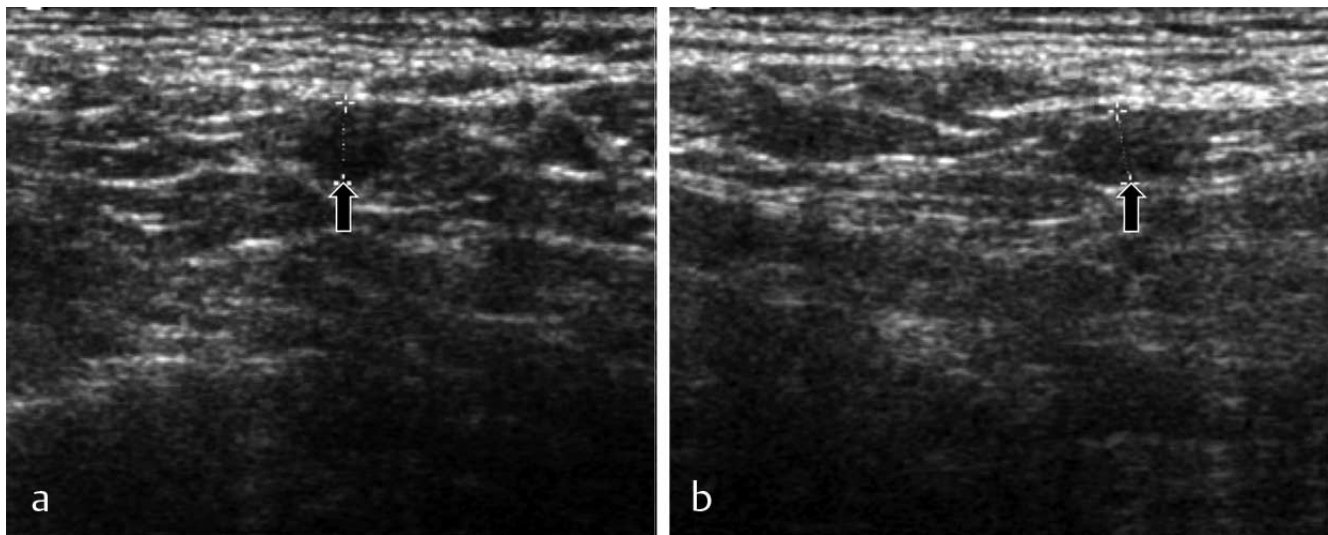


Abb. 6 Normaler Lymphknoten (Pfeile) eines 28-jährigen Patienten im hinteren Halsdreieck (Regio V) im Querschnitt **a** und Längsschnitt **b**. Der echoreiche Hilus fehlt und der Solbiati-Index ist deutlich unter 2.

Fig. 6 Normal lymph nodes (arrows) in a 28-year-old man within the posterior cervical triangle (Regio V) in transverse US scan **a** and longitudinal US scan **b**. The hyperechoic hilum is absent and Solbiati-Index is markedly below 2.

gewiesen, dass dieser das verlässlichste Maßkriterium am Hals darstellt. Übereinstimmend mit unseren Erfahrungen an Probanden und Patienten empfehlen sie, stellvertretend für die Lymphknotengröße lediglich den Kurzsachsendurchmesser zu verwenden [3, 12, 13, 18–20]. Deshalb wird hier in weiterer Folge auf den Kurzsachsendurchmesser als Größenkriterium im Kopf-Hals-Bereich eingegangen. Verschiedene Grenzwerte für den Kurzsachsendurchmesser wurden in der Literatur definiert [3, 12, 13, 18–20], wobei bei der Wahl eines höheren Grenzwerts eine hohe Spezifität, aber geringe Sensitivität und bei der Wahl eines niedrigeren Grenzwerts umgekehrt eine hohe Sensitivität bei geringerer Spezifität für das Vorhandensein einer Lymphadenopathie resultiert. Um eine Lymphadenopathie weitgehend ausschließen zu können, sollte das Kriterium relativ sensitiv gewählt werden. In Übereinstimmung mit der Literatur und unseren Untersuchungsergebnissen an Patienten und Probanden (95% der Lymphknoten von 100 gleichen Regionen an 50 Probanden liegen unter dem Grenzwert) beträgt ein vernünftiger Grenzwert für den Kurzsachsendurchmesser submandibulär und im oberen Halsbereich (Regio Ib und II) (☛ **Abb. 3**) 8 mm [12, 13, 15, 18–20]. Für alle übrigen Halsregionen (submental, parotideal, mittlerer, unterer und hinterer Halsbereich [Regio Ia, III, IV, V] ☛ **Abb. 6**) liegt dieser Grenzwert bei 5 mm [3, 13, 20].

Der jugulodigastrische Lymphknoten oder Küttner-Knoten liegt knapp kranial der Karotisbifurkation unmittelbar seitlich an den großen Halsgefäßen in Regio II. Dieser ist meist der voluminöseste Lymphknoten im Kopf-Hals-Bereich (☛ **Abb. 3**) [2], auch für ihn gilt 8 mm als Kurzsachsendurchmesser.

In den Halsregionen eignen sich die Durchmesser als Kriterium, weil der echoreiche Hilus meist schmal oder fehlend ist und so der Kurzsachsendurchmesser etwa der doppelten Kortextbreite entspricht. Im Gegensatz zum Hals ist inguinal und axillär die Verwendung der Lymphknotengröße und des Kurzsachsendurchmessers als Beurteilungskriterium weniger geeignet, weil der echoreiche Hilus, der bei pathologischen Prozessen im Gegensatz zum Kortex primär nicht teilnimmt, beträchtliche Ausmaße annehmen kann (☛ **Abb. 4**) [11]. In der Literatur sind diesbezüglich wenig Untersuchungen und Normwerte zu finden. Im eigenen Probandengut lag die Kortextbreite in 95% der Lymphknoten in 100 Inguinalregionen unter 2,5 mm und in 100 Axillarregionen unter 4 mm. Diese Grenzwerte haben sich an Patienten bewährt und können als Indikatoren für eine Lymphadenopathie Verwendung finden.

Infraklavikulär und im Mammaria-interna-Gebiet sollten normale Lymphknoten einen Kurzsachsendurchmesser von 3–4 mm nicht überschreiten [9].

Zu bedenken ist, dass die Grenzwerte für die Kurzsachsendurchmesser am Hals und die Kortextbreiten axillär und inguinal orientierende Richtwerte darstellen. So ist es durchaus möglich, dass kleine metastatisch befallene Lymphknoten unter den Grenzwerten liegen und umgekehrt hyperplastische Lymphknoten darüber. Mikrometastasen oder kleine Metastasen unter 3 mm sind generell mit keiner bildgebenden Methode nachweisbar.

Bei stark vergrößerten Lymphknoten mit Zerstörung der Lymphknotenbinnenstruktur kann die resultierende Raumforderung oft nicht mehr eindeutig als Lymphknoten erkannt werden. In diesen Fällen ist dies aufgrund der typi-



Lymph node size, short axis diameter, and cortical width

The size of a lymph node is generally considered to be an important evaluation criterion. The size can be calculated by determining the three diameters at a right angle to one another (◉ Fig. 2). However, the literature provides conflicting information as to which of the three diameters is used as the criterion or the measured diameter is not defined at all. The determination of lymph node volume as the size criterion is complicated and has not become established in routine diagnostics. It must be emphasized that normal lymph nodes can have an astonishingly large longitudinal diameter. Therefore, jugulodigastric lymph nodes are sometimes more than 30 mm long and axillary and inguinal lymph nodes (in particular those with a hypoechoic center) can be more than 40 mm long.

As a general rule, the usually oblong lymph node is rounded in the case of an increase in volume as part of a pathological process (inflammation or neoplasia) (refer to lymph node shape). As a result, the short axis diameter increases in particular. Van den Brekel and other authors therefore showed in their studies that this is the most reliable measurement criterion for the neck. In agreement with our experiences with test subjects and patients, they recommend using only the short axis diameter for the lymph node size [3, 12, 13, 18–20]. Therefore, the following discusses the short axis diameter as the size criterion for the head and neck region. Different limit values for the short axis diameter were defined in the literature [3, 12, 13, 18–20]. A higher limit value results in high specificity but low sensitivity for the presence of lymphadenopathy and conversely a lower limit value results in high sensitivity and low specificity. To be able to largely rule out lymphadenopathy, the criterion should be selected to be relatively sensitive. In accordance with the literature and our examination results for patients and test subjects (95% of lymph nodes in 100 identical regions in 50 test subjects are less than the limit value), a reasonable limit value for the short axis diameter below the mandible and in the upper cervical region (region Ib and II) (◉ Fig. 3) is 8 mm [12, 13, 15, 18–20]. For all remaining cervical regions (submental, parotideal, middle, lower, and posterior cervical region [region Ia, III, IV, V] [◉ Fig. 6]), this limit value is 5 mm [3, 13, 20]. The jugulodigastric lymph node or Küttner's node is just cranial to the carotid bifurcation and immediately lateral to the large cervical vessels in region II. This is typically the most voluminous lymph node in the head and neck region (◉ Fig. 3) [2]. 8 mm is also the short axis limit value in this case.

The diameters in the cervical regions are suitable as the criterion because the hyperechoic hilum is usually narrow or is missing and therefore the short axis diameter is approximately twice the cortical width. In contrast to the neck, the use of lymph node size and short axis diameter for inguinal and axillary lymph nodes is less suitable as an evaluation criterion because the hyperechoic hilum which is not primarily involved in pathological processes in contrast to the cortex can reach considerable dimensions (◉ Fig. 4) [11]. The literature contains few examinations and standard values in this regard. In our own test subject collective, the cortical width was less than 2.5 mm in 95% of lymph nodes in 100 inguinal regions and was less than 4 mm in 100 axillary regions. These limit values have been proven in patients and can be used as indicators for lymphadenopathy.

In the infraclavicular and internal mammary region, normal lymph nodes should not exceed a short axis diameter of 3–4 mm [9].

It must be taken into consideration that the limit values for the short axis diameter in the neck and the cortical widths in the axillary and inguinal lymph nodes are reference values for orientation purposes. Therefore, it is possible for small metastatic lymph nodes to be less than the limit values and conversely for hyperplastic lymph nodes to be greater than these values. Micrometastases or small metastases with a size of less than 3 mm generally cannot be detected with imaging methods.

In the case of greatly enlarged lymph nodes with destruction of the lymph node internal structure, the resulting mass lesion often can no longer be clearly detected as a lymph node. In these cases this can usually be indirectly assumed due to the typical position in one of the lymph node regions (◉ Fig. 7, 10).

Uniformity of the cortical width

Eccentric growth of the hypoechoic lymph node cortex is an important malignancy criterion that can be effectively recorded with B-image sonography (◉ Fig. 8) [21]. This can often be detected primarily in the case of solid tumors due to the circumscribed nodular growth and is very helpful [16, 21]. The sign is relatively specific for a tumorous change but is not sensitive because many malignant lymphomas, in particular chronic lymphatic leukemia (CLL) and anaplastic carcinomas, can result in uniform cortical growth due to the diffuse nature (◉ Fig. 11). It must be taken into consideration that the cortex in the vicinity of the hilum is missing (◉ Fig. 2) and that clear fluctuations regarding the cortical width can often be detected within a normal lymph node. A comparison with other lymph nodes of the same region, the opposite side, and possibly



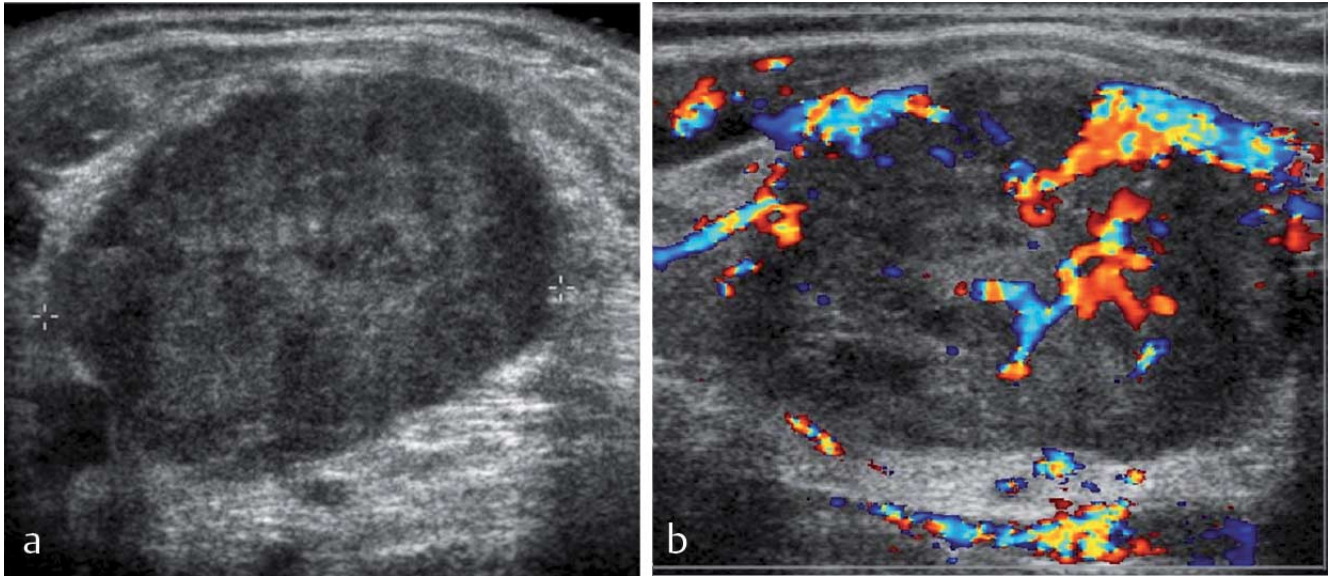


Abb. 7 Große Lymphknotenmetastase links supraclavikulär bei metastasierendem Zervixkarzinom des Uterus (Virchow Lymphknoten) **a** im B-Bild und **b** Farbdoppler-Bild. Ausgeprägt inhomogene Binnenstruktur mit kompletter Aufhebung der normalen Sonoarchitektur des Lymphknotens. Irreguläre Blutgefäßanordnung mit Zerstörung des normalen Gefäßbaums. Zunahme der peripheren Durchblutung zum Teil über „feeding-vessels“ von außen.

Fig. 7 Large lymph node metastasis within the left supraclavicular region in a patient with metastazing cervix carcinoma of uterus (Virchow lymph node) **a** in a B-mode US scan and **b** color Doppler US scan. Very inhomogenous lymph node structure with complete disappearance of the normal lymph node architecture. Irregular arrangement of blood vessels with destruction of the normal blood vessel tree. Increase of peripheral blood flow partially via “feeding-vessels” from surrounding tissue.

schen Lage in einer der Lymphknotenregionen aber indirekt meist zu vermuten (► **Abb. 7, 10**).

Gleichmäßigkeit der Kortextbreite

▼ Eine exzentrische Verbreiterung des echoarmen Lymphknotenkorax gilt als wichtiges Malignitätskriterium, das B-Bild-sonografisch gut erfassbar ist (► **Abb. 8**) [21]. Vor allem für solide Tumoren ist dies aufgrund des umschriebenen nodulären Wachstums oft nachzuweisen und sehr hilfreich [16, 21]. Das Zeichen gilt als relativ spezifisch für eine tumoröse Veränderung, ist aber wenig sensitiv, weil viele maligne Lymphome, insbesondere die chronische lymphatische Leukämie (CLL) und anaplastische Karzinome aufgrund des diffusen Befalls zu einer gleichmäßigen Kortextverbreiterung führen können (► **Abb. 11**). Andererseits ist zu beachten, dass der Kortext in Hilusnähe fehlt (► **Abb. 2**) und dass auch innerhalb eines normalen Lymphknotens häufig deutliche Schwankungen bezüglich der Kortextbreite nachzuweisen sind. Ein Vergleich mit anderen Lymphknoten derselben Region, der Gegenseite und gegebenenfalls anderer Regionen ist zur Abgrenzung gegenüber einer pathologischen Veränderung oft hilfreich. Bei Schwankungen innerhalb eines Lymphknotens sollte die breiteste Kortextstelle im rechten Winkel zur Lymphknotenoberfläche vermessen werden.

Wenn der echoreiche Hilus in einem neoplastisch befallenen Lymphknoten nicht mehr nach-

gewiesen werden kann, weil er komplett verdrängt oder infiltriert ist, ist das Kriterium nicht anwendbar (► **Abb. 7**).

Lymphknotenform und Längen-Tiefen-Verhältnis

▼ Diesem Kriterium liegt die Beobachtung zugrunde, dass die Volumenzunahme eines zunächst meist länglich konfigurierten Lymphknotens besonders im Rahmen einer Neoplasie zu einer deutlichen Abrundung des Lymphknotens führt [3, 17]. Das Verhältnis des Längsdurchmessers zum Querdurchmesser beschreibt diesen Abrundungs- oder Solbiati-Index, wobei ein Index kleiner als 2 oder 1,5 als Malignitätskriterium gilt [19, 22, 23]. Einschränkend muss bedacht werden, dass in einigen Subregionen des Kopf-Hals-Bereiches schon normale Lymphknoten häufig rundlich erscheinen (► **Abb. 6**). Submental, parotideal und im hinteren Halsdreieck sind zwischen 20% und 50% der normalen Lymphknoten rundlich konfiguriert ([13], eigene Beobachtung). Im oberen und mittleren Halsbereich entlang der großen Gefäße sind die normalen Lymphknoten hingegen meist deutlich länglich. Der Solbiati-Index ist besonders als Kriterium für solide Tumoren im Kopf-Hals-Bereich beschrieben [23], Lymphknoten maligner Lymphome bleiben trotz deutlicher Volumenzunahme häufig länglich.



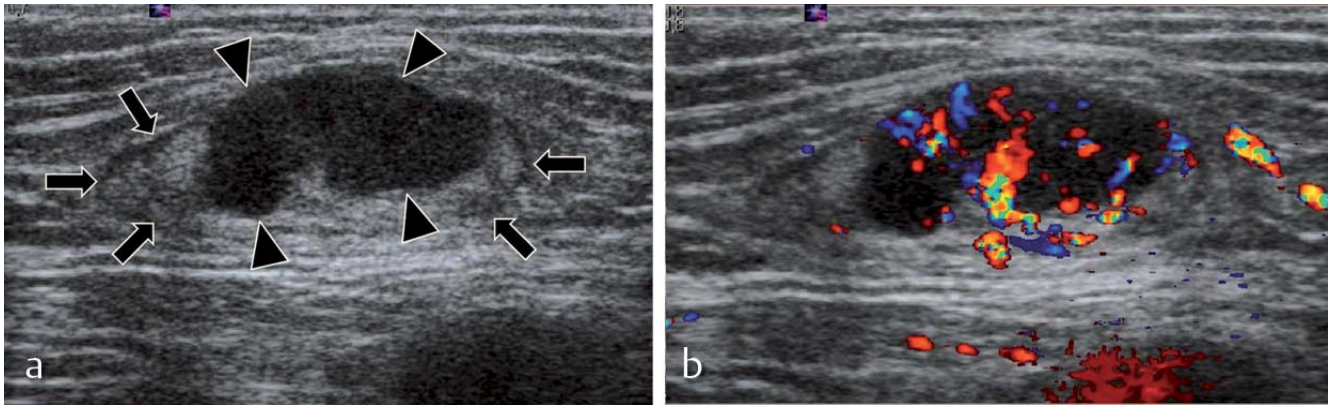


Abb. 8 Partiiell befallener Lymphknoten der Leistenregion durch eine Melanometastase **a** im B-Bild und **b** Farbdoppler-Bild. Ein Teil des Lymphknotens ist normal abgebildet (Pfeile) mit schmalen echoarmem Kortex und breitem echoreichem Hilus. Der Tumor lässt sich durch eine beträchtliche, exzentrische, echoarme Kortextverbreiterung gut erkennen (Pfeilspitzen). Der Farbdoppler zeigt intratumoral eine deutliche, ungeordnete Durchblutung.

Fig. 8 Partially involved lymph node of the inguinal region by melanoma metastasis **a** in a B-mode US scan and **b** a colour Doppler US scan. A part of the lymph node appears normal (arrows) with a thin hypoechoic cortex and a large hyperechoic hilum. The tumour is well detectable by means of a considerable hypoechoic, eccentric widening of the cortex (arrowheads). Colour Doppler US shows a marked, disordered blood flow intratumorally.

other regions is often useful for delimitation with respect to a pathological change. In the case of fluctuations within a lymph node, the widest cortex location should be measured at a right angle to the lymph node surface.

If the hyperechoic hilum in a neoplastic lymph node can no longer be detected because it is completely displaced or infiltrated, the criterion cannot be applied (► Fig. 7).

Lymph node shape and length-depth ratio ▼

This criterion is based on the observation that the increase in volume of a usually oblong lymph node results in clear rounding of the lymph node particularly in the case of neoplasia [3, 17]. The ratio of the longitudinal diameter to the short axis diameter is the rounding or Solbiati index. An index of less than 2 or 1.5 is a malignancy criterion [19, 22, 23]. However, it must be taken into consideration that normal lymph nodes often appear rounded in some subregions of the head and neck area (► Fig. 6). 20--50% of normal submental and parotid lymph nodes and those in the posterior triangle are rounded ([13], own observation).

In contrast, normal lymph nodes are usually clearly oblong in the upper and middle cervical region.

The Solbiati index is described in particular as a criterion for solid tumors in the head and neck region [23]. Despite a clear increase in volume, lymph nodes in malignant lymphomas often remain oblong.

An additional limitation is that the Solbiati index is often false-negative in axillary and inguinal lymph nodes even in the case of carcinomas (► Fig. 8) because the often very large lymph nodes containing enlarged fat tissue in these regions must have significant tumor tissue to yield a pathological finding using the

Solbiati index. The cortical width and the asymmetry of the cortex are better criteria in these regions (► Fig. 8).

Van den Brekel proves that it is not necessary to use the Solbiati index when using the short axis diameter because the short axis diameter is the more reliable criterion for differentiated use [18] (refer to short axis diameter).

On the other hand, it must be mentioned that very small pathological lymph nodes sometimes can only be detected via the Solbiati index when they appear as small hypoechoic globular structures that do not exceed the limit values of the short axis diameter.

Homogeneity of the internal structure ▼

The lymph node cortex and lymph node hilum usually have a homogeneous structure when visualized with sonography. Inhomogeneity of the lymph node internal structure is an important malignancy criterion (► Fig. 7) [6, 17]. The sensitive detection of this sign is facilitated by highly qualitative instruments and corresponding equipment settings with a highly dynamic range, sufficiently high gain, and possibly the use of native harmonic imaging. Inhomogeneities such as a nodular internal structure are described and helpful for solid tumors in particular [6]. They are significantly rarer in the case of malignant lymphomas. The cause of the inhomogeneity is the nodular growth of solid tumors and the tendency toward necroses and cystic portions (► Fig. 7) which are very rare in the case of lymphomas [24]. It must be taken into consideration that some inflammatory processes, primarily tuberculosis, also tend toward the formation of necroses.

Centrally located hyperechoic inhomogeneities in the case of (squamous cell carcinoma) metastases should not be confused with a normal hy-



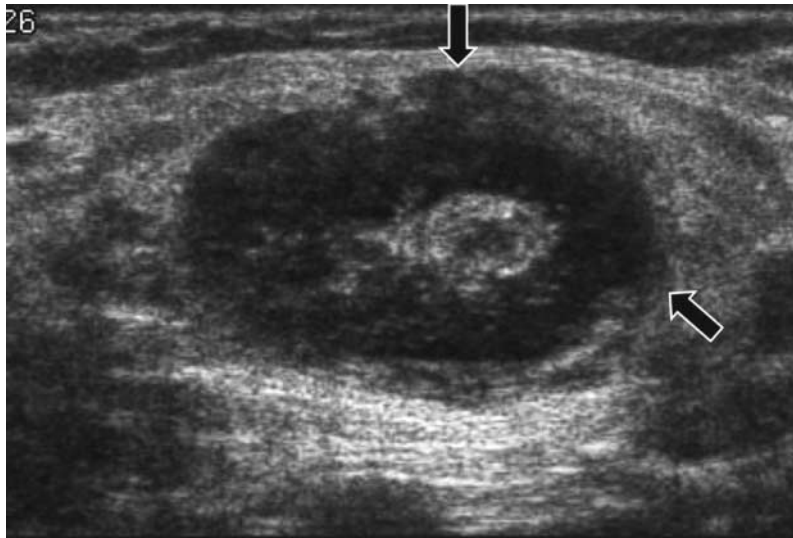


Abb. 9 Befallener inguinaler Lymphknoten mit Kapselüberschreitung bei Rezidiv eines follikulären Lymphoms. Der Kortex ist deutlich verbreitert, inhomogen und nach außen unscharf begrenzt (Pfeile). Der echoreiche Hilus ist teilweise erhalten.

Fig. 9 Involved lymph node exceeding the capsule in a patient with relapse of follicular lymphoma. The lymph node cortex is markedly widened, inhomogenous and ill defined against the surrounding tissue (arrows). The hyperechoic hilum is partly preserved.

Eine weitere Limitation ist, dass der Solbiati-Index axillär und inguinal selbst bei Karzinomen häufig falsch negativ ist (Abb. 8), weil die oft sehr großen, ausgedehnt Fettgewebe enthaltenden Lymphknoten in diesen Regionen sehr viel Tumorgewebe aufweisen müssen, um über den Solbiati-Index auffällig zu werden. In diesen Regionen ist die Kortextbreite und die Asymmetrie des Kortex das bessere Kriterium (Abb. 8). Van den Brekel weist nach, dass bei Verwendung des Kurzachsendurchmessers auf den Solbiati-Index verzichtet werden kann, weil der Kurzachsendurchmesser bei differenzierter Anwendung das verlässlichere Kriterium ist [18] (siehe 2 Kurzachsendurchmesser).

Andererseits muss erwähnt werden, dass sehr kleine pathologische Lymphknoten manchmal nur über den Solbiati-Index auffallen, wenn sie als kleine echoarme globuläre Gebilde erscheinen, ohne die Grenzwerte des Kurzachsendurchmessers zu überschreiten.

Homogenität der Binnenstruktur

Der Lymphknotenkorax und Lymphknotenhilus sind sonografisch meist homogen strukturiert. Eine auffällige Inhomogenität der Lymphknotenbinnenstruktur ist ein wichtiges Malignitätskriterium (Abb. 7) [6, 17]. Die sensitive Erfassung dieses Zeichens wird durch eine hochqualitative apparative Ausstattung und entsprechende Geräteeinstellung mit hohem dynamischem Bereich, ausreichend hoher Gain und eventuell die Verwendung von nativem Harmonic Imaging erleichtert. Inhomogenitäten im Sinne einer nodulär-vergrößerten Binnenstruktur

sind vor allem für solide Tumoren beschrieben und hilfreich [6], bei malignen Lymphomen sind sie deutlich seltener zu finden. Die Ursache der Inhomogenität ist einerseits das noduläre Wachstum der soliden Tumoren und andererseits die Neigung zu Nekrosen und zystischen Anteilen (Abb. 7), die bei Lymphomen sehr selten sind [24]. Zu beachten ist, dass manche entzündliche Prozesse, vor allem die Tuberkulose, ebenfalls zur Ausbildung von Nekrosen neigt.

Zentral gelegene echoreiche Inhomogenitäten bei (Plattenepithelkarzinom-)Metastasen dürfen nicht mit einem normalen echoreichen Hilus verwechselt und somit als Benignitätszeichen fehlinterpretiert werden [12].

Nekrosen in Lymphknotenmetastasen sind auch sehr wichtiges CT- und MRT-Kriterium. Diese werden durch die fehlende Kontrastmittelaufnahme in den Nekrosezonen und die peripher betonte Kontrastmittelaufnahme (rim enhancement) nachgewiesen [18, 25–27].

Maligne Lymphome erscheinen oft homogen echoarm bis fast echofrei, sind aber nur selten nekrotisch.

Begrenzung der Lymphknoten

Sonografisch ist der normale Lymphknoten gegenüber der Umgebung scharf begrenzt. Der äußere echoarme Kortex kontrastiert deutlich gegenüber dem umgebenden echoreicheren Fett-Bindegewebe und erleichtert damit die sonografische Identifizierbarkeit eines Lymphknotens (Abb. 2, 3). Im Rahmen einer Lymphadenopathie bleibt der pathologische Prozess meist auf die Lymphknoten beschränkt und die sonografische Begrenzung bleibt unverändert scharf (Abb. 10). Solide Tumoren und maligne Lymphome, insbesondere hochmaligne Lymphome können ein kapselüberschreitendes Wachstum aufweisen, das sonografisch als unscharfe Begrenzung imponiert (Abb. 9) [25, 28]. Die Kapselüberschreitung kann in weiterer Folge zu ausgedehnten neoplastischen Prozessen mit Infiltration umliegender Gewebe, der Muskulatur, der Gefäße und Nervenbahnen führen, die sonografisch meist gut erfasst werden kann [2, 28]. Zu beachten ist, dass auch entzündliche Prozesse unterschiedlicher Ätiologie zur Ausbreitung in die Lymphknotenumgebung führen können [25]. Diese Perilymphadenitis lässt sich sonografisch meist als umgebende echoreiche, seltener echoarme Strukturalteration erkennen und ist nicht immer gegenüber neoplastischen Prozessen differenzierbar [25].



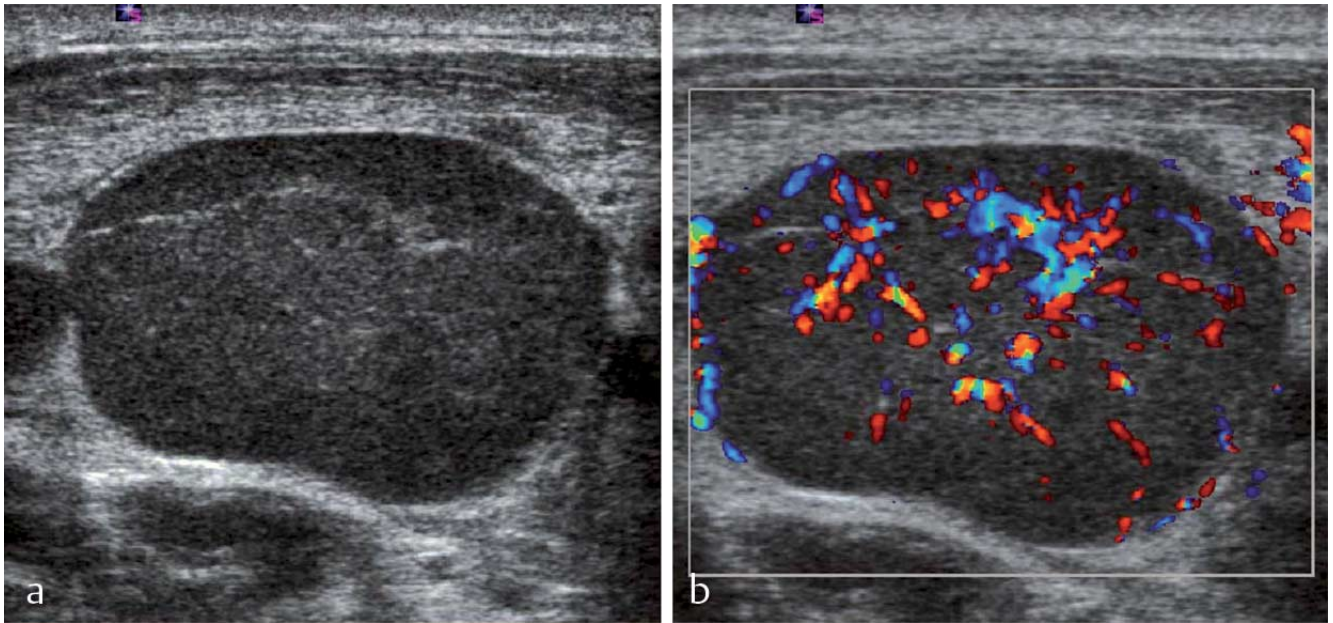


Abb. 10 Stark vergrößerter, befallener Lymphknoten zervikal bei Morbus Hodgkin **a** im B-Bild und **b** Farbdoppler-Bild. Relativ homogene, echoarme Binnenstruktur und verdrängter, eingengter, echoreicher Hilus. Gesteigerte Durchblutung mit teilweise erhaltenem Gefäßbaum.

Fig. 10 Markedly enlarged, involved lymph node in a patient with Hodgkin's disease **a** in a B-mode US scan and **b** in a color Doppler US scan. Relatively homogeneous, hypoechoic texture and displaced, narrowed, hyperechoic hilum. Increased blood flow with partly preserved tree of blood vessels.

perchoic hilum and thus incorrectly interpreted as a sign of benignity [12].

Necroses in the lymph node metastases are also a very important CT and MRI criterion. These are detected by the lack of contrast agent uptake in the necrosis zones and the peripheral contrast agent uptake (rim enhancement) [18, 25–27]. Malignant lymphomas often appear homogeneously hypoechoic to almost anechoic but are rarely necrotic.

Lymph node border

Normal lymph nodes have a clear border with respect to their surroundings in sonography. The outer hypoechoic cortex is in clear contrast to the surrounding hyperechoic fat connective tissue and thus simplifies the ability to identify a lymph node with sonography (● Fig. 2, 3). In the case of lymphadenopathy, the pathological process is typically restricted to the lymph nodes and the sonographic delimitation remains clear (● Fig. 10). Solid tumors and malignant lymphomas – in particular highly malignant lymphomas – can exhibit growth exceeding the capsule that is seen sonographically as an unclear border (● Fig. 9) [25, 28]. The growth beyond the capsule can result in extensive neoplastic processes with infiltration of the surrounding tissue, musculature, vessels, and nerve pathways that can usually be effectively visualized with sonography [2, 28]. Inflammatory processes of varying etiology can result in spreading to the lymph node surroundings [25]. This perilymphadenitis can be visualized with sonography usually as a per-

ipheral hyperechoic structure alteration or more rarely as a hypoechoic structure alteration and cannot always be differentiated from neoplastic processes [25].

Distribution pattern of lymphadenopathy

For differential diagnosis it is helpful to consider the distribution pattern of lymphadenopathy. Lymph node metastases of solid tumors are initially usually located and grouped in the lymphatic drainage area. The grouping of several marginally large lymph nodes can be evaluated as suspicious for metastases [18] but is not specific. Malignant lymphomas can be locally restricted (e.g. localized Hodgkin's disease in the early stage) but they are usually systemic and affect a number of lymph node stations.

B-image sonography of the peripheral lymph nodes: tips and technical pitfalls

The B-image should not be too dark and the dynamic range should not be too small so that hypoechoic solid lymph nodes do not appear anechoic.

In the case of a "pathological node", in particular axillary and inguinal nodes, a targeted search for a displaced hilum or normal lymph node portion which can normally still be detected due to the often large normal lymph nodes in these regions should be performed (● Fig. 8).

In the case of the parotid gland, sonography shows typically normal lymph nodes in contrast



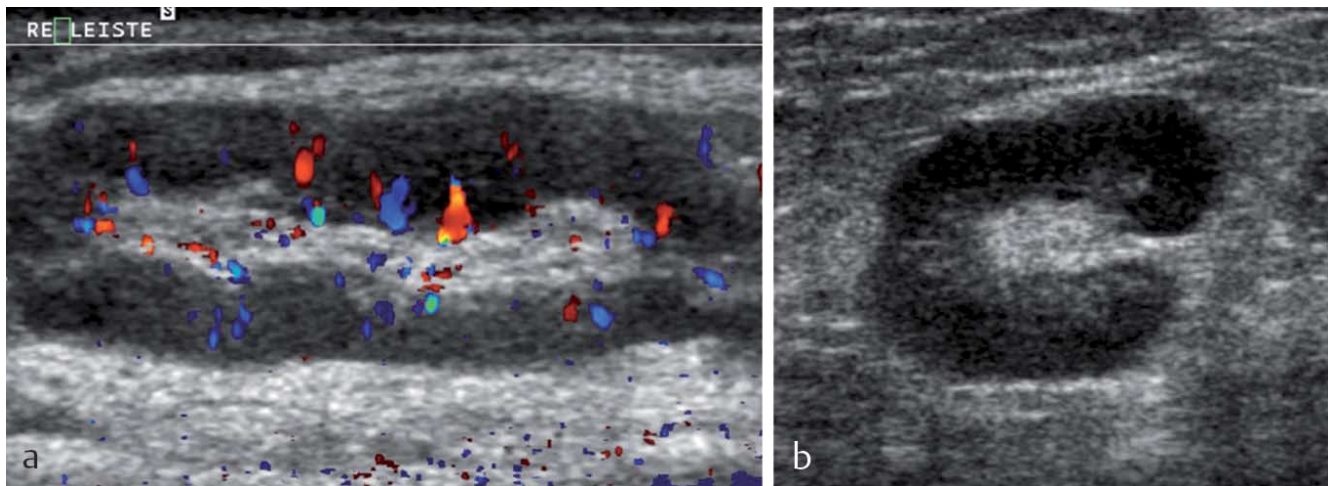


Abb. 11 Befallener Leistenlymphknoten bei chronischer lymphatischer Leukämie (CLL) **a** im Längsschnitt und **b** Querschnitt. Die Lymphknotensonoarchitektur ist typischerweise erhalten, wobei nur der Kortex deutlich, aber gleichmäßig verbreitert erscheint. Die Binnenstruktur ist homogen und die Durchblutung gleichmäßig gesteigert. Das Erscheinungsbild ähnelt stark dem entzündlicher Lymphknoten.

Fig. 11 Involved lymph node in a patient with chronic lymphatic leukaemia (CLL) **a** in a longitudinal US scan and **b** in a transverse US scan. The US architecture of the lymph nodes is typically preserved, whereas only the cortex is markedly, however uniformly thickened. The US texture is homogenous and the blood flow evenly increased. The appearance is similar to inflamed lymph nodes.

Verteilungsmuster der Lymphadenopathie

Die Beachtung des Verteilungsmusters einer Lymphadenopathie hilft bei der differenzialdiagnostischen Eingrenzung. Lymphknotenmetastasen solider Tumoren sind zunächst meist im Lymphabflussgebiet lokalisiert und gruppiert. Auch die Gruppierung von mehreren grenzwertig großen LK kann gegebenenfalls als metastasensuspекt gewertet werden [18], ist jedoch nicht spezifisch.

Maligne Lymphome können prinzipiell auch örtlich begrenzt sein (z.B. lokalisierter Morbus Hodgkin im Frühstadium), meist sind sie jedoch systemisch und betreffen mehrere Lymphknotenstationen.

B-Bild-Sonografie der peripheren Lymphknoten: Tipps und Fallgruben

Das B-Bild sollte nicht zu dunkel und der Dynamikbereich nicht zu klein gewählt werden, damit nicht echoarme solide Lymphknoten echofrei erscheinen.

Bei einem „pathologischen Knoten“ insbesondere axillär und inguinal ist gezielt nach einem verdrängten Hilus oder normalen Lymphknotenanteil zu fahnden, der häufig wegen der oft großen normalen Lymphknoten in diesen Regionen noch nachgewiesen werden kann (► **Abb. 8**).

Die Glandula parotidea zeigt sonografisch regelhaft normale Lymphknoten im Gegensatz zur Glandula submandibularis und Schilddrüse in denen praktisch nie solche nachzuweisen sind.

Der kaudalste Lymphknoten der Inguinalregion liegt bereits deutlich im Oberschenkel und darf im Rahmen einer Untersuchung nicht ausgelassen werden.

Deutlich vergrößerte Lymphknoten im mittleren bis unteren Halsbereich sind selten entzündlich reaktiv und sind deshalb grundsätzlich als malignomsuspекt einzustufen [15].

Entitäten, die häufig mit pathologischen Lymphknoten verwechselt werden, jedoch ein charakteristisches Erscheinungsbild aufweisen, sind die laterale Halszyste, der Glomustumor, das Neurinom, das Lipom und das Atherom. Die laterale Halszyste liegt exakt am Vorderrand des Musculus sternocleidomastoideus und wird typischerweise als solide fehlinterpretiert wegen der häufigen feindispersen Binnenechos. Der Glomustumor sitzt meist in der Karotisbifurkation, weitet diese auf und bietet aufgrund der extremen Vaskularisation ein farb-/powerdopplersonografisches „Inferno“. Das Neurinom ist meist spindelförmig und üblicherweise in Nähe zu den großen Nervenbahnen. Bei gezielter Suche ist oft die direkte Verbindung zum Ausgangsnerven nachweisbar. Das Lipom ist meist linsenförmig und zeigt eine typische gefiederte Struktur. Das Atherom reicht bis in die Kutis und zeigt oft einen angedeuteten echoarmen Ausführungsgang.



to the submandibular gland and thyroid gland in which such lymph nodes can almost never be detected.

The most caudal lymph node of the inguinal region is clearly located in the thigh and must be included in an examination.

Significantly enlarged lymph nodes in the middle to lower neck region are rarely inflammatory and should therefore be classified as suspicious for malignancy [15].

Entities that are often confused with pathological lymph nodes but have a characteristic appearance are the lateral cervical cyst, the glomus tumor, the neurinoma, the lipoma, and the atheroma. Lateral cervical cysts are located precisely on the front edge of the sternocleidomastoid muscle and are typically misinterpreted as solid due to the frequently finely dispersed internal echoes. Glomus tumors are usually located in the carotid bifurcation which is thus enlarged and represent a color/power Doppler sonography "inferno" due to the extreme vascularization. Neurinomas are usually spindle-shaped and are typically near the large nerve pathways. During a targeted search, the direct connection to the starting nerves can often be identified. Lipomas are usually lens-shaped and have a typical peniform structure. Atheromas extend to the skin and often have a hypochoic excretory duct.

Literatur/References

- 1 Leicher-Dueber A, Bleier R, Dueber C et al. Halslymphknotenmetastasen: Histologisch kontrollierter Vergleich von Palpation, Sonographie und Computertomographie. *Fortschr Röntgenstr* 1990; 153: 575–579
- 2 Gritzmann N, Czembirek H, Hajek P et al. Sonographie bei cervicalen Lymphknotenmetastasen. *Radiologe* 1987; 27: 118–122
- 3 Overhagen H, Lameris JS, Berger MY et al. Supraclavicular lymph node metastases in carcinoma of the esophagus and gastroesophageal junction: assessment with CT, US, and US-guided fine-needle aspiration biopsy. *Radiology* 1991; 179: 155–158
- 4 Bruneton JN, Caramella E, Hery M et al. Axillary lymph node metastases in breast cancer: preoperative detection with US. *Radiology* 1986; 158: 325–326
- 5 de Bondt RBJ, Nelemans PJ, Hofman PAM et al. Detection of lymph node metastases in head and neck cancer: a meta-analysis comparing US, USgFNAC, CT and MR imaging. *Eur J Radiol* 2007; 64: 266–272
- 6 Sumi M, Ohki M, Nakamura T. Comparison of sonography and CT for differentiation benign from malignant cervical lymph nodes in patients with squamous cell carcinoma of the head and neck. *AJR* 2001; 176: 1019–1024
- 7 Som PM, Curtin HD, Mancuso AA. Imaging-based nodal classification for evaluation of neck metastatic adenopathy. *AJR* 2000; 174: 837–844
- 8 Yang WT, Ahuja A, Tang A et al. Ultrasonographic detection of normal axillary lymph nodes: a learning curve. *J Ultrasound Med* 1995; 14: 823–827
- 9 Esen G. Ultrasound of superficial lymph nodes. *Eur J Radiol* 2006; 58: 345–359
- 10 Rubaltelli L, Proto E, Salmasco R et al. Sonography of abnormal lymph nodes in vitro: correlation of sonographic and histologic findings. *AJR* 1990; 155: 1241–1244
- 11 Rettenbacher T, Fankhauser C, Sögner P et al. Sonographie peripherer Lymphknoten: Echoarmer Lymphknotenhilus – eine wichtige Normvariante. *Ultraschall in Med* 2003; 24: S55
- 12 Bruneton JN, Balu-Maestro C, Marcy PY et al. Very high frequency (13 MHz) ultrasonographic examination of the normal neck: detection of normal lymph nodes and thyroid nodules. *J Ultrasound Med* 1994; 13: 87–90
- 13 Ying M, Ahuja A, Brook F et al. Sonographic appearance and distribution of normal cervical lymph nodes in a Chinese population. *J Ultrasound Med* 1996; 15: 431–436
- 14 Ying M, Ahuja A, Brook F et al. Sonographic appearances of cervical lymph nodes: variations by age and sex. *J Clin Ultrasound* 2002; 30: 1–11
- 15 Gritzmann N, Hollerweger A, Macheiner P et al. Sonography of soft tissue masses of the neck. *J Clin Ultrasound* 2002; 30: 356–373
- 16 Moore A, Hester M, Nam MW et al. Distinct lymph nodal sonographic characteristics in breast cancer patients at high risk for axillary metastases correlate with the final axillary stage. *Br J Radiol* 2008; 81: 630–636
- 17 Gritzmann N. Sonography of the neck: current potentials and limitations. *Ultraschall in Med* 2005; 26: 185–196
- 18 van den Brekel MWM, Stel HV, Castelijns JA et al. Cervical lymph node metastasis: assessment of radiologic criteria. *Radiology* 1990; 177: 379–384
- 19 Steinkamp HJ, Teske C, Knöbber E et al. Sonographie in der Tumornachsorge von Kopf-Hals-Tumorpatienten. *Ultraschall in Med* 1994; 15: 81–88
- 20 Ying M, Ahuja A, Brook F et al. Nodal shape (S/L) and its combination with size for assessment of cervical lymphadenopathy: which cut-off should be used? *Ultrasound Med Biol* 1999; 25: 1169–1175
- 21 Tregnaghi A, De Candia A, Calderone M et al. Ultrasonographic evaluation of superficial lymph node metastases in melanoma. *Eur J Radiol* 1996; 24: 216–221
- 22 Vassallo P, Edel G, Roos N et al. In-vitro high-resolution ultrasonography of benign and malignant lymph nodes. *Invest Radiol* 1993; 28: 698–705
- 23 Solbiati L, Rizzato G, Bellotti E et al. High resolution sonography of cervical lymph nodes in head and neck cancer: criteria for differentiation of reactive versus malignant nodes. *Proceedings of the 74th Meeting of the Radiologic Society of North America*. Chicago; 1988: 113
- 24 Hollerweger A, Macheiner P, Neureiter D et al. Außergewöhnlich zystisches Erscheinungsbild von Lymphknoten bei malignem Lymphom. *Ultraschall in Med* 2008; 29: 308–310
- 25 Som PM. Lymph nodes of the neck. *Radiology* 1987; 165: 593–600
- 26 Sakaguchi T, Yamashita Y, Katahira K et al. Differential diagnosis of small round cervical lymph nodes: comparison of power Doppler US with contrast-enhanced CT and pathologic results. *Radiation Medicine* 2001; 19: 119–125
- 27 King AD, Tse GMK, Ahuja A et al. Necrosis in metastatic neck nodes: diagnostic accuracy of CT, MR imaging, and US. *Radiology* 2004; 230: 720–726
- 28 Steinkamp HJ, Beck A, Werk M et al. Extracapsular spread of cervical lymph node metastases: diagnostic relevance of ultrasound examinations. *Ultraschall in Med* 2003; 24: 323–330



CME-Fragen

Sonografie der peripheren Lymphknoten Teil 1: Normalbefunde und B-Bild-Kriterien

1 Welche Aussage zu normalen Lymphknoten ist falsch?

- A Manchmal sind in normalen Lymphknoten sonografisch 3 Zonen nachweisbar.
- B Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene haben generell mehr lymphatisches Gewebe als ältere Erwachsene.
- C Normale zervikale Lymphknoten zeigen sonografisch immer 2 Zonen.
- D An normalen Halslymphknoten ist oft kein echoreicher Hilus erkennbar.
- E Der jugulodigastrische Lymphknoten ist meist der voluminöseste im Kopf-Hals-Bereich.

2 Welche Aussage zur Lymphknotengröße ist richtig?

- A) 4 im rechten Winkel zueinander stehende Hauptdurchmesser können an einem Lymphknoten definiert werden.
 - B) Bei Volumenzunahme eines Lymphknotens nimmt besonders der Kurzachsendurchmesser zu.
 - C) Ein vernünftiger Kurzachsengrenzwert ist für Regio Ib und II 8 mm und für alle anderen Kopf-Hals-Regionen 5 mm.
 - D) Normale axilläre Lymphknoten haben oft einen schmalen echoreichen Hilus.
 - E) Ein vernünftiger Kortextbreitengrenzwert für die Axilla ist 4 mm und für die Inguinalregion 2,5 mm.
- A Alle sind richtig.
 - B Nur B–E sind richtig.
 - C Nur B und E sind richtig.
 - D Nur B, C und E sind richtig.
 - E Nur A, B und D sind richtig.

3 Welche Aussage ist richtig?

- A) In einigen Subregionen am Hals erscheinen oft schon normale Lymphknoten relativ rund.
 - B) Die Größe eines axillären Lymphknotens ist ein brauchbares Beurteilungskriterium.
 - C) Pathologische Prozesse betreffen meistens vor allem den echoreichen Lymphknotenhilus.
 - D) Die axillären und infraklavikulären Lymphknoten sind sonografisch weniger leicht darstellbar als die inguinalen Lymphknoten.
 - E) Auch bei neoplastischem Befall ist bei inguinalen und axillären Lymphknoten der echoreiche Hilus häufig noch erhalten.
- A Alle sind richtig.
 - B Nur A, C, D und E sind richtig.
 - C Nur A, D und E sind richtig.
 - D Nur B, C und E sind richtig.
 - E Nur A, B und D sind richtig.

4 Welche Aussage ist falsch?

- A Solide Tumoren verursachen oft eine exzentrische Kortextverbreiterung.
- B Lymphknoten sind nach außen meistens auch bei neoplastischem Befall scharf begrenzt.
- C Der Abrundungs- oder Solbiati-Index ist als Kriterium vor allem für maligne Lymphome beschrieben.
- D Bei Verwendung des Kurzachsendurchmessers als Malignitätskriterium kann auf den Solbiati-Index weitgehend verzichtet werden.
- E Der Lymphknotenbefall durch solide Tumoren verursacht meist eine inhomogene Binnenstruktur.

5 Welche Aussage ist richtig?

- A) Die Sonografie ist nicht die bildgebende Methode der Wahl zur Beurteilung der peripheren Lymphknotenstationen.
 - B) Die Doppler-Sonografie ist für eine qualifizierte sonografische Beurteilung der peripheren Lymphknoten nicht notwendig.
 - C) In den Ellenbeugen und Kniekehlen befinden sich periphere Lymphknotenstationen.
 - D) Maligne Lymphome und anaplastische Karzinome können eine gleichmäßige Kortextverbreiterung verursachen.
 - E) Vergrößerte Lymphknoten im mittleren und unteren Halsbereich sind meist entzündlich bedingt.
- A Nur B–E sind richtig.
 - B Nur A–D sind richtig.
 - C Nur B–D sind richtig.
 - D Nur C und D sind richtig.
 - E Nur B und D sind richtig.

6 Welche Aussage zur Sonografie peripherer Lymphknoten ist falsch?

- A Der normale Lymphknoten ist bohnenförmig.
- B Normale Lymphknoten mit 3 sonografisch unterscheidbaren Zonen kommen inguinal und axillär, aber nie zervikal vor.
- C Entzündlich reaktive Lymphknoten am Hals weisen häufig keinen echoreichen Hilus auf.
- D Die exzentrische Verbreiterung des Lymphknotenkortext ist ein wichtiges Malignitätskriterium.
- E Im mittleren und unteren Halsbereich (Regio III und IV) sind normale Lymphknoten oft rundlich konfiguriert.

- 7 Welche Aussage ist richtig?**
- A) Innerhalb eines normalen Lymphknotens kann die Kortexbreite deutlich schwanken.
 B) Der Solbiati-Index ist ein Maß für die Abrundung eines Lymphknotens.
 C) Metastatisch befallene Lymphknoten sind oft länger als betroffene Lymphknoten maligner Lymphome.
 D) Die nodulär vergrößerte Binnenstruktur von Lymphknoten findet sich vor allem bei soliden Tumoren.
 E) Der normale Lymphknotenkortex und Lymphknotenhilus sind sonografisch meist inhomogen strukturiert.
- A Nur A–D sind richtig.
 B Nur A, B und D sind richtig.
 C Nur A, D und E sind richtig.
 D Nur B, C und E sind richtig.
 E Nur A und B sind richtig.

- 8 Welche Aussage ist falsch?**
- A Echoreiche Inhomogenitäten bei soliden Tumoren können mit einem normalen Hilus verwechselt werden.
 B Betroffene Lymphknoten maligner Lymphome haben selten nekrotische Anteile.
 C Metastasen unter 3 mm Größe können mit keiner bildgebenden Methode nachgewiesen werden.
 D Im Rahmen eines tumorösen Befalls von axillären und inguinalen Lymphknoten geht der echoreiche Hilus rasch verloren.
 E Der normale Lymphknoten ist nach außen scharf begrenzt.

- 9 Welche Aussage ist richtig?**
- A) Maligne Lymphome befallen oft Lymphknoten unterschiedlicher Stationen.
 B) Das B-Bild sollte nicht zu dunkel gewählt werden, um nicht echoarme, solide Lymphknoten als zystisch zu interpretieren.
 C) Der pathologische Lymphknoten ist sonografisch nach außen meist unscharf begrenzt.
 D) Das sonografische Erscheinungsbild normaler Lymphknoten kann sehr unterschiedlich sein.
 E) Die parapharyngealen und paravertebralen Lymphknoten am Hals sind sonografisch meist ausreichend darstellbar.
- A Nur A, B und D sind richtig.
 B Nur A–D sind richtig.
 C Nur A, D und E sind richtig.
 D Nur B, C und E sind richtig.
 E Nur A–C sind richtig.

- 10 Welche Aussage ist richtig?**
- A) Der Lymphknotenhilus erscheint wegen der vielen akustischen Grenzflächen echoreich.
 B) Das sonografische Erscheinungsbild der axillären Lymphknoten und zervikalen Lymphknoten ähneln einander.
 C) Das Verteilungsmuster einer Lymphadenopathie hilft in der differenzialdiagnostischen Eingrenzung.
 D) Die Sonografie ermöglicht den Ausschluss einer Lymphknotenmetastase im Lymphabflussgebiet.
 E) Befallene Lymphknoten bei malignem Lymphom haben sehr selten zystische Anteile.
- A Alle sind richtig.
 B Nur A–D sind richtig.
 C Nur A, D und E sind richtig.
 D Nur B, C und E sind richtig.
 E Nur A, C und E sind richtig.



CME-Questions

Sonography of Peripheral Lymph Nodes Part 1: Normal Findings and B-Image Criteria

1 Which statement regarding normal lymph nodes is false?

- A Three zones can sometimes be detected in normal lymph nodes with sonography.
- B Children, minors, and young adults generally have more lymphatic tissue than older adults.
- C Two zones are always visualized by sonography in normal cervical lymph nodes.
- D A hyperechoic hilum often cannot be detected in the case of normal cervical lymph nodes.
- E The jugulodigastric lymph node is usually the most voluminous node in the head and neck region.

2 Which statement regarding lymph node size is correct?

- A Four main diameters at right angles to one another can be defined at one lymph node.
- B In the case of an increase in lymph node volume, the short axis diameter increases in particular.
- C A reasonable short axis limit value is 8 mm for region Ib and II and 5 mm for all other head and neck regions.
- D Normal axillary lymph nodes often have a narrow hyperechoic hilum.
- E A reasonable cortical width limit value is 4 mm for the axilla and 2.5 mm for the inguinal region.

- A All are correct.
- B Only B–E are correct.
- C Only B and E are correct.
- D Only B, C, and E are correct.
- E Only A, B, and D are correct.

3 Which statement is correct?

- A Normal lymph nodes often appear relatively round in some subregions of the neck.
- B Axillary lymph node size is a useful evaluation criterion.
- C Pathological processes usually relate primarily to the hyperechoic lymph node hilum.
- D The axillary and infraclavicular lymph nodes are more difficult to visualize with sonography than inguinal lymph nodes.
- E The hyperechoic hilum is often still present in neoplastic inguinal and axillary lymph nodes.

- A All are correct.
- B Only A, C, D, and E are correct.
- C Only A, D, and E are correct.
- D Only B, C, and E are correct.
- E Only A, B, and D are correct.

4 Which statement is false?

- A Solid tumors often cause eccentric cortical growth.
- B Even neoplastic lymph nodes are usually clearly bordered to the outside.
- C The rounding or Solbiati index is described as a criterion primarily for malignant lymphomas.
- D The Solbiati index can be largely dispensed with when using the short axis diameter as a malignancy criterion.
- E Lymph nodes affected by solid tumors usually result in an inhomogeneous internal structure.

5 Which statement is correct?

- A Sonography is not the imaging method of choice for evaluating peripheral lymph node stations.
- B Doppler sonography is not necessary for qualified sonographic evaluation of peripheral lymph nodes.
- C Peripheral lymph node stations are located in the elbows and popliteal cavities.
- D Malignant lymphomas and anaplastic carcinomas can cause uniform cortical growth.
- E Enlarged lymph nodes in the middle and lower cervical region are usually due to inflammation.

- A Only B–E are correct.
- B Only A–D are correct.
- C Only B–D are correct.
- D Only C and D are correct.
- E Only B and D are correct.

6 Which statement regarding peripheral lymph node sonography is false?

- A Normal lymph nodes are bean-shaped.
- B Normal lymph nodes with three zones that can be differentiated with sonography can be inguinal or axillary but never cervical.
- C Inflammatory lymph nodes in the neck often do not have a hyperechoic hilum.
- D The eccentric growth of the lymph node cortex is an important malignancy criterion.
- E Normal lymph nodes are often rounded in the middle and lower cervical region (region III and IV).

- 7** Which statement is correct?
- A** Cortical width can fluctuate significantly within a normal lymph node.
- B** The Solbiati index is a measure of the rounding of a lymph node.
- C** Metastatic lymph nodes are often more elongated than affected lymph nodes in malignant lymphomas.
- D** The nodular internal structure of lymph nodes occurs primarily in the case of solid tumors.
- E** A normal lymph node cortex and lymph node hilum usually have a inhomogeneous structure when visualized with sonography.
- A** Only A–D are correct.
- B** Only A, B, and D are correct.
- C** Only A, D, and E are correct.
- D** Only B, C, and E are correct.
- E** Only A and B are correct.

- 8** Which statement is false?
- A** Hyperechoic inhomogeneities in the case of solid tumors can be confused with a normal hilum.
- B** Affected lymph nodes of malignant lymphomas rarely have necrosis.
- C** Metastases with a size of less than 3 mm cannot be detected with an imaging method.
- D** In the case of axillary and inguinal lymph node tumors, the hyperechoic hilum disappears quickly.
- E** Normal lymph nodes are clearly bordered to the outside.

- 9** Which statement is correct?
- A** Malignant lymphomas often affect lymph nodes of different stations.
- B** The B-image should not be too dark so that hypoechoic solid lymph nodes are not interpreted as cystic.
- C** Pathological lymph nodes usually have an unclear border to the outside when visualized with sonography.
- D** The sonographic appearance of normal lymph nodes can differ greatly.
- E** Parapharyngeal and paravertebral lymph nodes in the neck can usually be sufficiently visualized with sonography.
- A** Only A, B, and D are correct.
- B** Only A–D are correct.
- C** Only A, D, and E are correct.
- D** Only B, C, and E are correct.
- E** Only A–C are correct.

- 10** Which statement is correct?
- A** The lymph node hilum appears hyperechoic due to the many acoustic boundary surfaces.
- B** The sonographic appearance of axillary lymph nodes and cervical lymph nodes is similar.
- C** The lymphadenopathy distribution pattern is helpful for differential diagnosis.
- D** Sonography makes it possible to rule out lymph node metastasis in the lymphatic drainage area.
- E** Affected lymph nodes in the case of malignant lymphoma rarely have cystic portions.
- A** All are correct.
- B** Only A–D are correct.
- C** Only A, D, and E are correct.
- D** Only B, C, and E are correct.
- E** Only A, C, and E are correct.



Continuing Medical Education (CME) – important note for readers outside Austria, Germany and Switzerland

At present, certification of the Continuing Medical Education features in Ultraschall in der Medizin/European Journal of Ultrasound (Uim/EJU) is officially recognised by the German and Austrian medical associations and by the Swiss Ultrasound Society. Participants residing in other countries may please address their national medical association or their national specialist society for recognition of their CME scores. Participation is possible via internet under <http://cme.thieme.com>. For one Continuing Medical Education unit you will be credited with 3 score points. To be awarded this score, 70% of the questions must have been answered correctly. The CME unit in the present issue is available online for 12 months for CME participation.

CME participation for this article can be done online under <http://cme.thieme.com>.

CME-Fortbildung mit Ultraschall in der Medizin

Für Teilnehmer in Deutschland

Die Fortbildung in Ultraschall in der Medizin wurde von der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung für das Fortbildungszertifikat anerkannt, das heißt, die Vergabe der Punkte kann direkt durch die Thieme Verlagsgruppe erfolgen. Die Fortbildung in Ultraschall in der Medizin gehört zur Kategorie „strukturierte interaktive Fortbildung“. Entsprechend einer Absprache der Ärztekammern werden die von der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung anerkannten Fortbildungsveranstaltungen auch von den anderen zertifizierenden Ärztekammern anerkannt.

Für Teilnehmer in Österreich

Die Fortbildungspunkte der Ultraschall in der Medizin werden gemäß der Novellierung der DFP-Richtlinien vom 23.6.2005 (§26 Abs.3) auch von den österreichischen Ärztekammern anerkannt.

Für Teilnehmer in der Schweiz

Die Fortbildungspunkte der Ultraschall in der Medizin werden gemäß der Richtlinien der SGUM/SSUM anerkannt. Die Kontrolle der Fortbildung durch die SGUM/SSUM erfolgt im Auftrag der FMH (Foederation Medicorum Helveti-corum) im Rahmen der Fortbildungsordnung.

Datenschutz

Ihre Daten werden ausschließlich für die Bearbeitung dieser Fortbildungseinheit verwendet. Es erfolgt keine Speicherung der Ergebnisse über die für die Bearbeitung der Fortbildungseinheit notwendige Zeit hinaus. Die Daten werden nach Versand der Testate anonymisiert. Namens- und Adressangaben dienen nur dem Versand der Testate. Die Angaben zur Person dienen nur statistischen Zwecken und werden von den Adressangaben getrennt and anonymisiert verarbeitet.

Teilnahme

Jede Ärztin und jeder Arzt soll das Fortbildungszertifikat erlangen können. Deshalb ist die Teilnahme am CME-Programm von Ultraschall in der Medizin nicht an ein Abonnement geknüpft! Die Teilnahme ist im Internet unter <http://cme.thieme.de> möglich. Im Internet muss man sich registrieren, wobei die Teilnahme an Fortbildungen abonniertes Zeitschriften ohne Zusatzkosten möglich ist. Die Fortbildungseinheit in diesem Heft ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.

Teilnahmebedingungen

Für eine Fortbildungseinheit erhalten Sie 3 Fortbildungspunkte im Rahmen des Fortbildungszertifikats. Hierfür müssen 70% der Fragen richtig beantwortet sein.

CME-Fortbildung für Nicht-Abonnenten

Teilnehmer, die nicht Abonnenten von Ultraschall in der Medizin sind, können für die Internet-Teilnahme dort direkt ein Guthaben einrichten, von dem pro Teilnahme ein Unkostenbeitrag abgebucht wird.

Die CME-Teilnahme für diesen Beitrag ist online möglich unter <http://cme.thieme.de>.

CME.thieme.de

CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.

Sonography of Peripheral Lymph Nodes Part 2: Doppler Criteria and Typical Findings of Distinct Entities



Author

T. Rettenbacher

Affiliation

Radiology, Medical University Innsbruck

VNR 2760512014144215091

received 6.2.2013
accepted 22.7.2013

Bibliography

DOI <http://dx.doi.org/10.1055/s-0033-1355593>
Published online:
December 12, 2013
Ultraschall in Med 2014; 35: 10–32 © Georg Thieme Verlag KG
Stuttgart · New York ·
ISSN 0172-4614

Correspondence

Prof. Thomas Rettenbacher
Radiology, Medical University
Innsbruck
Anichstr. 35
6020 Innsbruck
Austria
Tel.: ++43/5 12/50 42 40 21
Fax: ++43/5 12/50 42 40 29
thomas.rettbacher@
i-med.ac.at

Learning objectives



Doppler sonographic criteria for assessing peripheral lymph nodes

Typical sonographic findings of distinct entities in the case of peripheral lymph node involvement

Doppler sonographic criteria for assessing peripheral lymph nodes



Introduction

B-mode criteria provide the foundation for the sonographic identification of peripheral lymph nodes as normal or pathological and for differential diagnosis. “Sonography of Peripheral Lymph Nodes Part 1: Normal Findings and B-Image Criteria” therefore provides a comprehensive description of the sonographic appearance of normal peripheral lymph nodes in the individual regions of the body and of the B-mode criteria of pathological peripheral lymph nodes [1]. Color/power Doppler and pulsed Doppler sonography is only of secondary importance for the evaluation of peripheral lymphadenopathy compared to B-mode sonography [2]. This requires equipment with high-quality Doppler (color/power Doppler, pulsed Doppler).

Color and power Doppler

In the case of lymph nodes, color and power Doppler is used to visualize individual vessels, the vascular tree, and the vascular architecture. Although the method can provide a clear overview of vessels, it must be taken into consideration that it requires a minimum vessel size, a favorable vessel course and a minimum blood flow velocity for vessel detection. Power Doppler is slightly more sensitive than color Doppler in many ultrasound units [3, 4]. However, color Doppler has the advantage of showing the blood flow direction and the relative average blood flow velocity. However,

both methods can be alternatively used for vessel detection and to evaluate the vascular pattern.

Normal lymph node perfusion is the result of central vessels of the hilum, which branch into the lymph node periphery (◉ Fig. 1). As a result, a uniform vascular tree emanating from the central region can be visualized with Doppler sonography [5–7]. This normal vascular tree can be preserved, changed, or destroyed in the case of lymphadenopathy (◉ Fig. 1). Inflammatory processes and some malignant lymphomas typically result in enhancement of the normal vascular tree with increased perfusion (◉ Fig. 3, 4, 8, 10), with this being most pronounced in the case of acute inflammatory processes, such as bacterial inflammation and Pfeiffer’s disease (◉ Fig. 3) [5, 8, 9]. In contrast, malignant processes, particularly solid tumors, result in a change (ranging from asymmetry to destruction) of the normal vascular tree due to the nodular expansive growth [6, 9]. Moreover, vascularization in the lymph node periphery increases in part due to vessels with extracapsular extension [5, 10]. Therefore, changes ranging from asymmetry to destruction of the normal vascular tree, circumscribed negative areas on color/power Doppler sonography, hypervascularized areas, a spotted vascular pattern, peripheral vascularization enhancement and vessels with extracapsular extension are considered malignancy criteria on Doppler sonography (◉ Fig. 1, 5, 6) [5, 10–12]. One limitation is that neoplastic processes can sometimes appear to have a normal vascular tree. Examples of this are malignant lymphomas such as chronic lymphocytic leukemia (CLL). On the other hand, non-neoplastic processes can result in significant changes in the vascular tree. A known example of this is tuberculosis, which frequently results in pronounced changes and necroses and thus in alteration of the vascular tree. It is also limiting that blood vessels often cannot be detected at all both in normal and pathological

Sonografie der peripheren Lymphknoten Teil 2: Doppler-Kriterien und typische Befunde bestimmter Entitäten



Lernziele



Dopplersonografische Kriterien zur Beurteilung der peripheren Lymphknoten.

Typische sonografische Befunde bestimmter Entitäten bei Befall der peripheren Lymphknoten.

Dopplersonografische Kriterien zur Beurteilung peripherer Lymphknoten



Einleitung

Die B-Bild-Kriterien sind die entscheidende Grundlage für das sonografische Erkennen der peripheren Lymphknoten als normal oder pathologisch und für die differenzialdiagnostische Eingrenzung. „Sonografie der peripheren Lymphknoten Teil 1: Normalbefunde und B-Bild-Kriterien“ widmet sich deshalb ausführlich den sonografischen Erscheinungsbildern der normalen peripheren Lymphknoten in den einzelnen Körperregionen und den B-Bild-Kriterien pathologischer peripherer Lymphknoten [1]. Die Dopplersonografie in Form des Farb/Powerdopplers und des gepulsten Dopplers hat im Rahmen der Beurteilung einer peripheren Lymphadenopathie im Vergleich zur B-Bild-Sonografie nur ergänzende Bedeutung [2]. Dabei ist eine apparative Ausstattung mit hochwertigem Doppler (Farb/Powerdoppler, gepulster Doppler) unverzichtbar.

Farb- und Powerdoppler

Der Farb- und Powerdoppler an Lymphknoten dient der Darstellung einzelner Gefäße, des Gefäßbaumes und der Gefäßarchitektur. Er weist übersichtlich Gefäße nach, wobei grundsätzlich zu bedenken ist, dass diese Methode zur Gefäßdetektion eine Gefäßmindestgröße, einen günstigen Gefäßverlauf und eine Blutflussmindestgeschwindigkeit benötigt. Der Powerdoppler ist bei vielen Ultraschallgeräten etwas sensitiver als der Farbdoppler [3, 4]. Der Farbdoppler bietet jedoch die Vorteile, dass er die Blutflussrichtung und die

relative mittlere Blutflussgeschwindigkeit anzeigt. Beide Methoden können zum Gefäßnachweis und zur Beurteilung der Gefäßmuster jedoch alternativ verwendet werden.

Die normale Durchblutung eines Lymphknotens erfolgt über zentrale Gefäße des Hilus, die sich in die Lymphknotenperipherie aufzweigen (◻ Abb. 1). Dadurch ist ein gleichmäßig aufgebauter, von zentral ausgehender Gefäßbaum dopplersonografisch nachzuweisen [5–7]. Dieser normale Gefäßbaum kann im Rahmen einer Lymphadenopathie erhalten oder verändert bis zerstört sein (◻ Abb. 1). Entzündliche Prozesse und manche maligne Lymphome führen typischerweise zu einer Betonung des normalen Gefäßbaumes mit gesteigerter Durchblutung (◻ Abb. 3, 4, 8, 10), wobei diese bei akut entzündlichen Prozessen, wie zum Beispiel bei bakteriellen Entzündungen und bei Pfeiffer'schem Drüsenfieber, am ausgeprägtesten ist (◻ Abb. 3) [5, 8, 9]. Im Gegensatz dazu führen maligne Prozesse, allen voran die soliden Tumoren, aufgrund des nodulär-verdrängenden Wachstums zu einer Veränderung (Asymmetrie bis Zerstörung) des normalen Gefäßbaumes [6, 9]. Außerdem nimmt die Vaskularisation in der Lymphknotenperipherie zum Teil durch kapselüberschreitende Gefäße zu [5, 10]. Als dopplersonografische Malignitätskriterien gelten deshalb Asymmetrien bis hin zur Zerstörung des normalen Gefäßbaumes, umschriebene Aussparungen und hypervaskularisierte Areale, das gesprenkelte (spotted) Gefäßbild, die periphere Betonung der Vaskularisation und kapselüberschreitende Gefäße (◻ Abb. 1, 5, 6) [5, 10–12]. Limitierend ist, dass einerseits neoplastische Prozesse manchmal einen normalen Gefäßbaueindruck aufweisen können. Beispiele dafür sind maligne Lymphome wie etwa die chronische lymphatische Leukämie (CLL). Andererseits können nicht neoplastische Prozesse zu deutlichen Veränderungen am Gefäßbaum führen. Ein bekanntes Beispiel dazu ist die Tuberkulose, die regelmäßig zu ausgeprägten Veränderungen und Nekrosen und damit

VNR 2760512014144213831

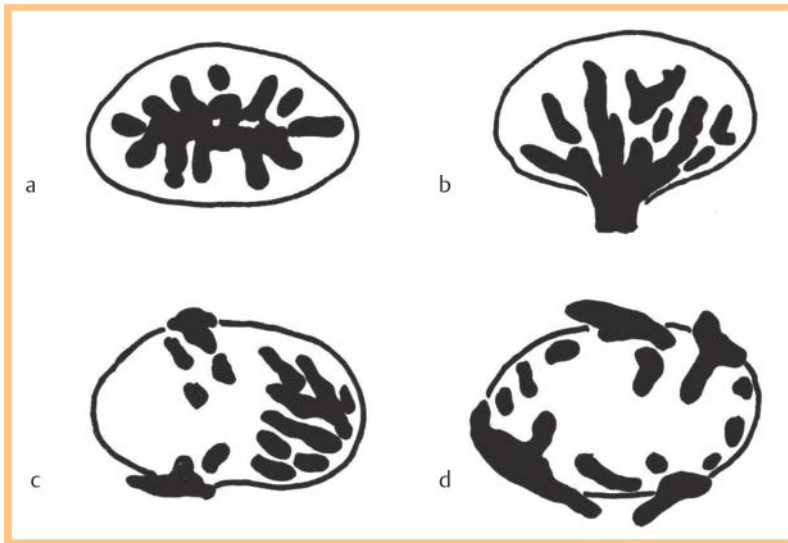


Fig. 1 Vascular patterns on color/power Doppler sonography. **a, b** are normal findings with regular vascular trees that emanate from the hilum outward toward the periphery. The capsular region is negative on color/power Doppler sonography. The differences between **a, b** are due to different views of the lymph node. **c, d** show vascular patterns suspicious for malignancy. Significant transformation of the vascular tree with absence of the normal vascular hilum. **c** shows a hypervascularized and "avascular" area. **d** shows a peripherally intensified pattern with vessels with extracapsular extension and a spotted vascular pattern in some areas.

Abb. 1 Schema farb/powerdopplersonografischer Gefäßmuster. **a, b** sind Normalbefunde mit regulären Gefäßbäumen von hilär ausgehend in die Peripherie ausstrahlend. Die Kapselregion ist jeweils ausgespart. Die Unterschiede von **a, b** sind durch unterschiedliche Anschnitte des Lymphknotens bedingt. **c, d** zeigen malignomsuspekte Gefäßmuster. Deutliche Umwandlung des Gefäßbaums mit Fehlen des normalen Gefäßhilus. **c** weist ein hypervaskularisiertes und „avaskuläres“ Areal auf. **d** zeigt ein peripher betontes Muster mit kapselüberschreitenden Gefäßen und teilweise ein gesprenkeltes (spotted) Gefäßbild.

lymph nodes as a result of the distance of the lymph nodes from the surface of the skin, the quality of the ultrasound unit, and the unit settings [5, 13].

Pulsed Doppler

Pulsed Doppler is used to derive the blood flow spectrum of a vessel. Parameters such as the systolic and end-diastolic velocity, the resistance index (RI), and the pulsatility index (PI) can be determined. However, determination of these parameters is complicated and susceptible to artifacts, and the reliability of the criteria is controversial in the literature [14, 15]. Therefore, they do not play a major role in the daily routine.

In general, blood vessels in malignant tumors have a higher RI and PI than normal blood vessels due to stenoses, vascular occlusions, and tumor pressure [13, 15–17]. In contrast, AV shunts result in a very low RI, as described for different tumors [16, 17]. Therefore, different flow patterns can often be measured in different vessels and vessel segments in a single tumor [16]. An increased RI (>0.8), in particular ≥ 1 , an increased PI (>1.5), and RI differences in a single lymph node can be used as malignancy criteria and are considered to be relatively specific for lymph node metastases at a low sensitivity [6, 13, 15, 17].

An RI <0.8 and a PI <1.5 are typical for benign lymph nodes but also for malignant lymphomas and significant overlapping with the values for lymph node metastases is known [15, 17].

Doppler sonography of peripheral lymph nodes: Tips and technical pitfalls

The unit setting should be very sensitive in order to detect as many blood vessels as possible on color/power Doppler sonography. A low pulse repetition frequency (PRF 400–1000) and a low wall filter (WF 50–100) are selected so that slow blood flows can also be visualized [5, 10]. The gain is increased to the point of significant color noise and is then slowly reduced until a usable signal-to-noise ratio is reached. This is the case when only a few noise pixels remain [5, 10].

The fact that a signal at a constant position can be reproduced as often as desired is important for differentiating between a color/power Doppler artifact and signal. In addition, pulsed Doppler, which does not show a proper venous or arterial flow spectrum in the case of an artifact, can help in cases of doubt.

The Doppler frequency must correspond to the required penetration depth. When relatively deep-seated lymph nodes (e.g. in the axilla) are examined, the Doppler frequency must be reduced (maximally) when using high-frequency probes to obtain signals at the necessary depth. In the case of deep-seated lymph nodes, a switch to a lower-frequency probe is often advantageous.

In the case of superficial structures, even light mechanical pressure with the probe suppresses vascular perfusion and thus reduces the detectability of vessels and changes parameters such as the resistance index (RI) and pulsatility index (PI) [7, 10, 17]. Pressure should therefore be minimized or ideally completely avoided during Doppler measurements [10]. This is achieved in that the ulnar portion of the examiner's hand rests on the patient's skin and the probe is deliberately lifted slightly.

The following points must be taken into consideration for correct derivation of the Doppler spectrum: The measurement window is placed in an area with the highest color saturation; the vessel course should have a favorable Doppler angle (as far as possible from the right angle to the scanning direction); only derivations with a clear signal and defined upper spectrum limit are used for analysis; the lowest possible probe pressure is to be ensured when determining and analyzing the diastolic flow since even normal pressure can significantly reduce or even stop diastolic flow [16].

New sonographic techniques

▼ **Contrast-enhanced ultrasound** can provide real-time visualization of the smallest blood vessels as well as perfusion patterns that cannot be seen



zur Umwandlung des Gefäßbaumes führt. Einschränkung ist auch, dass abhängig von der Distanz der Lymphknoten von der Hautoberfläche, der Qualität des Ultraschallgerätes und der Geräteeinstellung, sowohl in normalen als auch pathologischen Lymphknoten häufig gar keine Blutgefäße detektierbar sind [5, 13].

Gepulster Doppler

Der gepulste Doppler dient der Ableitung des Blutflussspektrums eines Gefäßes, wobei Parameter wie die systolische und enddiastolische Geschwindigkeit, der Widerstandsindex (RI) und der Pulsatilitätsindex (PI) bestimmt werden können. Die Bestimmung der Parameter ist aufwändig, artefaktanfällig und die Verlässlichkeit der Kriterien wird in der Literatur kontrovers beurteilt [14, 15], sodass diese in der täglichen Routine keine wesentliche Rolle spielen.

Grundsätzlich ist es so, dass Blutgefäße in malignen Tumoren einerseits durch Stenosen, Gefäßverschlüsse und dem Tumordruck höhere RI und PI aufweisen, als normale Blutgefäße [13, 15–17]. Andererseits führen AV-Shunts zu sehr niedrigen RI, wie dies für verschiedene Tumoren beschrieben ist [16, 17]. In ein und demselben Tumor können in verschiedenen Gefäßen und Gefäßabschnitten daher oft unterschiedliche Flussmuster gemessen werden [16]. Ein erhöhter RI ($>0,8$) insbesondere ≥ 1 , erhöhte PI ($>1,5$) und RI-Unterschiede in ein und demselben Lymphknoten können als Malignitätskriterien herangezogen werden und gelten als relativ spezifisch für Lymphknotenmetastasen bei niedriger Sensitivität [6, 13, 15, 17].

Ein $RI < 0,8$ und $PI < 1,5$ sind typisch für benigne Lymphknoten, aber auch für maligne Lymphome und eine deutliche Überschneidung mit den Werten von Lymphknotenmetastasen sind bekannt [15, 17].

Dopplersonografie der peripheren Lymphknoten: Tipps und Fallgruben

Das Gerät sollte sehr sensitiv eingestellt werden, um möglichst viele Blutgefäße farb/powerdopplersonografisch zu detektieren. Dazu wählt man eine niedrige Pulsrepetitionfrequenz (PRF 400–1000) und einen niedrigen Wandfilter (WF 50–100) zur Erfassung auch langsamer Blutflüsse [5, 10]. Dann erhöht man die Gain bis zum deutlichen Farbrauschen und dreht sie anschließend langsam wieder zurück, bis ein brauchbares Signal-Rausch-Verhältnis vorliegt. Dies ist dann gegeben, wenn nur noch wenige Rauschpixel auftreten [5, 10].

Zur Unterscheidung zwischen Farb/Powerdopplerartefakt und -signal dient, dass ein Signal an konstanter Stelle beliebig oft reproduzierbar ist. Zusätzlich kann im Zweifelsfall der gepulste Doppler helfen, der beim Artefakt kein regelrechtes venöses oder arterielles Flussspektrum zeigt. Die verwendete Dopplerfrequenz benötigt eine Abstimmung auf die erforderliche Eindringtiefe.

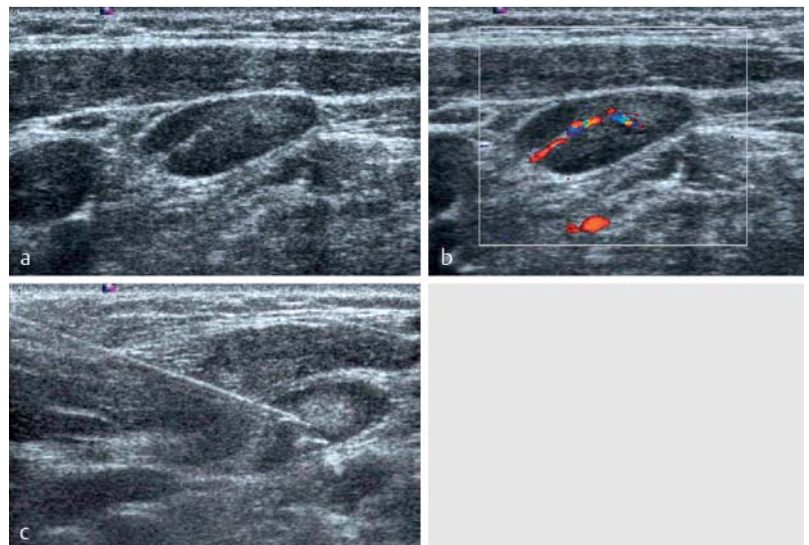


Fig. 2 Transverse sections of a hyperplastic lymph node (short-axis diameter 7 mm) on the left in the middle cervical region in a patient with breast cancer. The lymph node was described on computed tomography as suspicious for metastasis. **a** B-mode image with uniform cortical structure and narrow hyperechoic hilum (preserved sonographic lymph node architecture). **b** Color Doppler sonographic image (7.3 MHz, 900 PRF, 50 WF) with proper hilar vascular pattern. **c** Ultrasound-guided core biopsy (18 G) for confirmation of the diagnosis.

Abb. 2 Querschnitte eines hyperplastischen Lymphknotens (Kurzachsendurchmesser 7 mm) links im mittleren Halsbereich bei einer Patientin mit Mammakarzinom. Der Lymphknoten wurde in der Computertomografie als metastasensuskpekt beschrieben. **a** B-Bild mit gleichmäßiger Kortextstruktur und schmalem echoreichen Hilus (erhaltene sonografische Lymphknotenarchitektur). **b** farbdopplersonografisches Bild (7,3 MHz, 900 PRF, 50 WF) mit regelrechtem hilären Gefäßmuster. **c** Ultraschallgezielte Stanzbiopsie (18 G) zur Diagnosesicherung.

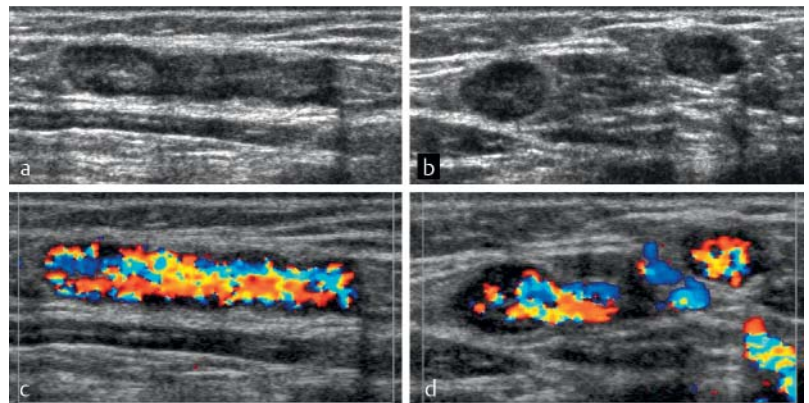


Fig. 3 Acute inflammatory lymph nodes of the groin in erysipelas of the lower leg. **a** Lymph nodes shown in longitudinal section and **b** transverse section with uniform widening of the cortex (cortical width 3.5 mm) and still visualizable hilum (preserved sonographic lymph node architecture). **c, d** Significantly increased central vascularization with preserved vascular tree on color Doppler sonography (8.5 MHz, 700 PRF, 50 WF).

Abb. 3 Akut entzündliche Lymphknoten der Leistenregion bei Erysipel des Unterschenkels. **a** Lymphknoten im Längsschnitt und **b** Querschnitt mit gleichmäßig verbreitertem Kortex (Kortextbreite 3,5 mm) und noch nachweisbarem Hilus (erhaltene sonografische Lymphknotenarchitektur). **c, d** In der Farbdopplersonografie (8,5 MHz, 700 PRF, 50 WF) ausgeprägt gesteigerte Vaskularisation von zentral bei erhaltenem Gefäßbaum.

Wenn relativ tiefliegende Lymphknoten (z. B.: in der Axilla) untersucht werden, muss die Dopplerfrequenz bei der Verwendung hochfrequenter Sonden (maximal) reduziert werden, um in der erforderlichen Tiefe Signale zu erhalten. Bei tieflie-



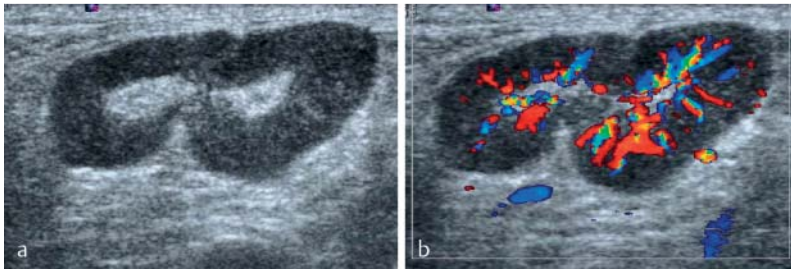


Fig. 4 Chronically inflamed lymph node of the groin in a patient with chronic *ulcus cruris* **a** on B-mode image and **b** color Doppler sonographic image. The cortex is uniformly widened (cortical width 5 mm), the hilum is visible (preserved sonographic lymph node architecture). The vascularization is increased and the vascular tree is preserved on color Doppler sonography (8.9 MHz, 900 PRF, 50 WF).

Abb. 4 Chronisch-entzündlicher Lymphknoten der Leistenregion bei einem Patienten mit *Ulcus cruris chronicum* **a** im B-Bild und **b** farbdopplersonografischem Bild. Der Kortex ist gleichmäßig verbreitert (Kortexbreite 5 mm), der Hilus nachweisbar (erhaltene sonografische Lymphknotenarchitektur). In der Farbdopplersonografie (8,9 MHz, 900 PRF, 50 WF) ist die Vaskularisation gesteigert, der Gefäßbaum erhalten.

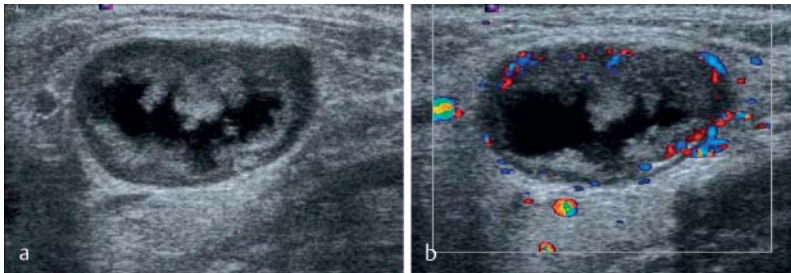


Fig. 5 Centrally necrotic lymph node metastasis in the submandibular region in squamous cell carcinoma of the floor of the mouth **a** on B-mode image and **b** color Doppler sonographic image. Destruction of normal sonographic lymph node architecture of the significantly enlarged lymph node (short-axis diameter 17 mm) and extensive, largely anechoic, liquid, central necrosis. The color Doppler sonographic image (8.9 MHz, 900 PRF, 50 WF) shows only irregular peripheral vascularization at times with vessels with extracapsular extension.

Abb. 5 Zentral nekrotische Lymphknotenmetastase submandibulär bei Plattenepithelkarzinom des Mundbodens **a** im B-Bild und **b** farbdopplersonografischem Bild. Aufhebung der normalen sonografischen Lymphknotenarchitektur des deutlich vergrößerten Lymphknotens (Kurzachsendurchmesser 17 mm) und ausgedehnte, weitgehend echofreie, liquide, zentrale Nekrose. Im farbdopplersonografischen Bild (8,9 MHz, 900 PRF, 50 WF) nur irreguläre periphere Vaskularisation zum Teil mit kapselüberschreitenden Gefäßen.

with conventional Doppler sonography. Various scientific studies have addressed the use of contrast-enhanced ultrasound in peripheral lymph nodes with the most promising results being in selected patient collectives (breast cancer, cutaneous malignant melanoma) [18, 19]. Most of the studies include small case numbers and the applied vascularization criteria are not uniform, for example the more sensitive imaging of the classic color/power Doppler criteria or perfusion pattern [20]. Some authors specified hyperperfusion as a criterion for the perfusion patterns [18], while other authors specified inhomogeneities and hypoperfusion as signs [19]. The contrast medium behavior of lymph nodes in the case of malignant lymphomas and the different benign lymphadenopathies has only been minimally examined to date. However, the few results show that similarly to B-mode and color/power Doppler sonography, contrast-enhanced ul-

trasound seems to show significant overlapping between malignant lymphomas and inflammatory lymph nodes [20, 21]. Necrotic zones and liquefied areas in lymph nodes, as particularly known in the case of squamous cell carcinoma, bacterial abscess-forming lymphadenitis, and tuberculosis, can be effectively visualized with contrast-enhanced ultrasound as circumscribed vascularization defects because ultrasound contrast media remain strictly intravascular (20, own observation). These zones cannot always be seen on B-mode and color/power Doppler sonography. When planning a diagnostic puncture, such as fluid aspiration in the case of colliquating lymphadenitis, or to avoid a necrotic zone during core biopsy, it can be advantageous to be able to detect necrotic zones and liquefied areas with high sensitivity (20, own observation). It should also be taken into consideration that the use of ultrasound contrast media is currently only possible “off label” [20, 21]. Due to the insufficient data, contrast-enhanced ultrasound is not (yet) recommended for clinical use in peripheral lymph nodes in the current EFSUMB guidelines [20].

With the help of **elastography**, sonography can determine the hardness of soft tissues and can therefore help to differentiate normal liver from substantially harder fibrocirrhotic liver as an example of an established clinical application area. In general, this technique can also be used for peripheral lymph nodes. It has been shown in various studies that carcinoma metastases are usually harder than normal lymph nodes on elastography [22–25]. As in the case of contrast-enhanced ultrasound in peripheral lymph nodes, promising results have also been achieved for elastography in selected small patient collectives (ENT tumors, breast cancer, and cutaneous melanoma). However, definitive, sufficiently large studies regarding this topic are currently not available [23–25]. There is little data also in this case as to whether elastography can be helpful for malignant lymphomas and benign lymphadenopathies [22]. Various available elastography techniques and evaluation criteria additionally complicate applicability for patient care so that elastography is not recommended for routine use in peripheral lymph nodes in the current EFSUMB guidelines [22, 26]. This could change as evidenced by the use of endoscopic sonography in lymph nodes for which elastography was examined more extensively [26, 27].

Sonographic findings of distinct entities

▼ Inflammatory reactive lymph nodes

Inflammation of different origins results in widening of the hypoechoic lymph node cortex. This occurs uniformly so that the sonographic lymph node architecture is preserved (► Fig. 3, 4) [28]. The widening of the cortex results in a minor to significant increase in the short-axis diameter



genden Lymphknoten ist dabei der Wechsel auf eine niederfrequenzere Sonde oft vorteilhaft.

Bei oberflächlichen Strukturen führt schon leichter mechanischer Druck mit dem Schallkopf zur Unterdrückung der Gefäßperfusion und damit zur Reduktion der Detektierbarkeit von Gefäßen und Änderung der Parameter wie Widerstandsindex (RI) und Pulsatilitätsindex (PI) [7, 10, 17]. Der Druck sollte deshalb während der Messungen mittels Doppler bewusst minimiert oder besser gänzlich vermieden werden [10]. Dies wird dadurch erreicht, dass der ulnare Teil der untersuchenden Hand auf der Patientenhaut aufliegt und die Hand den Schallkopf bewusst etwas anhebt.

Zur korrekten Ableitung des Dopplerspektrums sind folgende Punkte zu beachten: Das Messfenster wird in ein Areal mit möglichst satter Farbdarstellung gelegt; der Gefäßverlauf sollte einen günstigen Dopplerwinkel aufweisen (möglichst deutlich entfernt vom rechten Winkel zur Einschallrichtung); nur Ableitungen mit klarem Signal und scharfer Spektrumgrenze nach oben werden zur Analyse verwendet; bei Bestimmung und Analyse des diastolischen Strömungsanteiles ist besonders auf möglichst niedrigen Druck mit dem Schallkopf zu achten, denn schon durch normalen Druck kann der diastolische Anteil deutlich reduziert werden oder gänzlich verloren gehen [16].

Neue sonografische Techniken

Die **Kontrastmittelsonografie** kann auch kleine und kleinste Blutgefäße, sowie Perfusionsmuster in Echtzeit darstellen, die mit der konventionellen Dopplersonografie nicht erkennbar sind. Mehrere wissenschaftliche Studien haben sich mittlerweile mit der Kontrastmittelsonografie an peripheren Lymphknoten beschäftigt, wobei ermutigende Ergebnisse vor allem an selektionierten Patientenkollektiven (Mammakarzinom, kutanes malignes Melanom) vorliegen [18, 19]. Großteils umfassen die Studien geringe Fallzahlen und die dabei angewandten Vaskularisationskriterien sind uneinheitlich, wie zum Beispiel die sensitivere Darstellung der klassischen Farb/Powerdopplerkriterien oder Perfusionsmuster [20]. Bei den Perfusionsmustern wird einerseits die Hyperperfusion als Kriterium angegeben [18], andere Autoren fanden Inhomogenitäten und die Hypoperfusion als Zeichen [19]. Das Kontrastmittelverhalten von Lymphknoten bei malignen Lymphomen und den unterschiedlichen benignen Lymphadenopathien wurde bislang wenig untersucht, wobei sich an den spärlichen Ergebnissen zeigt, dass ähnlich wie im B-Bild und der Farb/Powerdopplersonografie, kontrastmittelsonografisch eine deutliche Überschneidung zwischen malignen Lymphomen und entzündlichen Lymphknoten vorzuliegen scheint [20, 21]. Nekrosezonen und liquifizierte Areale in Lymphknoten, wie sie besonders für das Plattenepithelkarzinom, die bakterielle abszedierende Lymphadenitis und

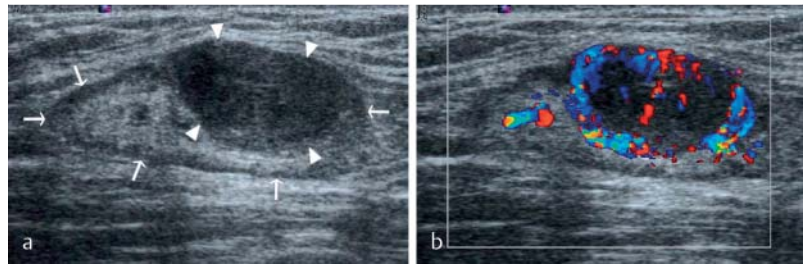


Fig. 6 Partially affected lymph node in the groin due to melanoma metastasis **a** on B-mode image and **b** color Doppler sonographic image. Part of the lymph node is visualized as normal (arrows) with a narrow hypoechoic cortex (cortical width up to 1.5 mm) and a wide hyperechoic hilum. The metastasis corresponds to the nodular, hyperechoic cortical widening (14 × 8 mm) (arrow tips). Color Doppler sonography (8.9 MHz, 900 PRF, 50 WF) shows normal hilar vessels and pronounced, peripherally intensified tumor vascularization.

Abb. 6 Partiiell befallener Lymphknoten der Leistenregion durch eine Melanommetastase **a** im B-Bild und **b** farbdopplersonografischem Bild. Ein Teil des Lymphknotens ist normal abgebildet (Pfeile) mit schmalen echoarmen Kortex (Kortexbreite bis 1,5 mm) und breitem echoreichem Hilus. Die Metastase entspricht der nodulären, echoarmen Kortexverbreiterung (14 × 8 mm) (Pfeilspitzen). Die Farbdopplersonografie (8,9 MHz, 900 PRF, 50 WF) zeigt normale Hilusgefäße und eine ausgeprägte, peripher betonte Tumovaskularisation.

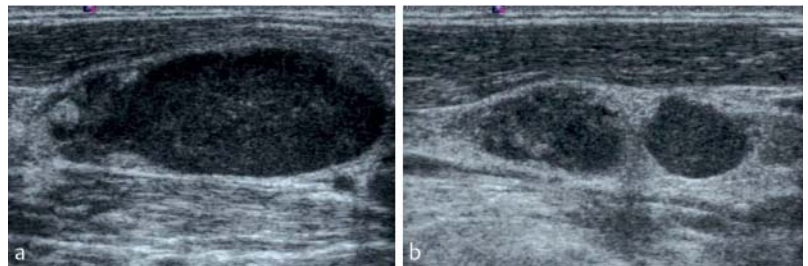


Fig. 7 Affected lymph nodes in the lower cervical region in Hodgkin's disease (short-axis diameter 12 mm in **a**, 8 and 7 mm in **b**). The normal sonographic lymph node architecture is destroyed, and the internal structure appears partially homogeneous and partially significantly inhomogeneous. The Solbiati index in **a** is substantially greater than 2.

Abb. 7 Befallene Lymphknoten im unteren zervikalen Bereich bei Morbus Hodgkin (Kurzachsendurchmesser 12 mm in **a**, 8 und 7 mm in **b**). Die normale sonografische Lymphknotenarchitektur ist zerstört, wobei die Binnenstruktur zum Teil homogen und zum Teil deutlich inhomogen erscheint. Der Solbiati-Index in **a** ist deutlich größer als 2.

die Tuberkulose bekannt sind, können mit der Kontrastmittelsonografie als umschriebene Vaskularisationsdefekte gut dargestellt werden, weil Ultraschallkontrastmittel streng intravaskulär verbleiben ([20], eigene Beobachtung). Diese Zonen sind mittels B-Bild und Farb/Powerdoppler nicht immer erkennbar. Bei der Planung einer diagnostischen Punktion, wie einer Flüssigkeitsaspiration bei einschmelzender Lymphadenitis oder zum Meiden einer wenig aussagekräftigen Nekrosezone bei einer Stanzbiopsie, kann das sensitive Erkennen der Nekrosezonen und liquifizierte Areale von Vorteil sein ([20], eigene Beobachtung). Zu bedenken ist auch, dass die Anwendung von Ultraschallkontrastmitteln derzeit nur „off-label“ möglich ist [20, 21]. Aufgrund der unzureichenden Datenlage wird die Kontrastmittelsonografie an peripheren Lymphknoten in den aktuellen EF-SUMB Guidelines für den klinischen Einsatz (noch) nicht empfohlen [20].

Mithilfe der **Elastografie** kann die Sonografie die Härte von Weichteilgeweben erfassen und so als



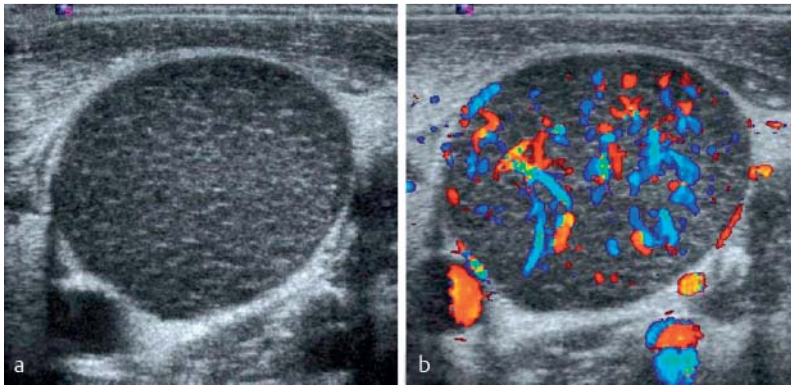


Fig. 8 Greatly enlarged, rounded, affected lymph node (22 mm short-axis diameter) in the lower cervical region in follicular lymphoma **a** on B-mode image and **b** color Doppler sonographic image. **a** Homogeneous speckled internal structure. **b** Significantly increased, relatively uniform vascularization (7.3 MHz, 900 PRF, 50 WF).

Abb. 8 Stark vergrößerter, rundlicher, befällener Lymphknoten (22 mm Kurzachsendurchmesser) im unteren zervikalen Bereich bei follikulärem Lymphom **a** im B-Bild und **b** farbdopplersonografischem Bild. **a** Homogen getüpfelte Binnenstruktur. **b** Deutlich gesteigerte, relativ gleichmäßige Vaskularisation (7,3 MHz, 900 PRF, 50 WF).



Fig. 9 Image of the "chain-like" lymph node configuration in the lower cervical region in lymph node involvement in chronic lymphocytic leukemia (CLL). The enlarged lymph nodes (short-axis diameter of up to 13 mm) are homogeneously hypoechoic. Only narrow "linking segments" of surrounding fat and connective tissue are between the individual lymph nodes.

Abb. 9 Bild der „kettenartigen“ Lymphknoten-anordnung im unteren zervikalen Bereich bei Lymphknotenbefall im Rahmen einer chronischen lymphatischen Leukämie (CLL). Die vergrößerten Lymphknoten (bis 13 mm im Kurzachsendurchmesser) sind homogen echoarm. Zwischen den einzelnen Lymphknoten sind nur schmale „Fugen“ von umgebendem Fett- und Bindegewebe.

and uniform narrowing of the hyperechoic hilum. Color/power Doppler sonography shows minor to significant enhancement of the normal vascular tree (◀ Fig. 3, 4) [6, 9, 13]. Deviations from this practically only occur in the case of colliquating lymph nodes.

One or more lymph nodes in the lymphatic drainage area of the portal of entry of the pathogen are affected by inflammation. Lymphatic drainage areas that are frequently affected include the inguinal region of the leg, the axilla of the arm, the submandibular region (region Ib), the upper cervical region (region II) on both sides of the nasopharynx, and nuchal lymph nodes in the rear section of the haired scalp.

Dermatopathic lymphadenopathy refers to reactively enlarged lymph nodes due to a disruption of the skin integrity in the case of various diseases such as psoriasis vulgaris and erythroderma.

These are usually inguinal and axillary in the lymphatic drainage area of the affected skin areas. The sonographic appearance corresponds to that of inflammatory reactive lymph nodes [29]. In the case of peripheral lymphadenopathy, the possibility of a skin disease and a port of entry should therefore always be examined as the cause [29]. Inflammatory lymph nodes are typically painful with the pain being greatest in the case of acute non-specific lymphadenitis. It must be taken into consideration that some inflammatory lymphadenopathies, particularly chronic ones, are not necessarily painful, while neoplastic processes can cause localized symptoms if they are rapidly growing.

Malignant lymphomas

Malignant lymphomas comprise a large heterogeneous group of neoplasias. The imaging appearance can differ accordingly. Most malignant lymphomas often affect the peripheral lymph node stations, while such a finding is a rarity in the case of plasmacytoma. Affected lymph nodes are frequently enlarged and have a particularly hypoechoic structure [21, 30]. The normal sonographic lymph node architecture can be preserved (often in the case of CLL) or can be altered (▶ Fig. 7) [21]. In the case of a preserved sonographic lymph node architecture, the appearance is similar to that of inflammatory reactive lymph nodes [21]. The following typical but not absolutely specific morphological signs are known: Hypoechoic, homogeneous internal structure; uniform internal structure with hypoechoic speckling that is observed primarily in CLL and follicular lymphoma (▶ Fig. 8) [31, 32]; image of enlarged lymph nodes strung together like a chain with narrow hyperechoic linking segments that correspond to the surrounding fat/connective tissue (▶ Fig. 9) [21]; small vessel sign with the small vessels being elongated arteries visible on B-mode ultrasound within the pathological lymph nodes [30].

In contrast to the often chain-like configuration of the lymph nodes in pronounced cases of lymphoma, lymph node metastases of carcinomas tend to be more spread out. Bulk refers to a lymphoma mass with a maximum diameter of at least 10 cm that rarely occurs at the peripheral lymph node stations and when it occurs then usually with extensive extranodal extension. In particular, highly malignant lymphomas tend toward extracapsular extension and extensive hypoechoic infiltrates. Despite the often very hypoechoic, seemingly "pseudocystic" character with dorsal acoustic enhancement, the lymph nodes have a solid structure. Cystic changes, necroses, or calcifications are rare [14, 33]. Modern high-resolution probes and a high gain setting make it possible to determine that the pseudocystic character is actually solid [32]. In cases of doubt, color/power Doppler can be useful for proving the solid character.



Beispiel für ein etabliertes klinisches Einsatzgebiet die normale Leber von der wesentlich härteren fibrozirrhotischen Leber differenzieren helfen. An peripheren Lymphknoten ist diese Technik grundsätzlich auch anwendbar, wobei sich in mehreren Studien zeigte, dass Karzinommetastasen meist elastografisch härter zur Darstellung kommen als normale Lymphknoten [22–25]. Ähnlich wie für die Kontrastmittelsonografie an peripheren Lymphknoten gilt auch für die Elastografie, dass ermutigende Ergebnisse an selektierten kleinen Patientenkollektiven (HNO-Tumoren, Mammakarzinom und kutanes Melanom) vorliegen, aber aussagekräftige, ausreichend groß angelegte Studien zu dem Thema fehlen [23–25]. Auch hier gibt es wenige Daten, ob die Elastografie bei malignen Lymphomen und bei den einzelnen benignen Lymphadenopathien hilfreich sein kann [22]. Verschiedene verfügbare elastografische Techniken und Beurteilungskriterien erschweren zusätzlich die Anwendbarkeit im Patientenbetrieb, sodass derzeit die Elastografie zum Routineeinsatz an peripheren Lymphknoten in den aktuellen EFSUMB Guidelines nicht empfohlen wird [22, 26]. Dies könnte sich durchaus ändern, wie die endoskopische Sonografie an Lymphknoten zeigt, für die die Elastografie ausgiebiger untersucht wurde [26, 27].

Sonografische Befunde bestimmter Entitäten



Entzündlich reaktive Lymphknoten

Im Rahmen von Entzündungen unterschiedlicher Genese kommt es zu einer Verbreiterung des echoarmen Lymphknotenkorax. Diese erfolgt gleichmäßig, sodass die sonografische Lymphknotenarchitektur erhalten bleibt (◉ **Abb. 3, 4**) [28]. Die Kortextverbreiterung führt zu einer geringen bis deutlichen Zunahme des Kurzachsendurchmessers und gleichmäßigen Einengung des echoreichen Hilus. Farb/Powerdopplersonografisch ist eine gering bis deutliche Akzentuierung des normalen Gefäßbaumes nachzuweisen (◉ **Abb. 3, 4**) [6, 9, 13]. Abweichungen davon finden sich praktisch nur bei einschmelzenden Lymphknoten.

Von der Entzündung betroffen sind ein oder mehrere Lymphknoten im Lymphabflussgebiet der Erregereintrittspforte. Häufig betroffene Lymphabflussgebiete sind typischerweise die Inguinalregion für das Bein, die Axilla für den Arm, die Submandibularregion (Regio Ib) und obere Zervikalregion (Regio II) beidseits für den Nasenrachenraum sowie nuchale Lymphknoten für den hinteren Abschnitt der behaarten Kopfhaut.

Als dermatopathische Lymphadenopathie bezeichnet man reaktiv vergrößerte Lymphknoten im Rahmen der Störung der Hautintegrität bei verschiedenen Erkrankungen wie Psoriasis vulgaris und Erythrodermie. Diese liegen meist inguinal

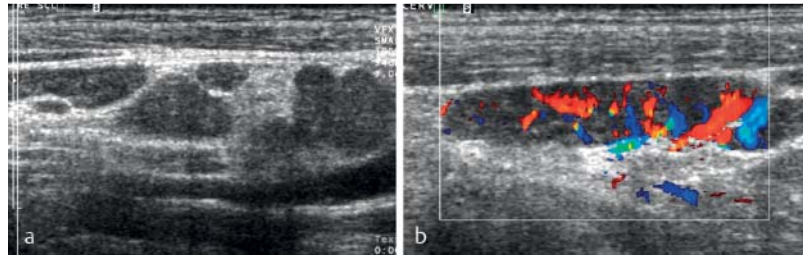


Fig. 10 a Supraclavicular lymph node involvement in sarcoidosis. The lymph nodes are only minimally enlarged (short-axis diameter of up to 9 mm) and have a homogeneous hypoechoic structure. A hyperechoic hilus is not visualizable. b The color Doppler sonographic image (8.5 MHz, 700 PRF, 50 WF) shows increased vascularization with a largely preserved vascular tree.

Abb. 10 a Lymphknotenbefall bei Sarkoidose supraclavikulär. Die Lymphknoten sind nur geringgradig vergrößert (bis 9 mm im Kurzachsendurchmesser) und homogen echoarm strukturiert. Ein echoreicher Hilus ist nicht nachweisbar. b Das farbdopplersonografische Bild (8,5 MHz, 700 PRF, 50 WF) zeigt eine gesteigerte Vaskularisation bei weitgehend erhaltenem Gefäßbaum.

und axillär im Lymphabflussgebiet der großflächig betroffenen Hautareale. Das sonografische Erscheinungsbild entspricht dem von entzündlich reaktiven Lymphknoten [29]. Bei peripherer Lymphadenopathie sollte daher immer auch die Möglichkeit einer Hauterkrankung und einer Eintrittspforte als Ursache geprüft werden [29]. Meist sind entzündliche Lymphknoten schmerzhaft, wobei dies bei der akuten unspezifischen Lymphadenitis am ausgeprägtesten ist. Zu beachten ist, dass manche entzündliche Lymphadenopathien, insbesondere die chronischen, nicht schmerzhaft sein können und umgekehrt neoplastische Prozesse, insbesondere rasch wachsende, auch lokale Beschwerden verursachen können.

Maligne Lymphome

Maligne Lymphome sind eine große, heterogene Gruppe von Neoplasien. Dementsprechend unterschiedlich sind die Erscheinungsmuster in der Bildgebung. Die Mehrzahl führt oft zu einem Befall von peripheren Lymphknotenstationen, dagegen ist ein solcher Befund beim Plasmozytom eine Rarität. Häufig sind betroffene Lymphknoten vergrößert und sehr echoarm strukturiert [21, 30]. Die normale sonografische Lymphknotenarchitektur kann erhalten (oft bei der CLL) oder verändert sein (◉ **Abb. 7**) [21]. Bei erhaltener sonografischer Lymphknotenarchitektur ähnelt das Erscheinungsbild dem entzündlich reaktiver Lymphknoten [21]. Als typisch, aber nicht absolut spezifisch, sind folgende morphologische Zeichen bekannt: die echoarme homogene Binnenstruktur; die gleichmäßige, echoarm-getüpfelte Binnenstruktur, die vor allem bei der CLL und dem follikulären Lymphom zu beobachten ist (◉ **Abb. 8**) [31, 32]; das Bild der kettenartig aneinandergereihten, vergrößerten Lymphknoten mit schmalen echoreichen Fugen dazwischen, die umliegendem Fett/Bindegewebe entsprechen (◉ **Abb. 9**) [21]; das Zeichen der kleinen Gefäße (small vessel sign), die B-Bild sonografisch erkennbare, gestreckt verlaufenden Arte-



Color/power Doppler sonography typically shows increased vascularization [13]. Vascular trees within the lymph nodes are often preserved but can also appear minimally to significantly altered (◉ Fig. 8) Doppler spectral analysis does not allow the important differentiation between malignant lymphoma and inflammatory lymphadenopathy [13]. In general, imaging cannot be used to differentiate between individual subtypes of lymphoma. Sonography is also established in the follow-up and aftercare of malignant lymphomas. In the case of complete remission after treatment, the often enlarged lymph nodes return to normal values. In the case of very extensive findings and bulks, a small inactive residuum that is enlarged beyond normal values can remain. The cornerstone of sonographic follow-up is the size of a finding. Comparability with previous studies requires exact measurement and documentation. In the case of multiple lymph nodes, the short-axis diameter of the largest lymph node per region should be specified. Sonography and CT are typically used alternately in follow-up and aftercare to be able to take advantage of the lack of radiation of sonography and the ability to acquire the entire torso with CT.

Lymph node metastases of solid tumors

Lymphogenous metastasis is initially limited to the lymphatic drainage area of the primary tumor. The growth of metastases within lymph nodes is usually circumscribed and nodular and therefore typically significantly changes the sonographic lymph node architecture. Typical signs of this are eccentric widening of the cortex and an inhomogeneous internal structure (◉ Fig. 5, 6). This is often hypoechoic, but can rarely also be hyperechoic. Necrotic zones with varying degrees of echogenicity often occur [32, 34] with the greatest frequency being in the case of squamous cell carcinoma (◉ Fig. 5). Color/power Doppler sonography typically shows significant changes to the normal vascular tree (◉ Fig. 5, 6) [6, 9]. However, anaplastic carcinomas can rarely have a uniform appearance and perfusion pattern similar to that of malignant lymphomas or reactive lymph nodes (◉ Fig. 13). Lymphatic metastasis must reach a certain extent and size before being able to be detected. Micrometastases, metastases up to approximately 3 mm in size, and extracapsular microinvasions generally cannot be visualized with any imaging method. These are primarily described for squamous cell carcinomas in the ENT region and in the axillary region in breast cancer at a frequency of up to 20% [35–37].

Since lymph node metastases are often accompanied by reactive lymph nodes and the appearances overlap, sonography of the head/neck lymph nodes in the case of ENT tumors is frequently supplemented by ultrasound-guided fine-needle aspiration cytology [19, 38]. This requires intensi-

ve collaboration with the pathologist and special cytological expertise [19, 39].

Sonography is also important for the aftercare of peripheral lymph node stations in the lymphatic drainage area of malignant solid tumors, such as in the case of cutaneous melanomas, squamous cell carcinomas of the skin, and ENT tumors. This is initially usually performed in 3-month intervals.

Sarcoidosis

The organs most frequently affected in sarcoidosis are the lungs and lymph nodes with approximately 90% in each case. The hilar and mediastinal lymph nodes are the most affected lymph nodes. Peripheral lymph nodes, particularly the lower cervical, clavicular, and axillary lymph nodes, are also involved in one-third of patients. Isolated involvement of the peripheral stations without thoracic involvement is rare [40]. Occasionally the palpation finding of peripheral lymphadenopathy is the first manifestation because thoracic involvement often is not symptomatic. If peripheral lymph nodes are affected, these are usually only minimally to moderately enlarged and have a homogeneous structure on sonography (◉ Fig. 10) [41]. Vascularization can appear normal or increased and the vascular tree can be normal or altered on color/power Doppler sonography (◉ Fig. 10). The sonographic appearance is non-specific and resembles that of malignant lymphomas and reactive lymph nodes more than that of solid tumors [8, 41]. In the case of unclear peripheral lymphadenopathy, additional chest X-ray and/or CT of the torso in sarcoidosis will often guide the tentative diagnosis in the correct direction based on the typical pattern of involvement (asymptomatic bihilar lymphadenopathy with or without symmetrical pulmonary involvement). Sarcoidosis is diagnostically confirmed clinically, via lab tests, radiologically, and via biopsy, but the definitive differentiation from malignant lymphoma can only be performed histologically [8]. Peripheral lymphadenopathy in sarcoidosis is commonly used for diagnosis confirmation via excisional biopsy or ultrasound-guided core biopsy [40].

Tuberculosis

The hilar and mediastinal lymph nodes are usually affected in the case of tuberculosis of the lung which is the most frequently affected organ with approximately 80%. Involvement of the peripheral lymph node stations is significantly less common with the neck, clavicular region, and the axilla being primarily affected. Lymph node tuberculosis tends to result in the formation of necroses, liquid areas, calcifications, extracapsular extension, and fistula formation [42]. The sonographic lymph node architecture and the color/power Doppler sonographic image often appear accordingly significantly changed (◉ Fig. 11) [6, 32, 43]. Calcifications and fistulas can be considered relatively tuberculo-



rien innerhalb der pathologischen Lymphknoten sind [30].

Im Gegensatz zur oft kettenartigen Anordnung der Lymphknoten bei ausgeprägtem Lymphom-befall sind Lymphknotenmetastasen von Karzinomen hingegen eher einzeln stehend mit mehr Abstand dazwischen. Als Bulk wird eine zusammenhängende Lymphommasse von mindestens 10 cm im größten Durchmesser bezeichnet, die an den peripheren Lymphknotenstationen selten entsteht und wenn, dann meist durch eine ausgedehnte extranodale Ausbreitung. Besonders hochmaligne Lymphome neigen zur Kapselüberschreitung und ausgedehnten flächigen echoarmen Infiltraten.

Trotz des häufig sehr echoarmen, scheinbar „pseudozystischen“ Charakters mit dorsaler Schallverstärkung sind die Lymphknoten zur Gänze solide gebaut. Zystische Veränderungen, Nekrosen oder Verkalkungen sind selten [14, 33]. Mit modernen hochauflösenden Schallköpfen und einer entsprechend hoch gewählten Gain ist der pseudozystische Charakter als solide zu erkennen [32]. In Zweifelsfällen kann der Farb/Powerdoppler hilfreich sein, den soliden Charakter zu beweisen.

Farb/Powerdopplersonografisch erscheint die Vaskularisation meist gesteigert [13]. Gefäßbäume innerhalb der Lymphknoten sind häufig erhalten, können aber auch gering bis deutlich verändert erscheinen (► Abb. 8). Die Doppler-Spektralanalyse ermöglicht nicht die wichtige Differenzierung malignes Lymphom versus entzündliche Lymphadenopathie [13]. Die Bildgebung ermöglicht generell auch keine Differenzierung der einzelnen Lymphomsubtypen.

Die Sonografie ist auch etabliert in der Verlaufskontrolle und Nachsorge von malignen Lymphomen. Bei Komplettremission nach Therapie bilden sich die ursprünglich oft ausgeprägt vergrößerten Lymphknoten auf Normalwerte zurück. Bei sehr ausgedehnten Befunden und Bulks kann ein kleines, über die Norm vergrößertes inaktives Residuum zurückbleiben. Der Eckpfeiler der sonografischen Verlaufskontrolle ist die Größe eines Befundes. Die Vergleichbarkeit mit den Voruntersuchungen setzt jeweils eine exakte Vermessung und Dokumentation voraus, wobei im Falle von multiplen Lymphknoten der Kurzachsendurchmesser des größten Lymphknotens pro Region angegeben werden sollte. Sonografie und CT werden in der Verlaufskontrolle und Nachsorge meist alternierend eingesetzt, um einerseits die fehlende Strahlenbelastung der Sonografie und andererseits die Möglichkeit der Gesamterfassung des Körperstammes bei der CT als Vorteile nutzen zu können.

Lymphknotenmetastasen solider Tumoren

Die lymphogene Metastasierung ist zunächst auf das Lymphabflussgebiet des Primärtumors beschränkt. Das Wachstum von Metastasen in Lymphknoten erfolgt häufig umschrieben-knotig

und verändert daher meist stark die sonografische Lymphknotenarchitektur. Typische Zeichen sind die exzentrische Kortextverbreiterung und die inhomogene Binnenstruktur (► Abb. 5, 6). Diese ist häufig echoarm, seltener kann sie auch echoreich sein. Nicht selten kommen Nekrosezonen unterschiedlicher Echogenität vor [32, 34], wobei diese besonders häufig beim Plattenepithelkarzinom sind (► Abb. 5). Farb/Powerdopplersonografisch ist der normale Gefäßbaum meist deutlich verändert (► Abb. 5, 6) [6, 9]. Anaplastische Karzinome können jedoch selten ein ähnlich gleichmäßiges Erscheinungsbild und Durchblutungsmuster wie maligne Lymphome oder reaktive Lymphknoten aufweisen (► Abb. 13). Der metastatische Befall eines Lymphknotens muss eine Ausdehnung und Größe erreichen, um detektiert werden zu können. Mikrometastasen, Metastasen bis etwa 3 mm Größe und eine extrakapsuläre Mikroinvasion sind generell mit keiner bildgebenden Methode nachzuweisen, wobei diese vor allem für Plattenepithelkarzinome im HNO-Bereich und axillär bei Mammakarzinom in einer Häufigkeit bis 20 % beschrieben sind [35–37].

Da Lymphknotenmetastasen häufig mit reaktiv veränderten Lymphknoten vergesellschaftet sind und sich die Erscheinungsbilder überlappen, wird die Sonografie der Kopf/Halslymphknoten bei HNO-Tumoren häufig durch die sonografisch gezielte Feinnadelaspirationszytologie ergänzt [19, 38]. Diese setzt eine intensive Zusammenarbeit mit dem Pathologen und eine spezielle zytologische Expertise voraus [19, 39].

Die Sonografie hat auch einen wichtigen Stellenwert in der Nachsorge von peripheren Lymphknotenstationen im Lymphabflussgebiet von malignen soliden Tumoren wie beispielsweise beim kutanen Melanom, bei Plattenepithelkarzinomen der Haut und HNO-Tumoren. Diese erfolgt meist zunächst in 3-Monatsintervallen.

Sarkoidose

Die bei der Sarkoidose am häufigsten befallenen Organe sind Lunge und Lymphknoten mit jeweils etwa 90%. Die hilären und mediastinalen Lymphknoten sind dabei die am meisten betroffenen Gruppen. In einem Drittel der Patienten sind auch die peripheren Lymphknoten, vor allem die unteren zervikalen, klavikulären und axillären, involviert, wobei ein isolierter Befall der peripheren Stationen ohne thorakalen Befall selten ist [40]. Gelegentlich ist der Tastbefund einer peripheren Lymphadenopathie die klinische Erstmanifestation, weil der thorakale Befall häufig keine Beschwerden verursacht. Bei Befall der peripheren Lymphknoten sind diese meist nur gering- bis mäßiggradig vergrößert und erscheinen sonografisch homogen strukturiert (► Abb. 10) [41]. Farb/Powerdopplersonografisch kann die Vaskularisation normal oder gesteigert und der Gefäßbaum unauffällig bis verändert sein (► Abb. 10). Das sonografische Erscheinungsbild ist unspezifisch und ähnelt



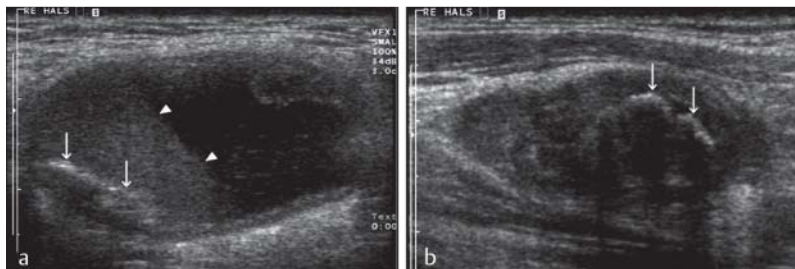


Fig. 11 Lymph node involvement in the neck due to chronic tuberculosis. **a, b** show two different lymph nodes in the middle and lower cervical region. The sonographic lymph node architecture of the significantly enlarged lymph nodes (short-axis diameter of 21 mm in **a** and 13 mm in **b**) is no longer present. Both lymph nodes show a hyperechoic plaque-like calcification (arrows). **a** additionally shows extensive liquid necrosis with sediment level (arrow tips).

Abb. 11 Lymphknotenbefall am Hals durch chronische Tuberkulose. **a** und **b** zeigen zwei unterschiedliche Lymphknoten im mittleren und unteren Halsbereich. Die sonografische Lymphknotenarchitektur der deutlich vergrößerten Lymphknoten (Kurzachsendurchmesser von 21 mm in **a** und 13 mm in **b**) ist aufgehoben. Beide Lymphknoten zeigen eine echoreiche schollige Verkalkung (Pfeile). **a** zeigt zusätzlich eine ausgedehnte flüssige Nekrose mit Sedimentspiegel (Pfeilspitzen).

sis-specific (► Fig. 11) [35, 42]. In contrast to tuberculosis, lymph node calcifications in the case of inflammation of another origin and malignant diseases are very rare and can sometimes be seen after chemotherapy/radiation therapy [14, 32]. Exceptions include papillary and medullary thyroid carcinoma in which multiple dot-like calcifications often occur in the affected lymph nodes [32, 35]. In the case of peripheral lymphadenopathy, the obligatory thorough examination including chest X-ray and CT of the torso often provides diagnostic direction particularly on the basis of the typical pulmonary involvement of tuberculosis.

Castleman disease

Castleman disease is a rare lymphadenopathy of unknown origin that usually affects abdominal, mediastinal, or peripheral lymph nodes. There are two types: The more common localized type (approximately 90% of cases, usually histologically hyaline vascular) in which only one lymph node is affected, and the rarer multicentric type (approximately 10% of cases, usually histologically plasma cell-rich) in which more lymph nodes are affected. The localized type, which is usually asymptomatic, has a significantly better prognosis than the multicentric type, which is always symptomatic.

The lymph node(s) is/are moderately to significantly enlarged and typically appear to have a homogeneous structure on sonography [44]. Color/power Doppler sonography often shows increased vascularization and the appearance of the vascular tree ranges from normal to altered. The sonographic appearance is non-specific and often resembles that of malignant lymphomas and reactive lymph nodes (► Fig. 12) [44]. Diagnosis is made histopathologically via excisional or core biopsy. The treatment of choice in the localized type is complete surgical removal of the affected lymph node, which acts as a cure in approximately 90% of cases.

Examples of rare entities

Enlarged peripheral lymph nodes are common in cat-scratch disease, toxoplasmosis, Rosai-Dorfman disease, Kimura disease, and Kikuchi disease. In cat-scratch disease, a usually self-limiting infection caused by the bacterium *Bartonella henselae*, which enters the skin as the result of a cat scratch or bite, the lymph nodes of the lymphatic drainage area of the port of entry (usually the axilla, neck, or crook of the arm) are affected [45]. Rosai-Dorfman disease is also usually a benign process of unknown origin involving significant swelling of the lymph nodes in the neck primarily in young patients [47]. Kimura disease and Kikuchi disease in Southeast Asia are also usually self-limiting diseases of unknown origin that are accompanied by lymphadenopathy in the neck [46, 47]. The affected lymph nodes of the specified entities are generally minimally to moderately enlarged. The sonographic lymph node architecture and the vascularization pattern are often preserved but can be altered in rare cases. The most important differential diagnoses are common inflammation and malignant lymphoma [45–47]. The sonographic appearance usually does not allow definitive differentiation. Therefore, the diagnoses must be made clinically, via lab tests, or via biopsy.

Virchow's lymph node

Involvement of the left supraclavicular Virchow's lymph node in the venous angle is an interesting particularity. A non-painful palpation finding in this region is occasionally the first clinical manifestation of a malignant disease. Metastasis occurs via the thoracic duct and is occasionally observed in pancreatic carcinoma, gastric carcinoma, or in general in wide-spread malignancies of the abdominal cavity and the retroperitoneum (► Fig. 6). It is important for the examiner to be familiar with this special pathway of spread and this growth pattern and for a supplementary targeted examination of the abdominal cavity and the retroperitoneum to be subsequently performed as necessary. Additional CT of the torso provides a better overview of the morphological changes in regions that are difficult or impossible to access with sonography such as the thoracic cavity and retroperitoneum.

Course of action based on the sonographic finding

▼ In the case of a normal sonographic finding under consideration of the B-mode criteria described in Part 1 and the color/power Doppler sonography criteria, no further diagnostic procedures are necessary if sonography was performed for example due to an unclear palpation finding, if an unclear sonographic lymph node finding was previously acquired by an inexperienced colleague, or if borderline large lymph nodes were described on CT



eher malignen Lymphomen und reaktiven Lymphknoten als soliden Tumoren [8, 41]. Bei unklarer peripherer Lymphadenopathie wird die weiterführende Thorax-Röntgen-Aufnahme und/oder Körperstamm-CT im Falle der Sarkoidose häufig aufgrund des typischen Befallsmusters (asymptomatische bilaterale Lymphadenopathie, mit oder ohne symmetrischem Lungenbefall) die Verdachtsdiagnose in die korrekte Richtung lenken. Die Diagnosesicherung der Sarkoidose erfolgt klinisch, laborchemisch, radiologisch und bioptisch, wobei die definitive Unterscheidung gegenüber der wichtigen Differenzialdiagnose dem malignen Lymphom nur histologisch möglich ist [8]. Die periphere Lymphadenopathie bei Sarkoidose wird gerne für die bioptische Diagnosesicherung mittels offener Probeexzision oder ultraschallgezielter Stanzbiopsie genutzt [40].

Tuberkulose

Die hilären und mediastinalen Lymphknoten sind bei Tuberkulosebefall der Lunge, die mit etwa 80% das am häufigsten erkrankte Organ darstellt, meist mitbetroffen. Der Befall der peripheren Lymphknotenstationen ist deutlich seltener, wobei dabei bevorzugt der Hals, die Klavikularegion und die Axilla betroffen sind. Die Lymphknotentuberkulose neigt besonders zur Ausbildung von Nekrosen, liquiden Anteilen, Verkalkungen, Kapselüberschreitung und Fistelbildung [42]. Dementsprechend stark verändert erscheint häufig die sonografische Lymphknotenarchitektur und das farb/powerdopplersonografische Bild (Abb. 11) [6, 32, 43]. Als relativ tuberkulosespezifisch können Verkalkungen und Fisteln gelten (Abb. 11) [35, 42]. Im Gegensatz zur Tuberkulose sind Lymphknotenverkalkungen bei Entzündungen anderer Genese und malignen Erkrankungen primär sehr selten und manchmal nach Chemo/Strahlentherapie nachzuweisen [14, 32]. Ausnahmen sind das papilläre und medulläre Schilddrüsenkarzinom, bei denen multiple punktförmige Verkalkungen in den befallenen Lymphknoten häufig vorkommen [32, 35].

Im Falle einer peripheren Lymphadenopathie wird die obligate Durchuntersuchung inklusive Thorax-Röntgen-Aufnahme und Körperstamm-CT, vor allem durch den typischen Lungenbefall der Tuberkulose, häufig diagnostisch richtungsweisend sein.

Morbus Castleman

Der Morbus Castleman ist eine seltene Lymphknotenerkrankung unbekannter Genese, die meist abdominale, mediastinale oder periphere Lymphknoten betrifft. Zwei Formen werden unterschieden: die häufigere lokalisierte Form (etwa 90% der Fälle, histologisch meist hyaliner-vaskulärer Typ), bei der nur ein Lymphknoten befallen ist und die seltenere multizentrische Form (etwa 10% der Fälle, histologisch meist plasmazellreicher Typ), bei der mehrere Lymphknoten betroffen sind. Die lokalisierte Form, die meist klinisch stumm verläuft, hat eine wesent-

lich bessere Prognose als die multizentrische Form, die immer mit Beschwerden einhergeht.

Der/die Lymphknoten sind mäßiggradig bis deutlich vergrößert und erscheinen sonografisch meist homogen strukturiert [44]. Farb/Powerdopplersonografisch ist die Vaskularisation oft gesteigert und der Gefäßbaum unauffällig bis verändert. Das sonografische Erscheinungsbild ist unspezifisch und ähnelt häufig malignen Lymphomen und reaktiven Lymphknoten (Abb. 12) [44]. Die Diagnose erfolgt histopathologisch mittels offener Exzision oder Stanzbiopsie. Die Therapie der Wahl bei der lokalisierten Form ist die vollständige chirurgische Entfernung des betroffenen Lymphknotens, die in etwa 90% der Fälle zur Heilung führt.

Beispiele seltener Entitäten

Im Rahmen der Katzenkratzkrankheit, der Toxoplasmose, der Rosai-Dorfman-Erkrankung, der Kimura- oder der Kikuchi-Krankheit treten häufig vergrößerte periphere Lymphknoten klinisch in Erscheinung. Bei der Katzenkratzkrankheit, einer meist selbstlimitierenden Infektion durch das Bakterium *Bartonella henselae*, das durch Kratz- oder Bissverletzungen der Katze in die Haut eintritt, sind die Lymphknoten des Lymphabflussgebietes der Eintrittspforte (meist Axilla, Hals oder Ellenbeuge) betroffen [45]. Auch die Rosai-Dorfman-Erkrankung ist meist ein gutartig verlaufender Prozess jedoch unklarer Genese, bei dem es zu einer deutlichen Lymphknotenschwellung am Hals vor allem jugendlicher Patienten kommt [47]. Die Kimura-Krankheit und die Kikuchi-Krankheit sind ebenfalls meist selbstlimitierende Erkrankungen unklarer Genese bei Südasiaten, die mit einer Lymphadenopathie am Hals einhergehen [46, 47]. Die befallenen Lymphknoten der genannten Entitäten sind im Allgemeinen gering bis mäßiggradig vergrößert. Die sonografische Lymphknotenarchitektur und das Vaskularisationsmuster sind oft erhalten oder seltener verändert. Die wichtigsten Differenzialdiagnosen sind gewöhnliche Entzündungen und das maligne Lymphom [45–47]. Die sonografischen Erscheinungsbilder erlauben meist keine sichere Differenzierung, weshalb die Diagnosen klinisch, laborchemisch oder bioptisch gestellt werden müssen.

Virchow Lymphknoten

Eine interessante Besonderheit stellt der Befall des Virchow-Lymphknotens links supraklavikulär im Venenwinkel dar. Ein nicht schmerzhafter Tastbefund in diesem Bereich ist gelegentlich die klinische Erstmanifestation einer malignen Erkrankung. Die Metastasierung erfolgt über den Ductus thoracicus und ist gelegentlich beim Pankreaskarzinom, Magenkarzinom, oder generell bei ausgedehnten Malignomen des Bauchraumes und des Retroperitoneums zu beobachten (Abb. 6). Wichtig ist, dass der Untersucher diesen besonderen Ausbreitungsweg und dieses Befallsmuster kennt und gegebenenfalls eine ergänzende, gezielte Untersuchung



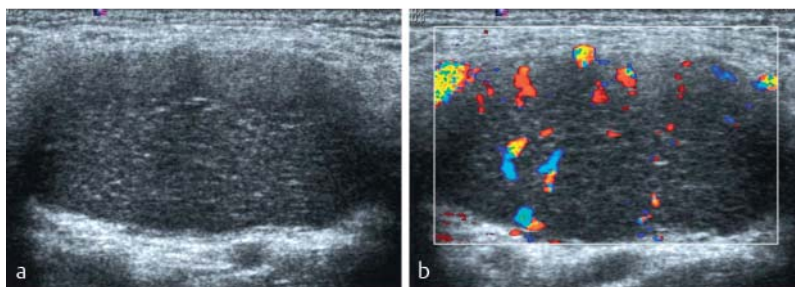


Fig. 12 Unilocular manifestation of Castleman disease with a left-sided supraclavicular location in a 24-year-old male patient. **a** shows a longitudinal section of the significantly enlarged lymph node (short-axis diameter of 21 mm) with lack of sonographic lymph node architecture. The internal structure is relatively homogeneous with a speckled internal structure as often seen in malignant lymphomas. **b** shows the color Doppler sonographic image of the lymph node (7.3 MHz, 900 PRF, 50 WF) with peripherally intensified perfusion and a lack of the normal vascular tree emanating from the hilar region.

Abb. 12 Unilokuläre Manifestation eines Morbus Castleman bei 24-jährigem männlichen Patienten links supraclavikulär. **a** zeigt einen Längsschnitt des deutlich vergrößerten Lymphknotens (21 mm Kurzachsendurchmesser) mit aufgehobener sonografischer Lymphknotenarchitektur. Die Binnenstruktur ist relativ homogen mit getüpfelter Binnenstruktur, wie dies oft bei malignen Lymphomen zu beobachten ist. **b** zeigt die farbdopplersonografische Darstellung des Lymphknotens (7,3 MHz, 900 PRF, 50 WF) mit peripher betonter Durchblutung und Fehlen des normalen von hilär ausgehenden Gefäßbaumes.

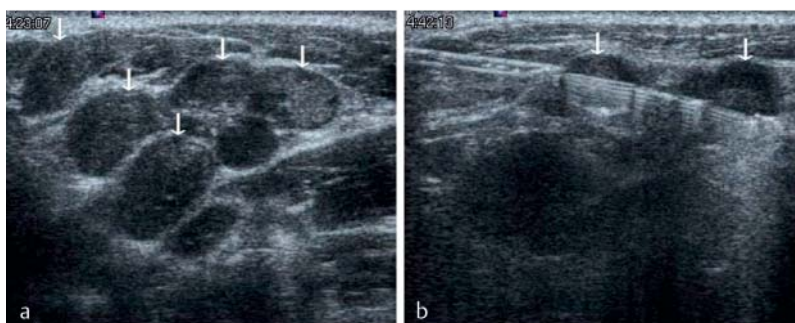


Fig. 13 Group of metastatic lymph nodes in the upper cervical region as a result of an undifferentiated carcinoma. The lymph nodes (arrows) are only slightly enlarged (short-axis diameter up to 8 mm), have a clear border, and have a relatively homogeneous internal structure. **b** shows the diagnostic core biopsy (18 G, throw 2.2 cm), with the semi-automatic biopsy needle taking samples from two lymph nodes at the same time.

Abb. 13 Gruppe metastatisch befallener Lymphknoten im oberen Halsbereich durch ein undifferenziertes Karzinom. Die Lymphknoten (Pfeile) sind nur gering vergrößert (Kurzachsendurchmesser bis 8 mm), scharf begrenzt und haben eine relativ homogene Binnenstruktur. **b** zeigt die diagnostische Stanzbiopsie (18 G, Vorschub 2,2 cm), wobei die Ausnehmung der halbautomatischen Biopsienadel gleichzeitig zwei Lymphknoten erfasst.

or MRI. However, this approach assumes that clinical suspicion of a disease requiring clarification does not necessitate further examinations.

In the case of borderline large lymph nodes or lymph nodes with a minimal increase in volume on both sides of the upper cervical region (punctum maximum jugulodigastric, regions Ib and II) and otherwise normal sonographic criteria, hyperplastic lymph nodes should be assumed particularly in young patients. Initial sonographic follow-up in 3 months is sufficient. Borderline large or minimally enlarged lymph nodes with preservation of the remaining criteria in other regions without clinical evidence of a further disease requiring clarification should undergo sonographic follow-up, with the compari-

son of the size (short-axis diameter) being the most important criterion. Sonographic follow-up at intervals of 3 months initially, then 6 months in the case of consistency of findings, and finally 1 year have proved successful.

Lymphadenopathies clinically and sonographically shown to be of an inflammatory origin should undergo sonographic follow-up in 3–4 weeks particularly in serious cases even in the event of improvement of the symptoms in order to document complete retrogression.

In the case of reactive inguinal and/or axillary lymph nodes in wide-spread skin disease, dermatopathic lymph nodes should be assumed. Sonographic follow-up initially in 3 months is usually sufficient.

In lymphadenopathies that are clinically and/or sonographically suspicious for tumor, a thorough examination including CT of the torso should be performed to detect additional changes that can be seen via imaging and to determine the most suitable access for the usually necessary biopsy. In general, a commercially available ultrasound-guided 18G core biopsy needle (throw 2.2 cm) should be used for this purpose (see Fig. 2). Multiple (usually 3) core biopsy specimens are typically taken to ensure sufficient material for histological examination. The core biopsy specimens are checked for quality immediately after removal. Specimens that disintegrate in formalin indicate extensive necrosis. When possible, more tissue samples should be taken to allow histological diagnosis. In the case of sufficiently large lymph nodes (larger than 2.5 cm) and if structures to be avoided (vessels, nerves) are located distantly, a fully automatic needle can be used for core biopsy. In all other cases, a more accurately guidable semi-automatic needle should be used. In the case of small lymph nodes, a shorter needle throw must usually be used (e.g. from 2.2 cm to 1.5 cm depending on the manufacturer) [48].

Sonographically guided aspiration cytology can be performed on suspicious lymph nodes in the case of malignant ENT tumors for metastasis confirmation. However, core biopsy specimens provide more diagnostic information.

In the case of suspicion of a malignant lymphoma (based on imaging and clinical data), excisional biopsy of a lymph node for histological diagnosis should be performed if the node is easy to access via surgery. Sonography is used to select the most suitable lymph node (selection criteria: pathological presentation, good accessibility (superficial position, at a distance from important surrounding structures (large vessels, nerves)), favorable position of the resulting scar (e.g., axillary)). In the case of good palpability of the lymph node selected for surgical extirpation, a skin pencil can be used for marking. Otherwise, marking must be performed preoperatively using hook wire under ultrasound guidance to ensure reliable removal of the most pathological lymph node. In the case



des Bauchraumes und des Retroperitoneums anschließt. Eine zusätzliche Körperstamm-CT gibt einen besseren Überblick über die bildgebend zu erfassenden morphologischen Veränderungen in den sonografisch nicht oder schwer zugänglichen Regionen wie Thoraxraum und Retroperitoneum.

Weitere Vorgangsweise in Abhängigkeit vom sonografischen Befund

Bei unauffälligem sonografischen Befund unter Berücksichtigung der in Teil 1 beschriebenen B-Bild-Kriterien und der farb/powerdopplersonografischen Kriterien ist keine weitere Diagnostik notwendig, wenn die Sonografie beispielsweise wegen eines unklaren Tastbefundes erfolgte, wenn ein wenig mit der Methode vertrauter Kollege zuvor einen unklaren sonografischen Lymphknotenbefund erhob, oder wenn in der CT oder MRT grenzwertig große Lymphknoten beschrieben wurden. Diese Vorgangsweise setzt aber voraus, dass nicht der klinische Verdacht auf eine abklärungsbedürftige Erkrankung weitere Untersuchungen notwendig macht.

Bei grenzwertig großen oder geringgradig volumvermehrten Lymphknoten beidseits im oberen Halsbereich (punctum maximum jugulodigastrisch, Regio Ib und II) und ansonsten unauffälligen sonografischen Kriterien ist insbesondere bei jungen Patienten von hyperplastischen Lymphknoten auszugehen. Eine sonografische Verlaufskontrolle zunächst in 3 Monaten ist ausreichend.

Grenzwertig große oder gering vergrößerte Lymphknoten bei erhaltenen übrigen Kriterien in anderen Regionen ohne klinischen Hinweis auf eine weiter abklärungsbedürftige Erkrankung sollten sonografisch verlaufskontrolliert werden, wobei der Vergleich der Größe (Kurzachsendurchmesser) das wichtigste Kriterium darstellt. Sonografische Kontrollen in Intervallen von zunächst 3 Monaten, bei Befundkonstanz in weiteren 6 Monaten und danach nach einem weiteren Jahr haben sich bewährt.

Lymphadenopathien, bei denen das klinische und sonografische Bild für eine entzündliche Genese sprechen, sollten insbesondere in ausgeprägten Fällen auch bei Besserung der Symptomatik in 3–4 Wochen sonografisch kontrolliert werden, um eine vollständige Rückbildung zu dokumentieren. Bei reaktiv imponierenden Lymphknoten inguinal und/oder axillär bei großflächiger Hauterkrankung ist von dermpathischen Lymphknoten auszugehen, eine sonografische Kontrolle zunächst in 3 Monaten wird meist ausreichen.

Bei Lymphadenopathien die klinisch und/oder sonografisch tumorsuspekt erscheinen, sollte einerseits eine Durchuntersuchung inklusive Körperstamm-CT erfolgen, um weitere, mittels Bildgebung fassbare Veränderungen zu detektieren und andererseits den am besten geeigneten Zugangsweg für die meist notwendige biopsische Abklärung zu bestimmen. Generell sollte dabei eine ultraschallgeführte, handelsübliche 18 G Stanz-

biopsienadel (Vorschub 2,2 cm) zur Anwendung kommen (Abb. 2). Normalerweise werden mehrere (meist 3) Stanzbiopsiezylinder entnommen, um ausreichend Material für die histologische Untersuchung zu erhalten. Die Stanzzyylinder werden unmittelbar nach der Entnahme auf ihre Qualität geprüft. In Formalin zerfallende Zylinder sprechen für ausgedehnte nekrotische Anteile, wenn möglich sollten dann mehr Gewebszylinder entnommen werden, um eine histologische Diagnose zu ermöglichen. Bei ausreichend großen Lymphknoten (größer 2,5 cm) und wenn zu meidende Strukturen (Gefäße, Nerven) davon entfernt liegen, kann eine Vollautomatknadel zur Stanzbiopsie verwendet werden. In allen übrigen Fällen sollte eine gezielter zu führende Halbautomatknadel Verwendung finden. Bei kleinen Lymphknoten muss meist auf einen kürzeren Nadelvorschub zurückgegangen werden (je nach Fabrikat beispielsweise von 2,2 cm auf 1,5 cm) [48].

Eine sonografisch geführte Aspirationszytologie kann an suspekten Lymphknoten bei malignen HNO-Tumoren zum Metastasennachweis erfolgen. Aussagekräftiger sind allerdings Stanzbiopsate.

Bei Verdacht auf ein malignes Lymphom (bildungsmäßig und klinisch) sollte bei operativ guter Zugänglichkeit die offene Probeexzision eines Lymphknotens für die histologische Diagnose erfolgen. Die Sonografie dient dabei der Auswahl des am besten geeigneten Lymphknotens (Auswahlkriterien: möglichst pathologisches Erscheinungsbild, gute Zugänglichkeit [oberflächliche Lage, Distanz von wichtigen Umgebungsstrukturen (große Gefäße, Nerven)], günstige Lage der zu erwartenden Narbe [z. B.: axillär]). Bei guter Tastbarkeit des zur operativen Exzision ausgewählten Lymphknotens kann mittels Hautstiftes markiert werden, ansonsten muss präoperativ regelhaft ultraschallgezielt mittels Hakendrahtes markiert werden, um die sichere Entnahme des auffälligsten Lymphknotens zu gewährleisten. Bei schwieriger operativer Zugänglichkeit, ausgedehnten Befunden und Konglomerattumoren ist der ultraschallgezielten Stanzbiopsie der Vorzug zu geben, da postoperativ das Risiko von ausgedehnten Hämatomen, Seromen und Lymphfisteln deutlich erhöht ist. Wenn es die Sicherheit des Zugangsweges erlaubt, sollte dabei die kalibrierstärkere 16 G Stanzbiopsienadel verwendet werden und mehrere Biopsate (beispielsweise 5) entnommen werden [21, 48, 49]. Dies ermöglicht meist die notwendige Subklassifizierung der malignen Lymphome [8, 21, 48, 50, 51]. In Einzelfällen ist das Stanzbiopsiematerial zur Lymphomdiagnostik nicht ausreichend, sodass danach noch eine offene Probeexzision vorgenommen werden muss [8, 21, 48].

Lymphadenopathien bei bekannter CLL werden meist nicht histologisch bestätigt, es sei denn, dass der Verdacht auf eine Transformation in ein anderes malignes Lymphom vorliegt.



of limited accessibility for surgery, extensive findings, and conglomerate tumors, ultrasound-guided core biopsy is preferred since the postoperative risk of extensive hematomas, seromas, and lymphatic fistulas is significantly greater. If the access path allows, a higher caliber 16G core biopsy needle should be used and multiple biopsy specimens (e.g., 5) should be taken [21, 48, 49]. This usually makes it possible to perform the necessary subclassification of malignant lymphomas [8, 21, 48, 50, 51]. In individual cases, the core biopsy material is not sufficient for diagnosing lymphoma so that excisional biopsy must be subsequently performed [8, 21, 48].

Lymphadenopathies in known CLL are usually not histologically confirmed unless transformation into another malignant lymphoma is suspected. Solitary findings that are suspicious for tumor and are surgically easy to be accessed should be completely removed without prior biopsy to prevent possible tumor cell spreading during biopsy.

Final comments

Three questions must be answered regarding the sonographic examination of peripheral lymph node stations: First: Is an identified structure a lymph node or something else? Second: In the case of a lymph node, is it normal or pathological? Third: If the lymph node appears pathological, is it possible to make a differential diagnosis and a classification according to the main groups: hyperplastic, inflammatory, or neoplastic? [26]. The answer to the second question is particularly important. Knowledge of the normal findings and their variability is a decisive foundation and is therefore described in detail in Part 1 [1]. The fact that the diagnostically important hyperechoic hilum of the cervical lymph nodes is often missing, the hyperechoic hilum of the axillary and inguinal lymph nodes can appear relatively hypoechoic, and lymph nodes are often rounded in some subregions of the neck are emphasized here as important but often little known features [1].

The individual sonographic criteria that have proven successful in the daily routine are described in detail in Part 1 [1]. In particular, these are the short-axis diameter, the cortex (cortical width and uniformity of the cortical width), homogeneity of the internal structure, and the vascular tree.

If lymph nodes appear pathological, the ultrasound diagnostician should help to determine whether a sonographic follow-up should be performed in 3–4 weeks in the case of suspicion of an inflammatory change, further examination and ultrasound-guided biopsy should be performed in the case of sonographic suspicion of neoplasia, or excisional biopsy should be recommended. The clinical history including the duration of the existence of a palpation finding and

the evaluation of spontaneous pain and pain on palpation must be taken into consideration.

A general strength of sonography is the ability to perform compartment determination and differential diagnosis of palpable changes and in the case of appropriate experience, it allows various visual diagnoses, such as lymph node, cyst, vascular pathology, lipoma, glomus tumor, atheroma, salivary gland or thyroid gland pathology.

CT and MRI allow a better overview of extensive findings and deep-seated regions and better visualize distribution patterns of pathological lymph nodes and extranodal findings in the entire body than sonography. However, sonography is better suited for targeted evaluation of peripheral lymph nodes due to the good sonographic accessibility of these regions, the higher spatial resolution, and the good soft tissue discrimination and is therefore the imaging method of choice in such cases.

Main statements

Inflammatory reactive lymph nodes show an intensified normal vascular tree emanating from the central-hilar region on color/power Doppler sonography.

Color/power Doppler sonographic criteria of malignant lymph nodes in contrast to inflammatory reactive lymph nodes include asymmetry of the normal vascular tree, circumscribed negative areas and hypervascularized areas, a spotted vascular pattern, peripheral vascularization enhancement, and vessels with extracapsular extension.

Signs of inflammatory reactive lymph nodes are uniform widening of the hypoechoic lymph node cortex, increase in the short-axis diameter, uniform narrowing of the hyperechoic hilum (preserved sonographic lymph node architecture), and preserved vascular tree with slightly to significantly increased vascularization.

The often significant homogeneous hypoechoic volume increase of the lymph nodes with or without preservation of the sonographic architecture and increase of the vascularization with or without preservation of the original vascular tree is indicative of malignant lymphoma.

Lymph node metastases of solid tumors usually greatly change the sonographic lymph node architecture. Typical signs are the usually significant volume increase, the often pronounced inhomogeneous internal structure, the eccentric widening of the cortex, necrotic zones, and a greatly altered vascular pattern.

Affected lymph nodes in sarcoidosis often resemble malignant lymphomas or inflammatory reactive lymph nodes.

Diseased lymph nodes in tuberculosis often exhibit calcifications, liquid areas, and fistulas into the surroundings (e.g. to the skin).



Solitäre tumorsuspekte Befunde, die operativ leicht zugänglich sind, sollten ohne vorherige biopsische Abklärung in toto entfernt werden, um eine mögliche Tumorzellverschleppung im Rahmen der Biopsie zu vermeiden.

Abschließende Bemerkungen

Im Rahmen der sonografischen Untersuchung der peripheren Lymphknotenstationen gilt es vor allem drei Fragen zu beantworten: Erstens, handelt es sich bei einer identifizierten Struktur um einen Lymphknoten oder etwas Anderes? Zweitens, wenn es sich um einen Lymphknoten handelt, ist dieser als normal oder pathologisch zu interpretieren? Drittens, wenn dieser pathologisch erscheint, ist eine differenzialdiagnostische Eingrenzung und Zuordnung zu den Hauptgruppen: hyperplastisch, entzündlich oder neoplastisch möglich? [26]. Die Beantwortung der zweiten Frage ist besonders wichtig. Dabei ist die Kenntnis der Normalbefunde und deren Variabilität entscheidende Grundlage und in Teil 1 deshalb ausführlich beschrieben [1]. Dass der diagnostisch wichtige echoreiche Hilus an den Halslymphknoten oft fehlt, dass der echoarme Hilus axillär und inguinal relativ echoarm erscheinen kann und, dass in einigen Subregionen des Halses Lymphknoten oft rundlich sind, seien hier als wichtige, oft wenig bekannte Gegebenheiten hervorgehoben [1].

Breiter Raum ist in Teil 1 den einzelnen sonografischen Kriterien gewidmet, die sich in der täglichen Patientenarbeit bewähren [1]. Diese sind insbesondere der Kurzachsendurchmesser, der Kortex (Kortextbreite und Gleichmäßigkeit der Kortextbreite), die Homogenität der Binnenstruktur und der Gefäßbaum.

Wenn Lymphknoten pathologisch erscheinen, sollte der Ultraschalldiagnostiker die weitere Vorgangsweise beeinflussen, ob im Falle des Verdachts einer entzündlichen Veränderung eine sonografische Verlaufskontrolle in 3 – 4 Wochen oder bei sonografischem Verdacht auf eine Neoplasie weiter durchuntersucht und sonografisch gezielt biopsiert werden sollte, oder zu einer offenen Probeexzision geraten werden muss. Dabei ist der klinische Hintergrund einschließlich der Frage nach der Dauer des Bestehens eines Tastbefundes und der Beurteilung der Spontan- und Druckschmerzhaftigkeit unbedingt zu berücksichtigen.

Eine Stärke der Sonografie liegt generell in der Kompartimentzuordnung und differenzialdiagnostischen Eingrenzung von tastbaren Veränderungen und erlaubt bei entsprechender Erfahrung verschiedene Blickdiagnosen wie Lymphknoten, Zyste, Gefäßpathologie, Lipom, Glomustumor, Atherom, Speicheldrüsen- oder Schilddrüsenpathologie.

Die CT und MRT erlauben eine übersichtlichere Darstellung von ausgedehnten Befunden und tiefliegenden Regionen und ermöglichen die bessere Darstellung von Verteilungsmustern pathologischer

Lymphknoten und extranodaler Befunde im gesamten Körper als die Sonografie. Zur gezielten Beurteilung der peripheren Lymphknoten ist die Sonografie wegen der guten sonografischen Zugänglichkeit dieser Regionen, der höheren Ortsauflösung und guten Weichteildiskriminierung aber besser geeignet und daher bildgebende Methode der Wahl.

Hauptaussagen

Entzündlich reaktive Lymphknoten zeigen farb- oder powerdopplersonografisch eine Betonung des normalen, von zentral-hilär ausgehenden Gefäßbaumes.

Farb/powerdopplersonografische Kriterien von malignen Lymphknoten im Gegensatz zu entzündlich reaktiven Lymphknoten umfassen Asymmetrien des normalen Gefäßbaumes, umschriebene Aussparungen und hypervaskularisierte Areale, das gesprenkelte (spotted) Gefäßbild, die periphere Betonung der Vaskularisation und kapselüberschreitende Gefäße.

Zeichen von entzündlich reaktiven Lymphknoten sind die gleichmäßige Verbreiterung des echoarmen Lymphknotenkontext, die Zunahme des Kurzachsendurchmessers, die gleichmäßige Einengung des echoreichen Hilus (erhaltene sonografische Lymphknotenarchitektur) und der erhaltene Gefäßbaum mit gering bis deutlich gesteigerter Vaskularisation.

Hinweisend für ein malignes Lymphom ist die oft deutliche homogene echoarme Volumszunahme der Lymphknoten mit oder ohne Erhalt der sonografischen Architektur und Zunahme der Vaskularisation mit oder ohne Erhalt des originären Gefäßbaumes.

Lymphknotenmetastasen solider Tumoren verändern meist stark die sonografische Lymphknotenarchitektur. Typische Zeichen sind die meist deutliche Volumszunahme, die oft ausgeprägt inhomogene Binnenstruktur, die exzentrische Kortextverbreiterung, Nekrosezonen und stark veränderte Gefäßmuster.

Befallene Lymphknoten bei Sarkoidose ähneln oft malignen Lymphomen oder entzündlich reaktiven Lymphknoten.

Erkrankte Lymphknoten bei Tuberkulose zeigen oft Verkalkungen, liquide Anteile und Fisteln in die Umgebung (z. B.: zur Haut).

In der sonografischen Verlaufskontrolle und Nachsorge einer Lymphadenopathie stellt der exakte Größenvergleich des voluminösesten Lymphknotens einer Region das wichtigste Kriterium dar. Dabei sollte der Kurzachsendurchmesser Anwendung finden.



In the sonographic follow-up and aftercare of lymphadenopathy, an exact size comparison of the most voluminous lymph node of a region is the most important criterion. The short-axis diameter should be used for this purpose.

Literatur

- 1 Rettenbacher T. Sonographie der peripheren Lymphknoten Teil 1: Normalbefunde und B-Bild-Kriterien. *Ultraschall in Med* 2012; 31: 344–361
- 2 Delorme S. Sonographie vergrößerter zervikaler Lymphknoten. *Bildgebung* 1993; 60: 267–272
- 3 Tschammler A, Beer M, Hahn D. Differential diagnosis of lymphadenopathy: power Doppler vs color Doppler sonography. *Eur Radiol* 2002; 12: 1794–1799
- 4 Rubin JM, Bude RO, Carson PL et al. Power Doppler US: a potentially useful alternative to mean frequency-based color Doppler US. *Radiology* 1994; 190: 853–856
- 5 Sakaguchi T, Yamashita Y, Katahira K et al. Differential diagnosis of small round cervical lymph nodes: comparison of power Doppler US with contrast-enhanced CT and pathologic results. *Radiation Medicine* 2001; 19: 119–125
- 6 Na DG, Lim HK, Byun HS et al. Differential diagnosis of cervical lymphadenopathy: usefulness of color Doppler sonography. *Am J Roentgenol* 1997; 168: 1311–1316
- 7 Ying M, Ahuja A, Brook F et al. Power Doppler sonography of normal cervical lymph nodes. *J Ultrasound Med* 2000; 19: 511–517
- 8 Gritzmann N, Hollerweger A, Macheiner P et al. Sonography of soft tissue masses of the neck. *J Clin Ultrasound* 2002; 30: 356–373
- 9 Tschammler A, Wirkner H, Ott G et al. Vascular patterns in reactive and malignant lymphadenopathy. *Eur Radiol* 1996; 6: 473–480
- 10 Esen G, Gurses B, Yilmaz MH et al. Gray scale and power Doppler US in the preoperative evaluation of axillary metastases in breast cancer patients with no palpable lymph node. *Eur Radiol* 2005; 15: 1215–1223
- 11 Moore A, Hester M, Nam MW et al. Distinct lymph nodal sonographic characteristics in breast cancer patients at high risk for axillary metastases correlate with the final axillary stage. *Br J Radiol* 2008; 81: 630–636
- 12 Giovagnorio F, Caiazzo R, Avitto A. Evaluation of vascular patterns of cervical lymph nodes with power Doppler sonography. *J Clin Ultrasound* 1997; 25: 71–76
- 13 Tschammler A, Gunzer U, Reinhart E et al. Dignitätsbeurteilung vergrößerter Lymphknoten durch qualitative und semiquantitative Auswertung der Lymphknotenperfusion mit der farbkodierten Duplexsonographie. *Fortschr Röntgenstr* 1991; 154: 414–418
- 14 Esen G. Ultrasound of superficial lymph nodes. *Eur J Radiol* 2006; 58: 345–359
- 15 Brnic Z, Hebrang A. Usefulness of Doppler waveform analysis in differential diagnosis of cervical lymphadenopathy. *Eur Radiol* 2003; 13: 175–180
- 16 Hollerweger A, Rettenbacher T, Macheiner P et al. New signs of breast cancer: high resistance flow and variations in resistive indices. Evaluation by color Doppler sonography. *Ultrasound Med Biol* 1997; 23: 851–856
- 17 Choi MY, Lee JW, Jang KJ. Distinction between benign and malignant causes of cervical, axillary, and inguinal lymphadenopathy: value of Doppler spectral waveform analysis. *Am J Roentgenol* 1995; 165: 981–984
- 18 Steppan I, Reimer D, Müller-Holzner E et al. Breast cancer in women: evaluation of benign and malignant axillary lymph nodes with contrast-enhanced ultrasound. *Ultraschall in Med* 2010; 31: 63–67
- 19 Rubaltelli L, Beltrame V, Tregnaghi A et al. Contrast-enhanced ultrasound for characterizing lymph nodes with focal cortical thickening in patients with cutaneous melanoma. *Am J Roentgenol* 2011; 196: W8–W12
- 20 Piscaglia F, Nolsoe C, Dietrich CF et al. The EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical practice of contrast enhanced ultrasound (CEUS): Update 2011 on non-hepatic applications. *Ultraschall in Med* 2012; 33: 33–59
- 21 Weskott HP. Ultraschall in der Diagnostik maligner Lymphome. *Radiologe* 2012; 52: 347–359
- 22 Lo WC, Cheng PW, Wang CT et al. Real-time ultrasound elastography: an assessment of enlarged cervical lymph nodes. *Eur Radiol* 2013, Epub
- 23 Alam F, Naito K, Horiguchi J et al. Accuracy of sonographic elastography in the differential diagnosis of enlarged cervical lymph nodes: comparison with conventional B-mode sonography. *Am J Roentgenol* 2008; 191: 604–610
- 24 Choi JJ, Kang BJ, Kim SH et al. Role of sonographic elastography in the differential diagnosis of axillary lymph nodes in breast cancer. *J Ultrasound Med* 2011; 30: 429–436
- 25 Hinz T, Hoeller T, Wenzel J et al. Real-time tissue elastography as promising diagnostic tool for diagnosis of lymph node metastases in patients with malignant melanoma: a prospective single-center experience. *Dermatology* 2013; 226: 81–90
- 26 Cosgrove D, Piscaglia F, Bamber J et al. EFSUMB guidelines and recommendations on the clinical use of ultrasound elastography. Part 2: clinical applications. *Ultraschall in Med* 2013; 34: 238–253
- 27 Xu W, Shi J, Zeng X et al. EUS elastography for the differentiation of benign and malignant lymph nodes: a meta-analysis. *Gastrointest Endosc* 2011; 74: 1001–1009
- 28 Vassallo P, Edel G, Roos N et al. In-vitro high-resolution ultrasonography of benign and malignant lymph nodes. *Invest Radiol* 1993; 28: 698–705
- 29 Westhoff TH, Loddenkemper C, Hörl MP et al. Dermatopathic lymphadenopathy: a differential diagnosis of enlarged lymph nodes in uremic pruritus. *Clin Nephrol* 2006; 66: 472–475
- 30 Majer MC, Hess CF, Kölbl G et al. Small arteries in peripheral lymph nodes: a specific US sign of lymphomatous involvement. *Radiology* 1988; 168: 241–243
- 31 Rubaltelli L, Proto E, Salmasco R et al. Sonography of abnormal lymph nodes in vitro: correlation of sonographic and histologic findings. *Am J Roentgenol* 1990; 155: 1241–1244
- 32 Ahuja A, Ying M. Sonography of neck lymph nodes. Part II: abnormal lymph nodes. *Clin Radiol* 2003; 58: 359–366
- 33 Hollerweger A, Macheiner P, Neureiter D et al. Außergewöhnlich zystisches Erscheinungsbild von Lymphknoten bei malignem Lymphom. *Ultraschall in Med* 2008; 29: 308–310
- 34 King AD, Tse GMK, Ahuja A et al. Necrosis in metastatic neck nodes: diagnostic accuracy of CT, MR imaging, and US. *Radiology* 2004; 230: 720–726
- 35 Som PM. Lymph nodes of the neck. *Radiology* 1987; 165: 593–600
- 36 Steinkamp HJ, Beck A, Werk M et al. Extracapsular spread of cervical lymph node metastases: diagnostic relevance of ultrasound examinations. *Ultraschall in Med* 2003; 24: 323–330
- 37 Marone U, Catalano O, Caraco C et al. Can high-resolution ultrasound avoid the sentinel lymph-node biopsy procedure in the staging process of patients



- with stage I-II cutaneous melanoma? *Ultraschall in Med* 2012; 33: E179–E185
- 38 *de Bondt RBJ, Nelemans PJ, Hofman PAM et al.* Detection of lymph node metastases in head and neck cancer: a meta-analysis comparing US, USgFNAC, CT and MR imaging. *Eur J Radiol* 2007; 64: 266–272
- 39 *Gruber I, Hahn M, Fehm T et al.* Relevance and methods of interventional breast sonography in preoperative axillary lymph node staging. *Ultraschall in Med* 2012; 33: 337–343
- 40 *Koyama T, Ueda H, Togashi K et al.* Radiologic manifestations of sarcoidosis in various organs. *RadioGraphics* 2004; 24: 87–104
- 41 *Warshauer DM, Lee JKT.* Imaging manifestations of abdominal sarcoidosis. *Am J Roentgenol* 2004; 182: 15–28
- 42 *Haber HP, Warmann SW, Fuchs J.* Cervical atypical mycobacterial lymphadenitis in childhood: findings on sonography. *Ultraschall in Med* 2006; 27: 462–466
- 43 *Winkelbauer F, Denk DM, Ammann M et al.* Ultrasound diagnosis of cervical lymph node tuberculosis. *Ultraschall in Med* 1993; 14: 28–31
- 44 *Seo BK, Oh YW, Cho KR et al.* Imaging findings of Castleman's disease localized in the axilla: a case report. *Korean J Radiol* 2002; 3: 136–139
- 45 *Ridder GJ, Richter B, Disko U et al.* Gray-scale sonographic evaluation of cervical lymphadenopathy in cat-scratch disease. *J Clin Ultrasound* 2001; 29: 140–145
- 46 *Ahuja A, Ying M, Mok JSW et al.* Gray scale and power Doppler sonography in cases of Kimura disease. *Am J Neuroradiol* 2001; 22: 513–517
- 47 *Ying M, Ahuja AT, Yuen HY.* Grey-scale and power Doppler sonography of unusual cervical lymphadenopathy. *Ultrasound Med Biol* 2004; 30: 449–454
- 48 *Kim BM, Kim EK, Kim MJ et al.* Sonographically guided core needle biopsy of cervical lymphadenopathy in patients without known malignancy. *J Ultrasound Med* 2007; 26: 585–591
- 49 *de Kerviler E, de Bazelaire C, Mounier N et al.* Image-guided core-needle biopsy of peripheral lymph nodes allows the diagnosis of lymphoma. *Eur Radiol* 2007; 17: 843–849
- 50 *Sklaier-Levy M, Amir G, Spectre G et al.* Image-guided cutting-edge-needle biopsy of peripheral lymph nodes and superficial masses for the diagnosis of lymphoma. *J Comput Ass Tomogr* 2005; 29: 369–372
- 51 *Pfeiffer J, Kayser G, Ridder GJ.* Sonography-assisted cutting needle biopsy in the head and neck for the diagnosis of lymphoma: can it replace lymph node excision? *Laryngoscope* 2009; 119: 689–695

CME-Questions **Sonography of Peripheral Lymph Nodes Part 2: Doppler Criteria and Typical Findings of Distinct Entities**

1 Which statement is correct?

- A) Carcinoma metastases often significantly change the sonographic lymph node architecture.
- B) The sonographic lymph node architecture is often not preserved in the case of hyperplastic and inflammatory reactive lymph nodes.
- C) Squamous cell carcinoma particularly tends toward necroses and cystic areas with varying echogenicities.
- D) Inflammatory reactive peripheral lymph nodes are often located in the lymphatic drainage area of the portal of entry of the pathogen.
- E) Inflammatory reactive or hyperplastic lymph nodes can be assumed in the case of enlarged lymph nodes in the middle and lower cervical region.

- A Only B-E are correct.
- B Only A-D are correct.
- C Only B-D are correct.
- D Only A, C, and D are correct.
- E Only B and D are correct.

2 Which statement regarding Doppler sonography of peripheral lymph nodes is false?

- A To detect as many blood vessels as possible on color/power Doppler sonography, a low pulse repetition frequency (PRF) and wall filter (WF) setting is selected.
- B In particular, normal lymph nodes exhibit central vascularization via the hilar vessels.
- C Primarily solid tumors result in a significant change of the vascular tree.
- D Deep-seated lymph nodes are often negative on color/power Doppler sonography.
- E Peripheral vascularization enhancement is a typical sign of benignity.

3 Which statement regarding Doppler sonography of peripheral lymph nodes is correct?

- A) An increased resistance index (RI > 0.8) is typical for vessels of malignant lymph nodes.
- B) Inflammatory reactive lymph nodes usually have an intensified central vascular tree on color/power Doppler sonography.
- C) The Doppler frequency must be increased to detect deep-seated vessels.
- D) Normal probe pressure barely influences derived Doppler parameters in superficial lymph nodes.
- E) Asymmetry in the vascular tree, negative areas, and peripheral vascularization enhancement are typical signs of benignity on color/power Doppler sonography.

- A Only A-D are correct.
- B Only A, B, and D are correct.
- C Only A, D, and E are correct.
- D Only B, C, and E are correct.
- E Only A and B are correct.

4 Which statement is false?

- A The normal sonographic lymph node architecture can be largely preserved in malignant lymphomas.
- B Typical B-mode signs of malignant lymphomas are a hypoechoic, homogeneous internal structure, a uniform, hypoechoic, speckled internal structure, and enlarged lymph nodes strung together like a chain.
- C Metastases with a size of less than 3 mm cannot be detected with any imaging method.
- D Sonography often makes it possible to differentiate between different lymphoma subtypes.
- E In the case of excisional biopsy of a peripheral lymph node for histological clarification, sonography is used to select the most suitable lymph node.

5 Which statement is correct?

- A) Ultrasound-guided core biopsy is a useful supplement to sonography for further clarification of lymphadenopathy.
- B) In the case of chronic lymphocytic leukemia (CLL), the sonographic lymph node architecture is often preserved.
- C) The sonographic lymph node architecture is usually preserved in tuberculosis.
- D) Tuberculous lymph nodes often have calcifications.
- E) In the case of suspicion of inflammatory reactive lymph nodes, a lymph node biopsy is usually performed for confirmation of the diagnosis.

- A Only A, B, and D are correct.
- B Only A-D are correct.
- C Only A, D, and E are correct.
- D Only B, C, and E are correct.
- E Only A-C are correct.

6 Which statement is correct?

- A) Lymph node involvement in sarcoidosis often resembles malignant lymphomas and inflammatory reactive lymph nodes.
- B) Involvement of Virchow's lymph node in the neck is only possible in the case of gastric carcinoma and pancreatic carcinoma.
- C) Affected lymph nodes in malignant lymphoma are rarely calcified.
- D) Sonography makes it possible to rule out lymph node metastasis in the lymphatic drainage area.
- E) Affected lymph nodes in the case of malignant lymphoma rarely have cystic areas.

- A All are correct.
- B Only A-D are correct.
- C Only A, D, and E are correct.
- D Only B, C, and E are correct.
- E Only A, C, and E are correct.

7 Which statement is false?

- A** Lymph nodes affected by solid tumors frequently result in an inhomogeneous internal structure.
- B** Color/power Doppler sonography requires a minimum blood flow velocity, a minimum vessel size, and a favorable vessel course for vessel detection.
- C** Biopsies with an 18G core biopsy needle are usually sufficient for histological clarification of lymphadenopathy, while an entire lymph node should be removed or biopsied with a thicker 16G needle in the case of suspicion of malignant lymphoma.
- D** Negative areas in lymph nodes correspond to necrotic zones on color/power Doppler sonography.
- E** A high resistance index (RI) in a lymph node vessel and different resistance indices (RI) in a single lymph node are malignancy criteria.

8 Which statement is correct?

- A) Contrast-enhanced ultrasound and elastography are not recommended for use in peripheral lymph nodes in the current EFSUMB guidelines.**
 - B) Doppler spectral analysis allows relatively reliable differentiation between inflammatory lymph nodes and malignant lymphomas.**
 - C) Uniform widening of the hypoechoic lymph node cortex is typical for inflammatory lymph nodes and can also be encountered in malignant lymphomas.**
 - D) In ultrasound-guided core biopsy, several core biopsy specimens should be taken to ensure a reliable histological diagnosis.**
 - E) Tumorous involvement of a lymph node can be ruled out with sonography.**
- A** All are correct.
 - B** Only A-D are correct.
 - C** Only A, D, and E are correct.
 - D** Only B, C, and E are correct.
 - E** Only A, C, and D are correct.

9 Which statement is false?

- A** Dermatopathic lymph nodes resemble inflammatory reactive lymph nodes on sonography.
- B** Lymph node metastases of squamous cell carcinoma are often centrally necrotic.
- C** The change of the size of a finding (short-axis diameter) is the most important criterion during sonographic follow-up of lymphadenopathy.
- D** Sarcoidosis exclusively affects the supraclavicular region, the infraclavicular region, or the axilla.
- E** Tuberculous lymph nodes tend toward necrosis, liquid areas, extracapsular extension, and fistula formation.

10 Which statement is correct?

- A) Necrotic zones in lymph nodes are always anechoic.**
 - B) Highly malignant lymphomas tend toward extracapsular extension and extensive hypoechoic infiltrates.**
 - C) Only one lymph node is affected in localized Castleman disease.**
 - D) Fine-needle aspiration cytology is sufficient for diagnosing and subtyping malignant lymphomas.**
 - E) Affected lymph nodes in malignant lymphoma often appear very hypoechoic.**
- A** Only B, C, and E are correct.
 - B** Only B-E are correct.
 - C** Only C-E are correct.
 - D** Only C and E are correct.
 - E** Only A, C, and D are correct.

CME-Fragen **Sonografie der peripheren Lymphknoten Teil 2: Doppler-Kriterien und typische Befunde bestimmter Entitäten**

1 Welche Aussage ist richtig?

- A) Karzinommetastasen verändern die sonografische Lymphknotenarchitektur oft stark.
 B) Bei hyperplastischen und entzündlich-reaktiven Lymphknoten ist die sonografische Lymphknotenarchitektur oft nicht erhalten.
 C) Das Plattenepithelkarzinom neigt besonders zu Nekrosen und zystischen Anteilen unterschiedlicher Echogenität.
 D) Entzündlich reaktive periphere Lymphknoten finden sich häufig im Lymphabflussgebiet der Erregereintrittspforte.
 E) Bei vergrößerten Lymphknoten im mittleren und unteren Halsbereich ist meist von entzündlich-reaktiven oder hyperplastischen Lymphknoten auszugehen.

- A Nur B–E sind richtig.
 B Nur A–D sind richtig.
 C Nur B–D sind richtig.
 D Nur A, C und D sind richtig.
 E Nur B und D sind richtig.

2 Welche Aussage zur Dopplersonografie peripherer Lymphknoten ist falsch?

- A Um farb/powerdopplersonografisch möglichst viele Blutgefäße zu detektieren wird die Pulsreplikationsfrequenz (PRF) und der Wandfilter (WF) niedrig gewählt.
 B Normale Lymphknoten zeigen vor allem zentrale Vaskularisation über die Hilusgefäße.
 C Vor allem solide Tumoren führen zu einer deutlichen Veränderung des Gefäßbaums.
 D Tiefliegende Lymphknoten sind oft farb/powerdopplersonografisch negativ.
 E Die periphere Betonung der Vaskularisation ist ein typisches Benignitätszeichen.

3 Welche Aussage zur Dopplersonografie peripherer Lymphknoten ist richtig?

- A) Ein erhöhter Widerstandsindex (RI > 0,8) ist typisch für Gefäße maligner Lymphknoten.
 B) Entzündlich reaktive Lymphknoten haben farb/powerdopplersonografisch meist einen betonten zentralen Gefäßbaum.
 C) Um tiefliegende Gefäße zu detektieren muss die Dopplereffizienz erhöht werden.
 D) Normaler Druck mit dem Schallkopf kann abgeleitete Dopplerparameter oberflächlich gelegener Lymphknoten kaum beeinflussen.
 E) Asymmetrien im Gefäßbaum, Aussparungen und die periphere Betonung der Vaskularisation sind typische farb/powerdopplersonografische Benignitätszeichen.

- A Nur A–D sind richtig.
 B Nur A, B und D sind richtig.
 C Nur A, D und E sind richtig.
 D Nur B, C und E sind richtig.
 E Nur A und B sind richtig.

4 Welche Aussage ist falsch?

- A Bei malignen Lymphomen kann die normale sonografische Lymphknotenarchitektur weitgehend erhalten bleiben.
 B Typische B-Bild-Zeichen für maligne Lymphome sind die echoarme homogene Binnenstruktur, die gleichmäßig echoarm-getüpfelte Binnenstruktur und das Bild der kettenartig aneinandergereihten vergrößerten Lymphknoten.
 C Metastasen unter 3 mm Größe können mit keiner bildgebenden Methode nachgewiesen werden.
 D Die Sonografie ermöglicht oft eine Unterscheidung der verschiedenen Lymphomsubtypen.
 E Bei offener Probeexzision eines peripheren Lymphknotens zur histologischen Abklärung dient die Sonografie zur Auswahl des am besten geeigneten Lymphknotens.

5 Welche Aussage ist richtig?

- A) Die sonografisch gezielte Stanzbiopsie ist eine sinnvolle Ergänzung der Sonografie zur weiteren Abklärung einer Lymphadenopathie.
 B) Bei der chronischen lymphatischen Leukämie (CLL) ist die sonografische Lymphknotenarchitektur oft erhalten.
 C) Bei der Tuberkulose bleibt die sonografische Lymphknotenarchitektur meist erhalten.
 D) Der tuberkulös befallene Lymphknoten weist oft Verkalkungen auf.
 E) Bei Verdacht auf entzündlich reaktive Lymphknoten erfolgt meist eine Lymphknotenbiopsie zur Diagnosesicherung.

- A Nur A, B und D sind richtig.
 B Nur A–D sind richtig.
 C Nur A, D und E sind richtig.
 D Nur B, C und E sind richtig.
 E Nur A–C sind richtig.

6 Welche Aussage ist richtig?

- A) Der Lymphknotenbefall der Sarkoidose ähnelt oft malignen Lymphomen und entzündlich-reaktiven Lymphknoten.
 B) Der Befall des Virchow-Lymphknotens am Hals ist nur beim Magen- und Pankreaskarzinom möglich.
 C) Befallene Lymphknoten bei malignem Lymphom sind sehr selten verkalkt.
 D) Die Sonografie ermöglicht den Ausschluss einer Lymphknotenmetastase im Lymphabflussgebiet.
 E) Befallene Lymphknoten bei malignem Lymphom haben selten zystische Anteile.

- A Alle sind richtig.
 B Nur A–D sind richtig.
 C Nur A, D und E sind richtig.
 D Nur B, C und E sind richtig.
 E Nur A, C und E sind richtig.

7 Welche Aussage ist falsch?

- A** Der Lymphknotenbefall durch solide Tumoren verursacht häufig eine inhomogene Binnenstruktur.
- B** Die Farb-/Powerdopplersonografie braucht zur Gefäßdetektion eine Blutflussmindestgeschwindigkeit, eine Gefäßmindestgröße und einen günstigen Gefäßverlauf.
- C** Zur histologischen Abklärung einer Lymphadenopathie reichen üblicherweise Biopsien einer 18 G Stanzbiopsienadel, bei Verdacht auf ein malignes Lymphom sollte allerdings ein gesamter Lymphknoten entnommen werden oder mit einer dickeren 16 G Nadel biopsiert werden.
- D** Farb-/Powerdopplersonografisch negative Areale in Lymphknoten entsprechen Nekrosezonen.
- E** Ein hoher Widerstandsindex (RI) in einem Lymphknotengefäß und verschiedene Widerstandsindices (RI) in ein und demselben Lymphknoten gelten als Malignitätskriterien.

8 Welche Aussage ist richtig?

- A) In den aktuellen EFSUMB Guidelines werden die Kontrastmittelsonografie und die Elastografie für den Einsatz an den peripheren Lymphknoten nicht empfohlen.**
 - B) Die Dopplerspektralanalyse ermöglicht eine relativ verlässliche Unterscheidung zwischen entzündlichen Lymphknoten und malignen Lymphomen.**
 - C) Eine gleichmäßige Verbreiterung des echoarmen Lymphknotenkorax ist typisch für entzündliche Lymphknoten und kann auch bei malignen Lymphomen anzutreffen sein.**
 - D) Bei ultraschallgezielter Stanzbiopsie sollten mehrere Stanzzyylinder entnommen werden, um eine verlässliche histologische Diagnose zu gewährleisten.**
 - E) Mit der Sonografie kann ein tumoröser Befall eines Lymphknotens ausgeschlossen werden.**
- A** Alle sind richtig.
 - B** Nur A–D sind richtig.
 - C** Nur A, D und E sind richtig.
 - D** Nur B, C und E sind richtig.
 - E** Nur A, C und D sind richtig.

9 Welche Aussage ist falsch?

- A** Dermopathische Lymphknoten ähneln sonografisch entzündlich-reaktiven Lymphknoten.
- B** Lymphknotenmetastasen des Plattenepithelkarzinoms sind zentral oft nekrotisch.
- C** Bei einer sonografischen Verlaufskontrolle einer Lymphadenopathie ist die Änderung der Größe eines Befundes (Kurzachsendurchmesser) das wichtigste sonografische Kriterium.
- D** Die Sarkoidose befallt ausschließlich die Supraklavikularregion, die Infraklavikularregion oder die Axilla.
- E** Tuberkulös befallene Lymphknoten neigen zu Nekrosen, liquiden Anteilen, Kapselüberschreitung und Fistelbildung.

10 Welche Aussage ist richtig?

- A) Nekrosezonen in Lymphknoten sind immer echofrei.**
 - B) Hochmaligne Lymphome neigen zu Kapselüberschreitung und ausgedehnten echoarmen Infiltraten.**
 - C) Bei der lokalisierten Form des Morbus Castleman ist nur ein Lymphknoten befallen.**
 - D) Für die Diagnostik und Subtypisierung von malignen Lymphomen reicht die Feinnadelaspirationszytologie aus.**
 - E) Befallene Lymphknoten bei malignem Lymphom erscheinen oft sehr echoarm.**
- A** Nur B, C und E sind richtig.
 - B** Nur B–E sind richtig.
 - C** Nur C–E sind richtig.
 - D** Nur C und E sind richtig.
 - E** Nur A, C und D sind richtig.

Continuing Medical Education (CME) – important note for readers outside Austria, Germany and Switzerland

At present, certification of the Continuing Medical Education features in Ultraschall in der Medizin/ European Journal of Ultrasound (UJM/EJU) is officially recognised by the German and Austrian medical associations and by the Swiss Ultrasound Society. Participants residing in other countries may please address their national medical association or their national specialist society for recognition of their CME scores.

Participation is possible via internet under <http://cme.thieme.com>. For one Continuing Medical Education unit you will be credited with 3 score points. To be awarded this score, 70% of the questions must have been answered correctly. The CME unit in the present issue is available online for 12 months for CME participation.

CME participation for this article can be done online under <http://cme.thieme.com>.

CME-Fortbildung mit Ultraschall in der Medizin

Für Teilnehmer in Deutschland

Die Fortbildung in Ultraschall in der Medizin wurde von der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung für das Fortbildungszertifikat anerkannt, das heißt, die Vergabe der Punkte kann direkt durch die Thieme Verlagsgruppe erfolgen. Die Fortbildung in Ultraschall in der Medizin gehört zur Kategorie „strukturierte interaktive Fortbildung“. Entsprechend einer Absprache der Ärztekammern werden die von der Nordrheinischen Akademie für Ärztliche Fort- und Weiterbildung anerkannten Fortbildungsveranstaltungen auch von den anderen zertifizierenden Ärztekammern anerkannt.

Für Teilnehmer in Österreich

Die Fortbildungspunkte der Ultraschall in der Medizin werden gemäß der Novellierung der DFP-Richtlinien vom 23.6.2005 (§26 Abs.3) auch von den österreichischen Ärztekammern anerkannt.

Für Teilnehmer in der Schweiz

Die Fortbildungspunkte der Ultraschall in der Medizin werden gemäß der Richtlinien der SGUM/SSUM anerkannt. Die Kontrolle der Fortbildung durch die SGUM/SSUM erfolgt im Auftrag der FMH (Foederation Medicorum Helveticorum) im Rahmen der Fortbildungsordnung.

Datenschutz

Ihre Daten werden ausschließlich für die Bearbeitung dieser Fortbildungseinheit verwendet. Es erfolgt keine Speicherung der Ergebnisse über die für die Bearbeitung der Fortbildungseinheit notwendige Zeit hinaus. Die Daten werden nach Versand der Testate anonymisiert. Namens- und Adressangaben dienen nur dem Versand der Testate. Die Angaben zur Person dienen nur statistischen Zwecken und werden von den Adressangaben getrennt and anonymisiert verarbeitet.

Teilnahme

Jede Ärztin und jeder Arzt soll das Fortbildungszertifikat erlangen können. Deshalb ist die Teilnahme am CME-Programm von Ultraschall in der Medizin nicht an ein Abonnement geknüpft! Die Teilnahme ist im Internet unter <http://cme.thieme.de> möglich. Im Internet muss man sich registrieren, wobei die Teilnahme an Fortbildungen abonniertes Zeitschriften ohne Zusatzkosten möglich ist. Die Fortbildungseinheit in diesem Heft ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.

Teilnahmebedingungen

Für eine Fortbildungseinheit erhalten Sie 3 Fortbildungspunkte im Rahmen des Fortbildungszertifikats. Hierfür müssen 70% der Fragen richtig beantwortet sein.

CME-Fortbildung für Nicht-Abonnenten

Teilnehmer, die nicht Abonnenten von Ultraschall in der Medizin sind, können für die Internet-Teilnahme dort direkt ein Guthaben einrichten, von dem pro Teilnahme ein Unkostenbeitrag abgebucht wird.

Die CME-Teilnahme für diesen Beitrag ist online möglich unter <http://cme.thieme.de>.

CME.thieme.de

CME-Teilnahme

- ▶ Viel Erfolg bei Ihrer CME-Teilnahme unter <http://cme.thieme.de>
- ▶ Diese Fortbildungseinheit ist 12 Monate online für eine CME-Teilnahme verfügbar.
- ▶ Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, unter <http://cme.thieme.de/hilfe> finden Sie eine ausführliche Anleitung.



13 Bildgebende Verfahren in der Dermatologie

13.1 Sonographie der Haut und Subkutis

Stephan El Gammal, Claudia El Gammal und Christiane Szliska

13.1.1 Zusammenfassung

Die hochfrequente Sonographie (> 20 MHz) wird zur Bestimmung der räumlichen lateralen Ausdehnung und Tiefenausdehnung von Hautveränderungen verwendet. Echoreflexe entstehen im Wesentlichen an Gewebsgrenzen unterschiedlicher Impedanz und durch Gewebsinhomogenitäten. Aufgrund der Schallkopfgeometrie und der Physik entstehen verschiedene Bildartefakte, die bei Unkenntnis zu Fehlinterpretationen führen können. Ziel muss es deshalb sein, diese Artefakte als solche zu erkennen.

Im Allgemeinen stellen sich entzündliche Dermatosen und Hauttumoren als echoarme Region im echoreichen Korium dar. Wenn diese Prozesse die Korium-Subkutis Grenze überschreiten, kann eine Abgrenzung zur Tiefe schwierig werden.

Mit der 50–100 MHz Sonographie lassen sich an der Leistenhaut und teilweise auch an der Felderhaut Stratum corneum und lebende Epidermis differenzieren. Analog zur 20 MHz Sonographie gelingt auch bei höherer Frequenz keine Gewebsdifferenzierung.

13.1.2 Einleitung

Der optische Sinn spielt für die dermatologische Diagnosefindung eine entscheidende Rolle. Größe, Form, Farbe, Oberflächenbeschaffenheit und Verteilung der Hauteffloreszenzen liefern neben der Anamnese und dem Palpationsbefund wesentliche Elemente. Es gab deshalb seit jeher das Bestreben der Dermatologen, den klinischen Befund bei Tageslicht, ggf. unter Hinzunahme einer Lupe, zu erheben und exakt und nachvollziehbar zu dokumentieren. Bei der Beurteilung tumoröser oder entzündlicher Prozesse kommt als weiterer wichtiger Parameter die Untersuchung der Tiefenausdehnung hinzu. Hier bietet sich die Sonographie an, die sich als nicht-invasives Verfahren auch in anderen Bereichen der Medizin durchgesetzt hat.

Ultraschallgeräte, wie sie für die Untersuchung innerer Organe verwendet werden, sind aufgrund ihrer geringen Auflösung für die Beurteilung von Hautstrukturen ungeeignet. Bis 1975 waren nur Geräte erhältlich, die mit einer Frequenz bis maximal 10 MHz arbeiteten. In der Dermatologie fanden solche Geräte bei der Evaluation der Lymphknotenstationen im Rahmen der Tumornachsorge

(Beyer et al., 1982; Brockmann et al., 1985) und zur Untersuchung der Testes (Leopold et al., 1979; Haller et al., 1987; Schwerk und Schwerk, 1989) Anwendung. Der Versuch, entzündliche und tumoröse Prozesse in der Haut mit einem 1,5 bis 5 MHz Transducer zu untersuchen, zeigte unbefriedigende Ergebnisse (Rukinava und Mohar, 1979).

Erst mit der Entwicklung von hochfrequenten Sonographiegeräten (> 20 MHz), gelang schließlich der Durchbruch der **Hautsonographie**. Aufgrund zahlreicher Forschungsarbeiten und dem zunehmenden Einsatz kommerziell erhältlicher 20 MHz Ultraschallgeräte verfügen wir inzwischen über umfangreiche Kenntnisse über die sonographische Darstellung der gesunden Haut sowie über verschiedene pathologische Prozesse (Altmeyer et al., 1990, 1992; Seidenari, 1995; Serup et al., 1995). 1995 wurde die 20 MHz Sonographie in die Weiterbildungsordnung für das Fach Haut- und Geschlechtskrankheiten aufgenommen, was die Anerkennung dieser Methode als dermatologisches diagnostisches Routineverfahren belegt. Laut Ultraschallvereinbarung in der Fassung vom 10.6.1996 schließt die Sonographie der Haut und Subkutis auch die Sonographie der subkutanen Lymphknoten ein.

13.1.2.1 Primäre Ultraschallphänomene

Schallwellen werden nach der Wahrnehmungsgrenze des menschlichen Hörvermögens in Infraschall (< 16 Hz), Hörschall (16 Hz–20.000 Hz) und Ultraschall (> 20 kHz) eingeteilt. Unabhängig von der Frequenz zeigen Schallwellen charakteristische akustische Eigenschaften.

Aus akustischer Sicht ist biologisches Gewebe mit einer Vielzahl räumlich verknüpfter Feder-Masse-Systeme vergleichbar. Wird in einem solchen Modell punktförmig mechanische Energie zugeführt, so bildet sich eine Schwingung, die sich als Erregung durch die elastische Kopplung im Medium fortpflanzt. Es entsteht eine Welle. Bei dieser Welle wird die Schwingungsenergie auf die Umgebung übertragen, während die Einzelsysteme an ihrem Ort bleiben und lediglich um ihre Ruhelage schwingen. Man unterscheidet Longitudinalwellen, Transversalwellen und Oberflächenwellen. In der sonographischen Diagnostik ist ausschließlich die Longitudinalwelle – die Längswelle – von Bedeutung, bei der Schwingungsrichtung und Ausbreitungsrichtung zusammenfallen. Dieser Wellentyp tritt in Flüssigkeiten, Gasen und Körpergeweben auf. Die **Ausbreitungsgeschwindigkeit** c der Longitudinalwelle berechnet sich aus der **Dichte** und der **Kompressibilität** des Mediums und ist eine charakteristische stoffspezifische Größe. Eine weitere stoffspezifische Größe ist die sog. **akustische Impedanz** Z , d. h. der Widerstand, den die träge Masse jeglicher Zustandsänderung aus der Ruhelage entgegensetzt. Die Entfernung zweier aufeinanderfolgender Orte gleichen Schalldrucks wird durch die **Wellenlänge** λ angegeben, die sich aus der Schallgeschwindigkeit berechnen lässt.

Reflexion und Transmission: Der Reflexion kommt bei der klinischen Sonographie die größte Bedeutung zu. Solange sich eine Longitudinalwelle in einem homogenen Medium, wie zum Beispiel Wasser, ausbreitet, unterliegt sie lediglich den stoffspezifischen Absorptionseigenschaften („innere Reibung“). Trifft sie jedoch auf ein anderes homogenes Medium, wird an der Grenzfläche zwischen beiden ein Teil der Energie reflektiert, während der Rest durch die Grenzfläche ins andere Medium transmittiert wird und sich dort bis zur nächsten Grenzfläche ausbreitet. Die Hauptausbreitungsrichtung der Schallwelle hängt vom Auftreffwinkel auf die Grenzfläche ab (Reflexionswinkel); der Transmissionswinkel (Brechungswinkel) wird vom Verhältnis der Gewebeschallgeschwindigkeiten zueinander beeinflusst (El Gammal et al., 1993).

- Für Weichteilgewebe wie Haut und Subkutis ist die Reflexion sehr klein und liegt im Promillebereich. Der Transmissionsfaktor ist hingegen groß. Das bedeutet, dass sich der überwiegende Teil der Energie im Gewebe ausbreitet und nur ein sehr geringer Teil an bestimmten Grenzflächen reflektiert wird. Deshalb können auch Signale aus tiefen Gewebsschichten empfangen werden.
- Grenzflächen zwischen Weichteilgewebe und Knochen reflektieren mehr als 50% der einfallenden Energie, d.h. Strukturen jenseits von Knochen und Kalzifikationen sind in der Regel nicht darstellbar.
- Die Grenzfläche zwischen Luft und Gewebe führt zu einer Reflexion von ca. 99%. Luft- und gasgefüllte Organe sind aus diesem Grunde sonographischen Untersuchungen nicht zugänglich. Um diese Quasi-Totalreflexion der Schallwelle beim Aufbringen des Schallkopfes auf die Haut zu vermeiden, muss ein Kopplungsmedium (z.B. Kontaktgel, Gelkissen oder Wasser) verwendet werden.

Streuung: Biologisches Gewebe besitzt zahlreiche Grenzflächen, im Gegensatz zu homogenen Medien wie beispielsweise Wasser. Sind diese Grenzflächen wesentlich kleiner als die Schallwellenlänge, breitet sich die Schallwelle unbehindert im Gewebe aus. Dies ist z.B. der Grund dafür, dass bei niedrigen Frequenzen (< 20 MHz) die Ultraschallwelle nicht an einzelnen Zellen reflektiert wird. An Zellansammlungen, deren Größe im Bereich der Wellenlänge liegt und die gegenüber der Umgebung eine andere Impedanz besitzen, tritt eine sogenannte „ungerichtete“ Reflexion auf. Diese nennt man Streuung. Modellhaft ist das Gewebe mit einer Vielzahl kleiner Kugeln vergleichbar, welche jede für sich eine ungerichtete Reflexion verursachen.

Streuung bewirkt, dass makroskopisch homogene Bezirke im Ultraschallbild eine granuläre Textur zeigen. In der Medizin wird hierfür der Begriff „Speckle“-Muster verwendet.

Absorption: Die Moleküle des Gewebes führen unter Einwirkung der Ultraschall-Longitudinalwelle periodische Schwingungen durch. Dadurch kommt es zur Reibung benachbarter Masseteilchen. Diese innere Reibung im Gewebe führt zu einer Umwandlung von Bewegungsenergie in Wärme, ein Prozess, der als Absorption bezeichnet wird. Durch Absorption entstehen erheblich größere Energieverluste bei der Ausbreitung der Ultraschallwelle im Gewebe als durch Reflexion und Streuung. Verschiedene Gewebe haben unterschiedliche Absorptionseigenschaften.

Die Absorption wirkt sich auf das sonographische Bild in mehrerer Hinsicht aus: Je höher die Frequenz, desto geringer ist die Eindringtiefe des Ultraschalls im biologischen Gewebe. Bei 3,5 MHz beträgt die Eindringtiefe z.B. ca. 20 cm (geeignet für die Untersuchung innerer Organe), bei 7,5 MHz ca. 3 cm (Untersuchung von Lymphknoten im subkutanen Fettgewebe möglich), bei 20 MHz ca. 1 cm (Hautuntersuchung), bei 100 MHz nur noch 2 mm (Untersuchung der Epidermis und oberes Korium).

Die Absorption der Ultraschallenergie in höheren Gewebeschichten führt dazu, dass aus tiefen Schichten vergleichsweise wenig Energie reflektiert werden kann. Tiefere Grenzflächen werden daher im Ultraschallbild im Vergleich zu höheren Grenzflächen echoärmer dargestellt. Dies kann teilweise kompensiert werden durch eine tiefenabhängige elektronische Nachverstärkung des Echosignals.

Bei der Sonographie wird eine Schallwelle ausgesendet und die zeitliche Verzögerung des empfangenen Echos verwendet (Impuls-Echo-Verfahren), um die Entfernung zu den reflektierenden Strukturen zu messen. Auch die Fledermäuse benutzen dieses Echolot-Verfahren, um die Entfernung ihrer Beute in der Luft abzuschätzen. Für die Umrechnung der zeitlichen Verzögerung des empfangenen Echosignals in eine Entfernung muss die Schallgeschwindigkeit im durchschallten Medium bekannt sein. In homogenen Medien mit konstanter Schallgeschwindigkeit erhält man exakte Werte für die Entfernung. Bei der klinischen Ultraschalldiagnostik hat man es jedoch mit einer Kombination verschiedener Gewebe mit unterschiedlichen Schallgeschwindigkeiten zu tun. Hier wird deshalb bei den Entfernungsberechnungen von einer mittleren Schallgeschwindigkeit ausgegangen. Strukturen, deren Schallgeschwindigkeit davon stark abweicht, werden in den Ultraschallbildern verzerrt abgebildet (beispielsweise Finger- und Zehennagel).

13.1.2.2 Beurteilung sonographischer Bilder

Die primären Ultraschallphänomene (Reflexion, Transmission, Streuung, Absorption) überlagern sich beim Aufbau sonographischer Bilder von Körpergeweben in sehr komplexer Weise. Eine exakte Zuordnung der Echoanteile in den Ultraschallbildern zu den verschiedenen primären Ultraschallphänomenen ist nicht möglich. Diese sind daher zur Bildbeschreibung in der klinischen Ultraschalldiagnostik nicht geeignet. In den Sonogram-

men finden sich jedoch charakteristische Merkmale wie Echotextur und Signalintensität von Strukturen, die dem erfahrenen Kliniker Informationen über normales und pathologisch verändertes Gewebe geben. Sie sind für die Bild-Interpretation von ausschlaggebender Bedeutung und werden bei der klinischen Dokumentation stets berücksichtigt (Leopold et al., 1979; Cole et al., 1981; Brockman et al., 1985).

Die wichtigsten Bildelemente, die in der klinischen Sonographie eine Rolle spielen, sind:

- **Echoreichtum/Echoarmut:** Gewebe oder Grenzflächen, die im Ultraschallbild durch zahlreiche Reflexe imponieren, sind echoreich. Zeigen sie weniger Echoreflexe als ihre Umgebung, werden sie als echoarm bezeichnet.
- **Echolosigkeit:** Strukturen, die im Ultraschallbild keine Reflexe liefern (schwarz erscheinen), sind echolos.
- **Scharfe/unscharfe Begrenzung:** Strukturen unterschiedlicher Echogenität können scharf voneinander abgesetzt sein oder unscharf ineinander übergehen.
- **Echotextur:** Die Größe, Dichte, Verteilung (homogen oder inhomogen, entlang eines Gradienten) und Intensität der Echoreflexe werden beurteilt.
- **Dorsale Schallabschwächung / dorsaler Schallschatten:** Reflektieren oder absorbieren Strukturen das Ultraschallsignal sehr stark, können aus dahinter liegenden Bereichen entsprechend weniger Signale empfangen werden. Dorsale Schallschatten, d. h. echoarme Zonen, entstehen z.B. unter Hyperkeratosen oder Kalzifikationen.
- **Dorsale Schallverstärkung:** Diese ist die Umkehrung der Schallabschwächung. In homogenen Geweben kommt es zu einer verminderten Absorption, wodurch es zu einer Signalverstärkung relativ zur Umgebung kommt. Dies ist zum Beispiel unterhalb von Zysten der Fall.

Bei deskriptiven Begriffen wie „echoarme/echoreiche Region“, „scharfe/unscharfe Begrenzung“, „gleichmäßige/ungleichmäßige Textur“ handelt es sich stets um relative Größen, d.h. eine Struktur kann beispielsweise nicht absolut echoreich sein, sondern ist es immer nur in Relation zu ihrer Umgebung.

13.1.3 Fallstrick: Sonographische Artefakte

Im Ultraschallbild können verschiedene Artefakte auftreten, denen keine anatomische Struktur zugrunde liegt. Die wichtigsten Artefakte in der Sonographie sind:

- Wiederholungsechos (Revertebrationen), die durch wiederholtes Hin- und Herlaufen der Schallwelle (wechselseitige Mehrfachreflexionen) zwischen stark reflektierenden Grenzflächen entstehen.
- Laufzeitartefakte, die bei Geweben mit stark unterschiedlicher Schallausbreitungsgeschwindigkeit zu einer dorsalen geometrischen Verzerrung führen (z.B. Vorbuckelung der Leber hinter den Rippenknorpeln).
- Schallschattenartefakte und dorsale Schallverstärkung
- Abtropfphänomene (Zystenrandschatten): sie entstehen beim schrägen Einfall der Ultraschallwelle auf einer Grenzfläche zwischen echoreichen und echoarmen Strukturen und lassen die Wände in flüssigkeitsgefüllten Räumen dicker und unschärfer erscheinen als der Realität entspricht.
- Bogenartefakte, die durch starke Ablenkung des Schallstrahles (z.B. Luft im Darm) Strukturen im sonographischen Bild an eine andere Stelle projizieren (z.B. in die Gallenblase).
- Spiegelartefakte, die eine Kombination aus Bogenartefakten und Wiederholungsechos sind.

Charakteristisch für viele dieser Artefakte ist, dass durch Änderung des Schallwinkels der jeweilige Artefakt sich anders darstellt.

13.1.4 Sonographie der normalen und pathologisch veränderten Haut

13.1.4.1 Sonographie der Subkutis (5–15MHz)

Für die Untersuchung der Subkutis eignen sich besonders solche Sonographiergeräte, die mit 5 bis 15MHz Schallköpfen ausgerüstet sind (Tabelle 1). Ultraschallgel dient als Kopplungsmedium. Ist die Kopplung oder der Kontakt zwischen Ultraschallkopf und Haut unzureichend, treten Wiederholungsechos auf.

Je heller sich eine Struktur darstellt, desto echoreicher ist sie. Das Korium stellt sich hellgrau und das subkutane Fettgewebe bei niedrigen Frequenzen dunkelgrau dar (Abb. 1). Größere Bindegewebszüge, die das subkutane Fettgewebe durchziehen, stellen sich echoreicher dar. Blutgefäße imponieren als echoarme rundliche oder längliche Strukturen. Sind die Gefäße größer, ist ein Zystenrandschatten und eine dorsale Schallverstärkung erkennbar. Ist das Gefäß gut komprimierbar, ist es wahrscheinlich eine Vene. Arterien sind schwerer komprimierbar und können eine pulssynchrone Schwankung des Gefäßlumens aufweisen.

Tabelle 1. Frequenzspektrum und Anwendungsbereiche der Sonographie in der Dermatologie

Frequenz	Untersuchte Struktur
5–15 MHz	Subkutane Lymphknoten Größere Arterien und Venen Subkutis und Depotfett Muskulatur
15–25 MHz	Korium (Grobstruktur und Dickenmessung) Subkutis (Feinarchitektur) Arteriolen und Venolen
25–50 MHz	Epidermis (Leistenhaut) Hautanhangsgebilde Korium (Feinarchitektur)
50–150 MHz	Epidermis (Feinarchitektur; Felderhaut) Mukosa Oberes Korium

Die darunter liegende Muskulatur zeigt einen gefiederten Aspekt und ist häufig durch eine echoreiche Faszie vom Fettgewebe abgegrenzt (Abb. 1). Liegt eine Entzündung im subkutanen Gewebe vor (z.B. Erysipel), stellen sich im Fettgewebe schlitzförmige und bizarr geformte echoarme Spalten dar. Bei leichter Kompression der Haut mit dem Schallkopf verschwinden diese Spalten, sodass es sich hier um ödematöse Gewebsflüssigkeitsansammlungen im Rahmen der Entzündung handeln muss.

Lymphknoten sind meist bohnenförmige Strukturen, die sich aus einer echoarmen halbmondförmigen Rinde

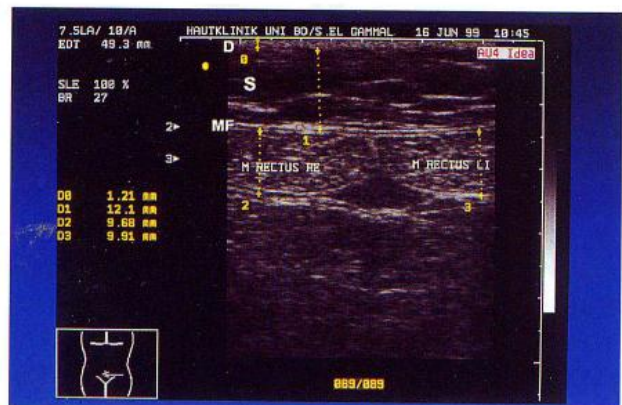


Abb. 1. Bauch, Mann, 10MHz. Größere Bindegewebszüge sind als echoreiche Strukturen im subkutanen Bindegewebe erkennbar. Die Muskelfaszie stellt sich als doppelkonturierte Linie dar. D. Dermis, S Subkutis, MF Muskelfaszie. Abstand zwischen 2 Teilstrichen am Rand: 5mm

(Kortex) und zenralem ekzentrischen, echoarmen Zentrum (Mark/Medulla/Hilusregion) zusammensetzen. Bei verschiedenen entzündlichen Stimuli, bei der Phagozytose von Zellfragmenten, Lipiden, Kontrastmitteln, beim intranodalen Wachstum von Tumorzellen oder bei einer Hyperplasie von Lymphfollikeln treten morphologische Veränderungen des Lymphknotens auf, die sonographisch beurteilt werden können (Beyer et al., 1982; Brockmann et al., 1985; Riedl et al., 1992; Blum und Dill-Müller, 1998, 1999). Zwar gibt es keine malignitätsspezifischen Einzelmerkmale; die Kombination mehrerer Merkmale erlaubt jedoch eine Differenzierung von benignen gegenüber malignen Lymphknotenveränderungen. Um Lymphknoten nicht mit Zysten oder Gefäßanschnitten zu verwechseln, ist es sinnvoll, alle pathologischen Lymphknoten in 2 Achsen zu dokumentieren. Die sonographischen Bilder von Lymphknoten bei entzündlicher Lymphknotenvergrößerung und bei malignen Lymphomen können sehr ähnlich sein, sodass bei Lymphknotenschwellungen, die länger als 6–8 Wochen persistieren, eine histologische Abklärung angestrebt werden sollte (Riedl et al., 1992; Blum und Dill-Müller, 1998, 1999).

13.1.4.2 Sonographie der Dermis und Epidermis (≤ 20 MHz)

Die 20MHz Sonographie liefert Informationen über die räumliche (axiale und laterale) Ausdehnung tumoröser und entzündlicher Prozesse im Korium (Tabelle 1). Tumoren stellen sich als echoarme Strukturen im reflexreichen Korium dar. Dies gilt prinzipiell auch für entzündliche oder degenerative Prozesse (z.B. aktinische Elastose). Allerdings ermöglichen vergleichende topographische Untersuchungen, wegweisende Charakteristika herauszustellen. Beim malignen Melanom liefert die Sonographie wichtige präoperative Information für die Bestimmung des Exzisions- und Sicherheitsabstandes (Breitbart und Rehpennig, 1983; Hoffmann et al., 1999). Bei Überschreiten der Korium-Subkutis-Grenze kann die Abgrenzung schwierig werden, weil das Fettgewebe nur wenige echogebende Strukturen besitzt. Wesentliche Nachteile der 20MHz Sonographie sind die fehlende Darstellung epidermaler Strukturen, die ungelösten Probleme der Gewebsdifferenzierung und die fehlende Abgrenzbarkeit von Tumor und Infiltrat (El Gammal et al., 1995).

Durch Erhöhung der Frequenz des Ultraschallkopfes (Transducers) können Epidermis und Korium mit angemessener Auflösung dargestellt werden. Vergleichende

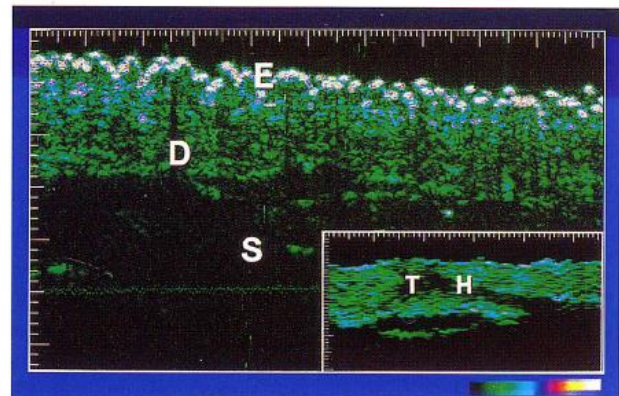


Abb. 2. Ventraler Unterarm, 1 cm distal der Ellenbeuge; 38-jähriger Mann; 50 MHz. Unterarmflexion 45 Grad. E Eintrittsecho, D Dermis, S Subkutis. Ausschnitt: Wade einer 18-jährigen Frau, 50 MHz. H Haarwurzelkanal eines anagenen Haares, T Talgdrüsenläppchen. Abstand zwischen 2 Teilstrichen: 100 μ m

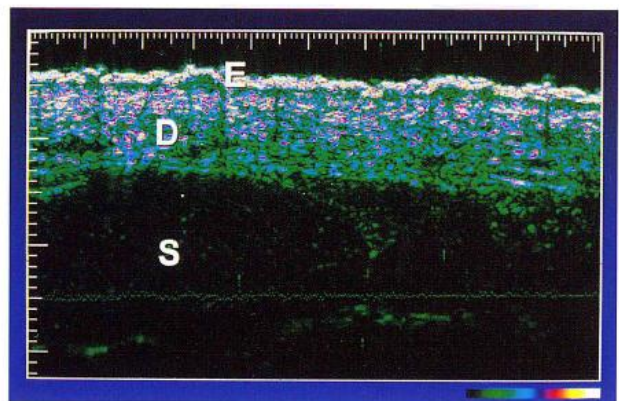


Abb. 3. Ventraler Unterarm, 1 cm distal der Ellenbeuge, gleiche Stelle wie Abbildung 1 unter maximaler Dorsalextension des Unterarms. Abstand zwischen 2 Teilstrichen: 100 μ m

Untersuchungen der gesunden Haut mittels 50 MHz Sonographie und Histologie zeigten, dass Strukturen entsprechend ihrer realen Größe im sonographischen Bild dargestellt werden, wenn sie mindestens doppelt so groß wie die Auflösung sind (El Gammal et al., 1995).

Als oberste Struktur im Sonogramm der Haut zeigt sich das sog. Hauteintrittsecho als eine helle, sehr echoreiche Linie (Abb. 2, Abb. 3). Das Eintrittsecho entsteht durch Reflexion des Ultraschalls an der Grenzfläche zwischen der Wasservorlaufstrecke und der Hornschicht. Darunter sieht man eine zur Tiefe gut abgrenzbare Zone mit zahlreichen, unregelmäßig verteilten Echoreflexen, die histologisch dem Korium entspricht. Haarfollikel und Talgdrüsen stellen sich darin als scharf begrenzte echoarme Strukturen dar, die das Korium schräg durchziehen.

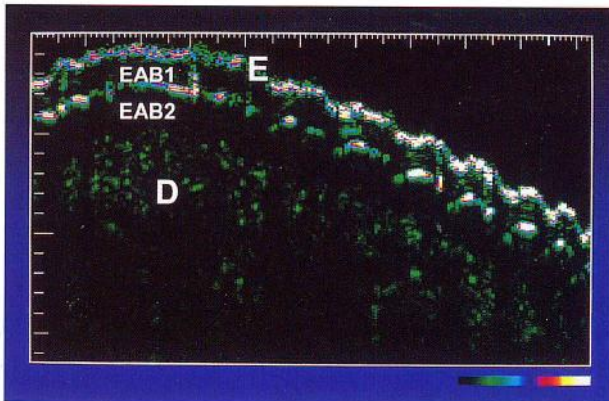


Abb. 4. Zeigefingerkuppe, 38-jähriger Mann, 100 MHz. E Eintrittsecho, EAB1 echoarmes Band 1, EAB2 echoarmes Band 2 (Stratum Malpighii und Str. papillare), D Dermis. Abstand zwischen 2 Teilstrichen 100 µm

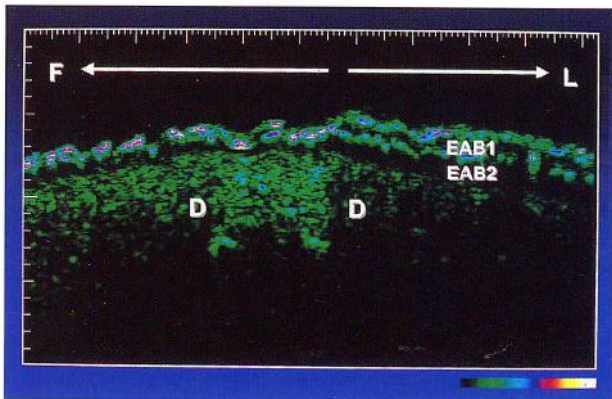


Abb. 5. Übergangsregion von der Leistenhaut (L) auf die Felderhaut (F) im Bereich des Handgelenkes. 39-jähriger Mann, 100 MHz. Im Bereich der Felderhaut ist das Stratum corneum (EAB1) so dünn, dass das Eintrittsecho und die echoreiche Linie, die an der Grenze zwischen Str. corneum und Str. Malpighii entsteht, verschmilzt. Im Bereich der Leistenhaut ist die Echogenität des Koriums im Vergleich zur Felderhaut herabgesetzt. Diese Schallabschwächung ist durch eine erhöhte Streuung im dickeren Stratum corneum bedingt. Abstand zwischen 2 Teilstrichen: 100 µm

Mit Hilfe der 20 MHz Sonographie lässt sich die Epidermis nicht darstellen. Sie verschwindet sozusagen im Eintrittsecho. Ab einer Frequenz von 50 MHz kann die Epidermis der Leistenhaut vom Korium abgegrenzt werden. Zur Feinauflösung der Epidermis der Felderhaut sind Frequenzen deutlich über 100 MHz erforderlich. Mit 100 MHz Schallköpfen können die Dermatoglyphen aufgelöst werden, sodass das in der 20 MHz homogene Hauteintrittsecho (Querleux et al., 1988; Hoffmann et al., 1995) in eine wellenartige Mehrfachlinie zerfällt (Altmeyer et al., 1992; El Gammal et al., 1993, 1995, 1999).

Darunter findet sich ein echoarmes Band, das dem Stratum corneum entspricht (EAB1, siehe Abb. 4. Abb. 5.). Eine im Vergleich zum Eintrittsecho schwächere echoreiche Linie trennt das Stratum corneum vom wasserreichen, echoarmen Stratum Malpighii (EAB2) (El Gammal et al., 1999). Derzeit ist noch nicht geklärt, ob die obere Begrenzung des echoreichen Koriums die dermoepidermale Junktionszone darstellt oder aber den Übergang vom Stratum papillare zum Stratum reticulare. Im Gegensatz zur Leistenhaut ist das Stratum corneum an der Felderhaut so dünn, dass es weder in 50 noch in 100 MHz Ultraschallbildern vom Eintrittsecho abgegrenzt werden kann.

13.1.4.3 Entzündliche Prozesse

Da die Sonographie nicht-invasiv und vollkommen nebenwirkungsfrei ist, kann sie beliebig oft wiederholt werden. Entzündliche Dermatosen lassen sich damit zeitlich verfolgen und dokumentieren. Somit gewinnt die hochfrequente Sonographie eine besondere Bedeutung bei der exakten Evaluierung therapeutischer Effekte auf eine kutane Entzündungsdynamik (Seidenari, 1995; El Gammal et al., 1999). Entzündliche Dermatosen wie die Psoriasis vulgaris, der Lichen ruber planus und akute und chronische Ekzeme zeigen im 20 MHz Ultraschallbild ein charakteristisches echoarmes Band (engl. echolucent band) unterhalb des Eintrittsechos. Es repräsentiert sowohl die Akanthose der Epidermis als auch das dermale Infiltrat. Mit anderen Worten, die Sonographie diskriminiert nicht zwischen akanthotischem Epithel und subepitheliale entzündlichem Infiltrat.

13.1.4.4 Alterationen des dermalen Bindegewebes

Sowohl eine Fibrosierung des Koriums, z. B. bei Narben oder im Rahmen der Sklerodermie, als auch die Vermehrung von elastotischem Material mit gleichzeitiger Ratifizierung des Kollagens bei der aktinischen Elastose führen sonographisch zu verminderter Echogenität, d. h. das Korium stellt sich echoärmer (dunkler) dar. Da die Eindringtiefe bei 20 MHz bis zu 8 mm beträgt, lassen sich die verdickten Bindegewebszüge im Korium und der Sklerosierungsprozess im Fettgewebe bei der Sklerodermie gut visualisieren (Hoffmann et al., 1992; El Gammal et al., 1993). In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass sich die Progression und Regression von Sklero-

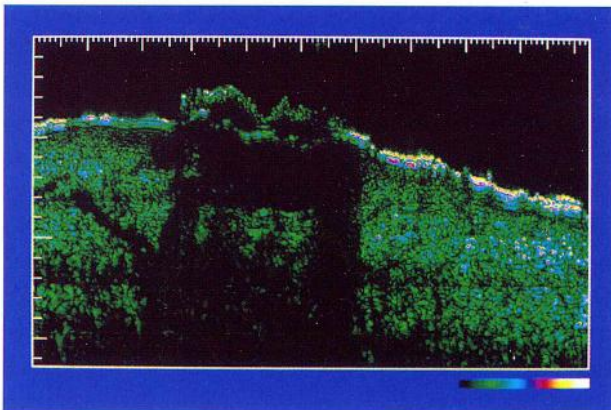


Abb. 6. Brust, 52-jähriger Mann, 100 MHz. Seborrhoische Keratose vom hyperkeratotischen Typ. Im Bereich der Hyperkeratose ist unter dem Eintrittsecho eine echoreiche Linie erkennbar, die an der Grenze zwischen Hyperkeratose und zipfeligter Akanthose entsteht. Am Rand der Keratose ist ein „Zystenrandschatten“ erkennbar. Unterhalb des Tumors besteht eine deutliche Schallabschwächung (im Vergleich zum Korium der benachbarten gesunden Haut). Abstand zwischen 2 Teilstrichen: 100 μm

dermieplaques sonographisch objektivieren lässt (Cole et al., 1981; Akesson et al., 1986; Serup, 1984; Hoffmann et al., 1992).

13.1.4.5 Hauttumoren

Hauttumoren lassen sich in der hochfrequenten Sonographie gut abgrenzen, solange sie auf das Korium begrenzt sind (Altmeyer et al., 1992; El Gammal et al., 1995). Nahezu alle Tumoren (epithelialen, melanozytären, angiomatösen, bindegewebigen Ursprungs) stellen sich echoarm dar (El Gammal et al., 1995; Hoffmann et al., 1999; Serup et al., 1995). Ausnahmen sind stark reflektierende Keratineinschlüsse, z.B. bei seborrhoischen Keratosen und Kalzifikationen. Im Gegensatz zur Abbildung epidermaler Strukturen bietet die 50–100 MHz Sonographie in Bezug auf die Tumorcharakterisierung keine entscheidenden Vorteile gegenüber der 20 MHz Sonographie. Bis heute gelingt es nicht, die sonographische Textur eines Tumors differentialdiagnostisch auszuwerten (El Gammal et al., 1995). Ebenso wenig ist es mit den zur Verfügung stehenden Geräten möglich, entzündliches Infiltrat von Tumorparenchym zu trennen. Diagnostisch hilfreiche Merkmale sind sonographische Artefakte wie eine dorsale Schallverstärkung und -abschwächung oder die Lateralisation (Altmeyer et al., 1992; Abb. 6).

Besteht eine ausgeprägte aktinische Elastose, beispielsweise im Gesicht, kann die Abgrenzung des Hauttumors nach lateral hin schwierig sein, da sich die aktinische Elas-

tose als echoarmes Band im oberen Korium darstellt. Es ist dann hilfreich, die Haut seitlich des Tumors zu spannen, wodurch die Echogenität der aktinisch geschädigten Haut erhöht wird, sodass der echoarme Tumor jetzt nach lateral abgegrenzt werden kann.

Literatur

- Akesson A, Forsberg L, Hederström E, Wollheim E (1986) Ultrasound examination of skin thickness in patients with progressive systemic sclerosis (scleroderma). *Acta Radiol Diagn* 27: 91–94
- Altmeyer P, Hoffmann K, el Gammal S (1990) Allgemeine dermatologische Ultraschallphänomene. *Hautarzt* 41 (Suppl 10): 124–129
- Altmeyer P, Hoffmann K, Stücker M, Goertz S, el Gammal S (1992) General phenomena of ultrasound in dermatology. In: Altmeyer P, El-Gammal S, Hoffmann K (eds) *Ultrasound in Dermatology*. Springer, Heidelberg New York, S 55–79
- Beyer D, Peters PE, Friedmann G (1982) Leistungsbreite der Real-time-Sonographie bei Lymphknotenerkrankungen. *Röntgenpraxis* 35: 393–402
- Blum A, Dill-Müller D (1998) Sonographie der Lymphknoten und der Subkutis in der Dermatologie; Teil 1. *Hautarzt* 49: 942–949
- Blum A, Dill-Müller D (1999) Sonographie der Lymphknoten und der Subkutis in der Dermatologie; Teil 2. *Hautarzt* 50: 62–73
- Breitbart EW, Rehpenig W (1983) Möglichkeiten und Grenzen der Ultraschalldiagnostik zur in vivo Bestimmung der Invasionstiefe des malignen Melanoms. *Z Hautkr* 58: 975–987
- Brockmann WP, Maas R, Voigt H, Thoma G, Schweer S (1985) Veränderungen peripherer Lymphknoten im Ultraschall. *Ultraschall* 6: 164–169
- Cole CW, Handler SJ, Burnett K (1981) The ultrasonic evaluation of skin thickness in skleroderma. *J Clin Ultrasound (N.Y.)* 9: 501–503
- El Gammal S, El Gammal C, Kaspar K, Pieck C, Altmeyer P, Vogt M, Ermert H (1999) Sonography of the skin at 100 MHz enables in-vivo-visualization of stratum corneum and viable epidermis in palmar skin and psoriatic plaques. *J Invest Dermatol* 113: 821–829
- El Gammal S, Altmeyer P, Auer T, Kaspar K, Hoffmann K, Paßmann C, Ermert H (1995) Der Stellenwert der 20, 50 und 100 MHz Sonographie in der Dermatologie. *Akt Dermatol* 21: 11–21
- El Gammal S, Auer T, Hoffmann K, Altmeyer P, Paßmann C, Ermert H (1993) Grundlagen, Anwendungsgebiete und Grenzen des hochfrequenten (20–50 MHz) Ultraschalls in der Dermatologie. *Zbl Haut* 162: 817–838
- Haller J, Gritzmann N, Czemberek H, Schmidbauer CH, Leitner H, Sommer G, Tscholakoff D (1987) Der okkulte und der klinisch verdächtige Hodentumor. Abklärung mittels Realtime-Sonographie. *Radiologie* 27: 113–117
- Hoffmann K, El-Gammal S, Gerbaulet U, Schatz H, Altmeyer P (1992) Examination of circumscribed scleroderma using 20 MHz B-scan ultrasound. In: Altmeyer P, el-Gammal S, Hoffmann K (eds) *Ultrasound in Dermatology*. Springer, Heidelberg New York, pp 231–243

- Hoffmann K, Happe M, Schüller S, Stücker M, Wiesner M, Gottlöber P, Schwarz M, Straher J, Neubauer H, Jung C, Petereit S, Welzel J, Brautzsch N, Bohmeyer J, Kwohlrab J, Freitag M, Altmeyer P (1999) Stellenwert der 20-MHz-Sonographie des malignen Melanoms und pigmentierter Läsionen in der Routinediagnostik. *Ultraschall in Med* 20: 104–109
- Hoffmann K, Röchling A, Stücker M, Dirting K, El Gammal S, Hoffmann A, Altmeyer P (1995) High-frequency sonography of skin diseases. In: Serup J, Jemec GBE (eds) *Handbook of non-invasive Methods and the Skin*. CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London Tokyo, pp 269–278
- Leopold GR, Woo VL, Scheible W, Nachtsheim D, Gosink B (1979) High-resolution ultrasonography of scrotal pathology. *Radiology* 131: 719–722
- Querleux B, Lévêque JL, de Rigal J (1988) In vivo cross-sectional ultrasonic imaging of human skin. *Dermatologica* 177: 332–337
- Riedl B, Hiller D, Stosiek N (1992) B-scan ultrasound of regional lymph nodes in different dermatological diseases. In: Altmeyer P, el-Gammal S, Hoffmann K (eds) *Ultrasound in Dermatology*. Springer, Berlin Heidelberg, New York, pp 87–92
- Rukinava B, Mohar N (1979) An approach of ultrasound diagnostic techniques of the skin and subcutaneous tissue. *Dermatologica* 158: 81–92
- Schwerk WB, Schwertk WN (1989) Sonographie des Skrotalinhaltes (III-1.9.4.). In: Braun B, Günther R, Schwertk B (eds) *Ultraschalldiagnostik. Lehrbuch und Atlas*. Ecomed, München, pp 1–70
- Seidenari S (1995) Ultrasound B-mode imaging and in vivo structure analysis. In: Serup J, Jemec GBE (eds) *Handbook of non-invasive Methods and the Skin*. CRC Press, Boca Raton Ann Arbor London Tokyo, pp 257–268
- Serup J, Keiding J, Fullerton A, Gniadecka M, Gniadecki R (1995) High-frequency ultrasound examination of skin: Introduction and guide. In: Serup J, Jemec GBE (eds) *Handbook of non-invasive Methods and the Skin*. CRC Press, Boca Raton Ann Arbor London Tokyo, pp 239–256
- Serup J (1984) Decreased skin thickness of pigmented spots appearing in localized scleroderma (morphoea) - Measurement of skin thickness by 15 MHz pulsed ultrasound. *Arch dermatol Res* 276: 135–136

Name des Untersuchers:

Die folgenden Sonogramme der **Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)** habe ich persönlich in meiner Praxis / im Krankenhaus durchgeführt und befundet.

(Datum)

(Unterschrift)

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
43			
44			
45			
46			
47			
48			
49			
50			

Zum Aufbaukurs bitte diesen Protokollbogen, die Befundbögen und die beschrifteten Originalbilder mitbringen. Die Befundbögen und Originalbilder bitte mit der Lfd.Nr. beschriften und ordnen, damit die von der KV geforderte Durchsicht Ihrer Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann

Name des Untersuchers:

Die folgenden Sonogramme der **Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)** habe ich persönlich in meiner Praxis / im Krankenhaus durchgeführt und befundet.

(Datum)

(Unterschrift)

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
51			
52			
53			
54			
55			
56			
57			
58			
59			
60			
61			
62			
63			
64			
65			
66			
67			
68			
69			
70			
71			
72			
73			
74			
75			

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
76			
77			
78			
79			
80			
81			
82			
83			
84			
85			
86			
87			
88			
89			
90			
91			
92			
93			
94			
95			
96			
97			
98			
99			
100			

Zum Aufbaukurs bitte diesen Protokollbogen, die Befundbögen und die beschrifteten Originalbilder mitbringen. Die Befundbögen und Originalbilder bitte mit der Lfd.Nr. beschriften und ordnen, damit die von der KV geforderte Durchsicht Ihrer Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann

Name des Untersuchers:

Die folgenden Sonogramme der **Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)** habe ich persönlich in meiner Praxis / im Krankenhaus durchgeführt und befundet.

(Datum)

(Unterschrift)

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
101			
102			
103			
104			
105			
106			
107			
108			
109			
110			
111			
112			
113			
114			
115			
116			
117			
118			
119			
120			
121			
122			
123			
124			
125			

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
126			
127			
128			
129			
130			
131			
132			
133			
134			
135			
136			
137			
138			
139			
140			
141			
142			
143			
144			
145			
146			
147			
148			
149			
150			

Zum Aufbaukurs bitte diesen Protokollbogen, die Befundbögen und die beschrifteten Originalbilder mitbringen. Die Befundbögen und Originalbilder bitte mit der Lfd.Nr. beschriften und ordnen, damit die von der KV geforderte Durchsicht Ihrer Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann

Name des Untersuchers:

Die folgenden Sonogramme der **Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)** habe ich persönlich in meiner Praxis / im Krankenhaus durchgeführt und befundet.

(Datum)

(Unterschrift)

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
151			
152			
153			
154			
155			
156			
157			
158			
159			
160			
161			
162			
163			
164			
165			
166			
167			
168			
169			
170			
171			
172			
173			
174			
175			

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
176			
177			
178			
179			
180			
181			
182			
183			
184			
185			
186			
187			
188			
189			
190			
191			
192			
193			
194			
195			
196			
197			
198			
199			
200			

Zum Aufbaukurs bitte diesen Protokollbogen, die Befundbögen und die beschrifteten Originalbilder mitbringen. Die Befundbögen und Originalbilder bitte mit der Lfd.Nr. beschriften und ordnen, damit die von der KV geforderte Durchsicht Ihrer Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann

Name des Untersuchers:

Die folgenden Sonogramme der **Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)** habe ich persönlich in meiner Praxis / im Krankenhaus durchgeführt und befundet.

(Datum)

(Unterschrift)

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
201			
202			
203			
204			
205			
206			
207			
208			
209			
210			
211			
212			
213			
214			
215			
216			
217			
218			
219			
220			
221			
222			
223			
224			
225			

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
226			
227			
228			
229			
230			
231			
232			
233			
234			
235			
236			
237			
238			
239			
240			
241			
242			
243			
244			
245			
246			
247			
248			
249			
250			

Zum Aufbaukurs bitte diesen Protokollbogen, die Befundbögen und die beschrifteten Originalbilder mitbringen. Die Befundbögen und Originalbilder bitte mit der Lfd.Nr. beschriften und ordnen, damit die von der KV geforderte Durchsicht Ihrer Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann

Name des Untersuchers:

Die folgenden Sonogramme der **Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)** habe ich persönlich in meiner Praxis / im Krankenhaus durchgeführt und befundet.

(Datum)

(Unterschrift)

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
251			
252			
253			
254			
255			
256			
257			
258			
259			
260			
261			
262			
263			
264			
265			
266			
267			
268			
269			
270			
271			
272			
273			
274			
275			

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
276			
277			
278			
279			
280			
281			
282			
283			
284			
285			
286			
287			
288			
289			
290			
291			
292			
293			
294			
295			
296			
297			
298			
299			
300			

Zum Aufbaukurs bitte diesen Protokollbogen, die Befundbögen und die beschrifteten Originalbilder mitbringen. Die Befundbögen und Originalbilder bitte mit der Lfd.Nr. beschriften und ordnen, damit die von der KV geforderte Durchsicht Ihrer Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann

Name des Untersuchers:

Die folgenden Sonogramme der **Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)** habe ich persönlich in meiner Praxis / im Krankenhaus durchgeführt und befundet.

(Datum)

(Unterschrift)

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
301			
302			
303			
304			
305			
306			
307			
308			
309			
310			
311			
312			
313			
314			
315			
316			
317			
318			
319			
320			
321			
322			
323			
324			
325			

	Datum	Patient	Kurzdiagnose
326			
327			
328			
329			
330			
331			
332			
333			
334			
335			
336			
337			
338			
339			
340			
341			
342			
343			
344			
345			
346			
347			
348			
349			
350			

Zum Aufbaukurs bitte diesen Protokollbogen, die Befundbögen und die beschrifteten Originalbilder mitbringen. Die Befundbögen und Originalbilder bitte mit der Lfd.Nr. beschriften und ordnen, damit die von der KV geforderte Durchsicht Ihrer Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann

Name des Untersuchers:

Die folgenden Sonogramme der **Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)** habe ich persönlich in meiner Praxis / im Krankenhaus durchgeführt und befundet.

(Datum)

(Unterschrift)

Zum Aufbaukurs bitte diesen Protokollbogen, die Befundbögen und die beschrifteten Originalbilder mitbringen. Die Befundbögen und Originalbilder bitte mit der Lfd.Nr. beschriften und ordnen, damit die von der KV geforderte Durchsicht Ihrer Dokumentation auf Vollständigkeit und Richtigkeit ohne Schwierigkeiten durchgeführt werden kann

Sonografie der Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)

Datum:

Untersucher:

Personalien

Klinik/Praxis (Stempel)

Anamnese, Fragestellung

Untersuchungsbefund

Eingeschränkte Untersuchungsbedingungen oder Beurteilbarkeit

Sonografie

Mittelfrequenz:

MHz

Sonometrie

Stelle 1

Stelle 2

Stelle 3

Densitometrie

(Zeichnung Lokalisation, Schnittebene)

Sonografischer Befund

Beurteilung (Diagnose)

Therapie, Bemerkungen, weitere Untersuchungen

Sonografie der Haut und Subkutis (einschließlich Lymphknoten)

Datum:	
Untersucher:	
Personalien	Klinik/Praxis (Stempel)

Indikation / Fragestellung

1. Untersuchung Verlaufskontrolle

Anamnese / Hautbefund

LK-Tastbefund:

positiv suspekt negativ

Eingeschränkte Untersuchungsbedingungen oder Beurteilbarkeit

Sonografische Untersuchung 7.5 MHz 20 MHz

Lokalisation

Sonografischer Befund

Dokumentation: Bilder S/W-Prints Farb-Print Disk Cine-Loop

Beurteilung (Diagnose)

- sonografisch gemessene Tumordicke mm
- Kein sicherer Nachweis einer Mikrofilarisierung
- Am ehesten entzündliche/reaktive LK-Veränderung
- Verdacht auf lymphogene Metastasierung

Therapie, weitere Untersuchungen

- Sonografiekontrolle in Wochen 3 6 9 12 18 Monaten
- Computertomographie
- Kernspintomographie

Anfahrt

Die Geschäftsstelle der DEGUM befindet sich im Haus der Bundespressekonferenz.

PKW

- Pressehaus / 2209
Schiffbauerdamm 40
10117 Berlin

Bahn Fernverkehr

- Hauptbahnhof (Ausgang Washingtonplatz)

S-Bahn & U-Bahn

- Hauptbahnhof (S5, S7, S75) (Ausgang Washingtonplatz)
- Friedrichstraße (S1, S2, S5, S7, S25, S75, U6)
- Bundestag (U55)

Bus

- Karlplatz (Linie TXL)

Straßenbahn

- Oranienburger Tor (Friedrichstadtpalast) (Linie M1)

Kontakt

Pressehaus / 2209

Schiffbauerdamm 40

10117 Berlin

Tel.: +49 (0)30 2060 8888-0

Fax: +49 (0)30 2060 8888-9

E-Mail: geschaeftsstelle@degum.de

Homepage: www.degum.de



Unsere Kompetenz

- ◆ Wissenschaftsförderung
- ◆ Leitlinienentwicklung
- ◆ Fortbildungs- und Informationsveranstaltungen zum Ultraschall
- ◆ Qualitätssicherung von Ultraschall-Untersuchern und -Ausbildern
- ◆ Zertifizierung von Ultraschallkursen
- ◆ Förderung des Ultraschalls in Entwicklungsländern

DEGUM-Mitglied werden

Ärzte und Naturwissenschaftler, die Ultraschall in der Medizin und Biologie anwenden oder erforschen und zu seiner Weiterentwicklung beitragen, können Mitglieder der DEGUM werden, ebenso Personen aus nichtärztlichen medizinischen Assistenzberufen und Studierende.

Der jährliche Mitgliedsbeitrag beträgt 100 Euro. Studierende zahlen einen reduzierten Beitrag.

Den DEGUM-Mitgliedsantrag finden Sie unter www.degum.de

Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V.

Postbank Stuttgart

IBAN: DE55 6001 0070 0177 2227 07

BIC: PBNKDEFF

Stand: 10/2014



DEGUM

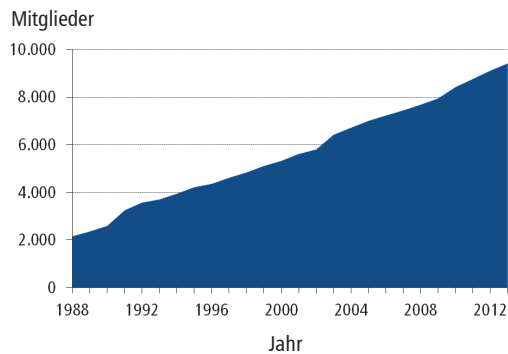
Deutsche Gesellschaft für
Ultraschall in der Medizin e.V.

www.degum.de

Über uns

Die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin (DEGUM) gehört mit zwischenzeitlich über 9000 Mitgliedern — Ärzten, Naturwissenschaftlern und Technikern, Angehörigen medizinischer Assistenzberufe und Studierenden — zu den größten medizinisch-wissenschaftlichen Gesellschaften in Deutschland und zu den größten Ultraschallgesellschaften weltweit. Die Fachgesellschaft ermöglicht Ihnen den interdisziplinären, wissenschaftlichen und praktischen Erfahrungsaustausch auf dem Gebiet medizinischer Ultraschallanwendungen.

Mitgliederentwicklung



Als Mitglied der DEGUM gehört man immer auch einer ihrer Sektionen an, die sich mit fachgebietsspezifischen Anwendungen des Ultraschalls befassen. Daneben kann jedes DEGUM-Mitglied auch Mitglied eines oder mehrerer Arbeitskreise sein. Deren Mitglieder kommen aus verschiedenen Fachgebieten und befassen sich mit fachgebietsübergreifenden Ultraschallanwendungen.

Unsere Sektionen

- ◆ Anästhesiologie
- ◆ Chirurgie
- ◆ Dermatologie
- ◆ Gynäkologie & Geburtshilfe
- ◆ Innere Medizin
- ◆ Kopf - Hals
- ◆ Naturwissenschaft & Technik
- ◆ Neurochirurgie
- ◆ Neurologie
- ◆ Ophthalmologie
- ◆ Pädiatrie
- ◆ Radiologie
- ◆ Urologie

Unsere Arbeitskreise

- ◆ Allgemeinmedizin
- ◆ Bewegungsorgane
- ◆ Echokardiographie
- ◆ Endosonographie
- ◆ Fetale Echokardiographie
- ◆ Mammasonographie
- ◆ Notfallsonographie
- ◆ Sonographie in Entwicklungs- und Schwellenländern
- ◆ Thoraxsonographie
- ◆ Ultraschallsysteme
- ◆ Vaskulärer Ultraschall

Ziele & Aktivitäten

Die Förderung von Ultraschallverfahren in Medizin und Biologie durch die DEGUM erfolgt in vielfältiger Weise.

- ◆ Bereitstellung finanzieller Mittel und personeller Expertise für die Durchführung von Studien und Vergabe jährlicher Preise für hervorragende wissenschaftliche Arbeiten und Dissertationen
- ◆ Beteiligung an der Erstellung medizinischer Leitlinien
- ◆ Veranstaltung von Tagungen und Kongressen zur ärztlichen Fortbildung
- ◆ Organisation von Symposien und Pressekonferenzen zur Information der Bevölkerung
- ◆ Bewertung und Zertifizierung der Untersuchungsqualität von Ärzten, die Ultraschall anwenden, als auch deren fachliche und didaktische Qualität bei der Ausbildung in dieser Untersuchungsmethode
- ◆ Zertifizierung von Ultraschallkursen, die einem inhaltlichen und formalen Standard entsprechen und sich für eine qualifizierte Ultraschallausbildung eignen
- ◆ Förderung der Anwendung und Verbreitung von Ultraschall als dem preisgünstigsten und mobilsten medizinisch-diagnostischen Schnittbildverfahren gerade auch in Entwicklungs- und Schwellenländern mit einem eigenen Arbeitskreis

Abkürzung

ADF
ANNA
ARFI
ASQ
CAP
CE
CEUS
CHI
CPA
CPS
CW
dB
DEU
DICOM
FEI
FFT
FKDS
ip
MCE
MHz
MI
MPa
MVI
oop
PI
PPI
PS
pSWE
PW
RSI
SI
SMI
SNR
SSI
SRI
SWE
SWEI
TE
TEQ
THE
THI
TI
TQA
TRUS
USE
VRI

Bezeichnung

Advanced Dynamic Flow
Artificial Neural Network Analysis
Acoustic Radiation Force Impulse
Acoustic Structure Quantification
Controlled Attenuation Parameter
Coded Excitation
Contrast Enhanced Ultrasound
Contrast Harmonic Imaging
Color Power Angio
Contrast Pulse Sequencing
Continuous Wave
Dezibel
Digitally Encoded Ultrasound
Digital Imaging and Communications in Medicine
Flash Echo Imaging
Fast Fourier Transformation
Farb-Kodierte Doppler Sonographie
in-plane
Myocardial Contrast Echocardiography
Megahertz
Mechanischer Index
Megapascal
Micro Vascular Imaging
out-of-plane
Pulse Inversion
Power Pulse Inversion
Pulse Subtraction
Point shear wave elastography
Pulse Wave
Rate Subtraction Imaging
Strain imaging
Superb Microvascular Imaging
Signal to Noise Ratio
Supersonic shear imaging
Strain-rate imaging
Shear wave elastography
Shear wave elasticity imaging
Transient elastography
Tissue Equalization
Time-harmonic elastography
Tissue Harmonic Imaging
Thermischer Index
Technical Quality Assurance
Transrectal Ultrasound
Ultrasound Elastography
Vascular Recognition Imaging

Aufnahmeantrag

Hiermit bitte ich um Aufnahme in die Deutsche Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. (DEGUM).

Bitte geben Sie unten nur personalisierte E-Mail-Adressen an. Bitte legen Sie als Studierende(r) eine Immatrikulationsbescheinigung bei. Die kursiv geschriebenen Felder unten werden im internen Bereich der DEGUM-Webseite und im Falle einer Zertifizierung auch öffentlich sichtbar gemacht. Der Mitgliedsbeitrag beträgt 100,00 € pro Jahr, Studierende zahlen einen reduzierten Beitrag von 25,00 € pro Jahr.

Angaben zur Person

Name

Vorname

Geburtsdatum

Titel

Straße und Hausnummer

PLZ Ort

E-Mail (privat)

Telefon mobil (Handy)

Telefon (privat)

Fax (privat)

Bereits bestehende Mitgliedschaft in ÖGUM SGUM

Postalische DEGUM-Korrespondenz an

Privatadresse Dienstadresse

E-Mail-Kontakt über

private E-Mail dienstliche E-Mail

Angaben zum Beruf/zur Tätigkeit

Tätigkeit in Krankenhaus Praxis/Niederlassung

Institution/Einrichtung (z.B. Klinikum/Krankenhaus)

Klinik/Abteilung

Funktion/Stellung (z.B. Chefarzt, Assistenzarzt, Studierender)

Fachgebiet

Facharztqualifikation ja nein

Einheitliche Fortbildungsnummer (EFN) der Ärztekammern

Straße und Hausnummer

PLZ Ort

E-Mail (dienstlich)

Telefon (dienstlich)

Fax (dienstlich)

Als DEGUM-Mitglied sind Sie automatisch Mitglied der Sektion Ihres Fachgebiets. Sollten Sie primär oder wesentlich auch in einem Bereich tätig sein oder tätig sein wollen, der eher dem eines Arbeitskreises entspricht (z.B. als Gynäkologe in der Mammasonographie, als Internist in der Angiologie) können Sie zusätzlich auch Mitglied in diesem Arbeitskreis werden. Wir bitten Sie, in diesem Fall den gewünschten Arbeitskreis unten anzukreuzen.

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Allgemeinmedizin | <input type="checkbox"/> Fetale Echokardiographie | <input type="checkbox"/> Sonographie in Entwicklungs- und Schwellenländern |
| <input type="checkbox"/> Bewegungsorgane | <input type="checkbox"/> Interventioneller Ultraschall | <input type="checkbox"/> Thoraxsonographie |
| <input type="checkbox"/> Echokardiographie | <input type="checkbox"/> Mammasonographie | <input type="checkbox"/> Ultraschallsysteme |
| <input type="checkbox"/> Endosonographie | <input type="checkbox"/> Notfallsonographie | <input type="checkbox"/> Vaskulärer Ultraschall |

Durch meine Unterschrift erkläre ich mich mit der Satzung der Deutschen Gesellschaft für Ultraschall in der Medizin e.V. (siehe www.degum.de) einverstanden. Weiterhin gestatte ich die Aufnahme meiner Daten in die EDV des Vereins sowie deren Übermittlung an Dritte (ausschließlich zu Vereinszwecken).

Ort

Datum

Unterschrift

Vereinbarung
von Qualitätssicherungsmaßnahmen
nach § 135 Abs. 2 SGB V
zur Ultraschalldiagnostik
(Ultraschall-Vereinbarung)

vom 31.10.2008

in der ab dem 01.10.2020 geltenden Fassung

Inhaltsverzeichnis

A	Allgemeine Bestimmungen	5
§ 1	Inhalt	5
§ 2	Begriffsbestimmungen	5
§ 3	Genehmigung	5
B	Anforderungen an die fachliche Befähigung	6
§ 4	Erwerb der fachlichen Befähigung nach der Weiterbildungsordnung	6
§ 5	Erwerb der fachlichen Befähigung in einer ständigen Tätigkeit	6
§ 6	Erwerb der fachlichen Befähigung durch Ultraschallkurse	7
§ 7	Erwerb der fachlichen Befähigung durch eine computergestützte Fortbildung i. V. m. Ultraschallkursen	8
§ 7a	Online-basierter Befähigungsnachweis zur systematischen Untersuchung der fetalen Morphologie im Rahmen der Mutterschaftsrichtlinie	9
§ 8	Qualifikation der Ausbilder	9
C	Anforderungen an die apparative Ausstattung	10
§ 9	Apparative Ausstattung	10
D	Auflagen	12
§ 10	Ärztliche Dokumentation	12
§ 11	Überprüfung der ärztlichen Dokumentation	12
§ 12	Auflage zur Aufrechterhaltung der fachlichen Befähigung für die sonographische Untersuchung der Säuglingshüfte	15
§ 13	Konstanzprüfung	15
E	Verfahren	17
§ 14	Genehmigungsverfahren	17
F	Schlussbestimmungen	19
§ 15	Auswertung	19
§ 16	Übergangsregelungen	19
§ 17	Inkrafttreten	20
	Protokollnotizen	20
	Anlage I: Anforderungen an die fachliche Befähigung nach den §§ 4, 5 und 6	21
	Anlage II: Anforderungen an die fachliche Befähigung nach § 6 (Ultraschallkurse)	29
	Anlage III: Anforderungen an die apparative Ausstattung nach § 9	32
AK 1.1	Gehirn durch die offene Fontanelle	33
AK 2.1	Gesamtes Auge	33
AK 2.2	Gesamtes Auge	34
AK 2.3	Biometrie des Auges	34
AK 2.4	Biometrie des Auges	35
AK 2.5	Pachymetrie zur Messung der Hornhautdicke des Auges	35
AK 2.6	Pachymetrie zur Messung der Hornhautdicke des Auges	36
AK 3.1	Nasennebenhöhlen	36
AK 3.2	Nasennebenhöhlen	37
AK 3.3	Gesichtsweichteile, Halsweichteile, Speicheldrüsen	37
AK 3.4	Schilddrüse	38

AK 4.1 Herz und herznahe Gefäße, transkutan	38
AK 4.2 Herz und herznahe Gefäße, transkutan	39
AK 4.3 Herz und herznahe Gefäße, transoesophageal	39
AK 4.4 Herz und herznahe Gefäße, transoesophageal	40
AK 4.5 Herz unter physikalischer oder pharmakodynamischer Belastung	40
AK 4.6 Herz unter physikalischer oder pharmakodynamischer Belastung	41
AK 5.1 Thoraxorgane, transkutan	41
AK 5.2 Thoraxorgane, transkavitär	42
AK 6.1 Brustdrüse	42
AK 7.1 Abdomen, Retroperitoneum einschließlich Niere, transkutan	43
AK 7.2 Abdomen, Retroperitoneum einschließlich Niere, transkutan	43
AK 7.3 Abdomen, Retroperitoneum einschließlich Niere, transkavitär	44
AK 8.1 Uro-Genitalorgane (Penis und Skrotum), transkutan.....	44
AK 8.2 sonstige Uro-Genitalorgane, transkutan	45
AK 8.3 Uro-Genitalorgane, transkavitär	45
AK 8.4 Weibliche Genitalorgane.....	46
AK 8.5 Weibliche Genitalorgane.....	46
AK 9.1 Schwangerschaftsdiagnostik, transkutan	47
AK 9.2 Schwangerschaftsdiagnostik, transkavitär	47
AK 10.1 Bewegungsapparat.....	48
AK 10.2 Bewegungsapparat (Säuglingshüfte).....	48
AK 11.1 Venen der Extremitäten.....	49
AK 12.1 Haut einschließlich Subkutis.....	49
AK 12.2 Haut (subkutanen Gewebe einschließlich Lymphknoten)	50
AK 20.1 Extrakranielle Gefäße, Doppler	51
AK 20.2 Gefäße der Extremitäten, Doppler	51
AK 20.3 Gefäße des männlichen Genitalsystems, Doppler	52
AK 20.4 Gefäße des männlichen Genitalsystems, Doppler	52
AK 20.5 Intrakranielle Gefäße, Doppler.....	53
AK 20.6 Extrakranielle Gefäße, Duplex	53
AK 20.7 Intrakranielle Gefäße, Duplex.....	54
AK 20.8 Gefäße der Extremitäten, Duplex.....	54
AK 20.9 Gefäße des Abdomens, Retroperitoneums und Mediastinum, Duplex	55
AK 20.10 Gefäße des weiblichen Genitalsystems, Duplex.....	55
AK 21.1 Herz und herznahe Gefäße, Doppler, transkutan	56
AK 21.2 Herz und herznahe Gefäße, Doppler, transkutan	56
AK 21.3 Herz und herznahe Gefäße, Doppler, transkutan	57
AK 21.4 Herz und herznahe Gefäße, Doppler, transkutan	57
AK 21.5 Herz und herznahe Gefäße, Doppler, transoesophageal	58
AK 21.6 Herz und herznahe Gefäße, Doppler, transoesophageal	58
AK 21.7 Herz und herznahe Gefäße, Farbduplex, transkutan	59
AK 21.8 Herz und herznahe Gefäße, Farbduplex, transoesophageal	59
AK 22.1 Fetales kardiovaskuläres System, Farbduplex.....	60
AK 22.2 Fetomaternales Gefäßsystem, Farbduplex	60
AK 23.1 Nerven und Muskeln, Farbduplex
Anlage IV: Erläuterungen der verwendeten medizintechnischen Begriffe	62
Anlage V: Regelmäßige Überprüfung der ärztlichen Dokumentation bei der sonographischen Untersuchung der Säuglingshüfte nach § 12.....	66
§ 1 Inhalt und Ziel	66
§ 2 Überprüfung der ärztlichen Dokumentation	66
§ 3 Umfang	66
§ 4 Anforderung und Auswahl der Dokumentationen durch die Kassenärztliche Vereinigung.....	67
§ 5 Anforderungen an die Bilddokumentation	67
§ 6 Anforderung an die schriftliche Dokumentation	68

§ 7 Durchführung der Überprüfung durch die Sonographie-Kommission und Auswertung der durchgeführten Qualitätssicherungsmaßnahmen	68
§ 8 Beurteilungsstufen.....	69
§ 9 Anforderungskriterien	70
§ 10 Information, Beratung sowie Maßnahmen durch die Kassenärztliche Vereinigung	71
§ 11 Prüfungsintervalle / Folgen bei nicht sachgerecht durchgeführter Dokumentation	71
§ 12 Übergangsregelungen, Inkrafttreten.....	72
Anhang 1: Fortbildungskurs zur Sonographie der Säuglingshüfte gemäß § 11 Abs. 3.....	73
Anlage VI: Befähigungsnachweis zur Erbringung von Leistungen der Ultraschalldiagnostik bei Untersuchungen im Rahmen des Anwendungsbereiches AB 9.1a gemäß den Mutterschafts-Richtlinien	74
§ 1 Inhalt und Ziel	74
§ 2 Zuständigkeiten	74
§ 3 Anforderungen an die Fallsammlungen und das System	74
§ 4 Durchführung der Online-Prüfungen	76
§ 5 Bestehenskriterien.....	77
§ 6 Prüfung ohne Online-System	78
§ 7 Datenaustausch, Datenauswertung	78
§ 8 Ausnahmeregelung	78
§ 9 Übergangsregelung	79
Anlage VII: Auswertungskonzept.....	80

A

Allgemeine Bestimmungen

§ 1

Inhalt

Diese Vereinbarung ist eine Maßnahme zur Qualitätssicherung, mit der die Qualität bei der Erbringung von Leistungen der Ultraschalldiagnostik gesichert werden soll. Die Vereinbarung regelt die fachlichen und apparativen Voraussetzungen für die Ausführung und Abrechnung dieser Leistungen im Rahmen der vertragsärztlichen Versorgung.¹

§ 2

Begriffsbestimmungen

Für die Anwendung dieser Vereinbarung gelten ergänzend zu Definitionen in den einzelnen Vorschriften die nachfolgenden Begriffsbestimmungen:

- a) Anwendungsbereich: Ein Anwendungsbereich (AB) umfasst Leistungen der Ultraschalldiagnostik, die mittels eines oder mehrerer bestimmter Arbeitsmodi (z. B. B-Modus) an einem bestimmten Organ bzw. einer bestimmten Körperregion (z. B. Abdomen und Retroperitoneum) an Patienten ggf. näher bestimmter Altersgruppen (z. B. Jugendliche und Erwachsene) durchgeführt werden.
- b) Anwendungsklasse: Eine Anwendungsklasse (AK) umfasst Leistungen der Ultraschalldiagnostik, die mit einem Ultraschallsystem durchgeführt werden, für das bestimmte apparative Mindestanforderungen festgelegt sind.
- c) Ultraschallsystem: Ein Ultraschallsystem ist ein Gerät zur Ultraschalldiagnostik, das aus Gerätekonzole, Schallkopf, Monitor und Dokumentationseinrichtung besteht. Weitere in der Vereinbarung verwendete medizintechnische Begriffe sind in Anlage IV erläutert.

Geräte zur Ultraschalldiagnostik nach dem Dopplerprinzip zum alleinigen qualitativen Nachweis der Blutströmung und / oder der darauf aufbauenden Druckmessungen sind nicht Gegenstand dieser Vereinbarung.

§ 3

Genehmigung

- (1) Die Ausführung und Abrechnung von Leistungen der Ultraschalldiagnostik im Rahmen der vertragsärztlichen Versorgung ist erst nach Erteilung der Genehmigung durch die Kassenärztliche Vereinigung zulässig.

¹ Die nachstehenden Personen- und Berufsbezeichnungen werden einheitlich sowohl für die weibliche als auch für die männliche Form verwendet.

-
- (2) Die Genehmigung ist für einen oder mehrere Anwendungsbereiche sowie für eine oder mehrere Anwendungsklassen zu erteilen, wenn der Arzt die entsprechenden fachlichen und apparativen Voraussetzungen nach den Abschnitten B und C im Einzelnen erfüllt. Die Genehmigung ist mit der Auflage zu erteilen, dass die in Abschnitt D festgelegten Anforderungen erfüllt werden.
- (3) Die Erfüllung der in Absatz 2 genannten Voraussetzungen ist gegenüber der Kassenärztlichen Vereinigung nachzuweisen. Das Verfahren richtet sich nach Abschnitt E i. V. m. der Rahmenvereinbarung für Qualitätssicherungsvereinbarungen gemäß § 135 Abs. 2 SGB V sowie den Richtlinien der Kassenärztlichen Bundesvereinigung für Verfahren zur Qualitätssicherung nach § 75 Abs. 7 SGB V.

B

Anforderungen an die fachliche Befähigung

§ 4

Erwerb der fachlichen Befähigung nach der Weiterbildungsordnung

Die fachliche Befähigung für die Ausführung und Abrechnung von Leistungen der Ultraschalldiagnostik in einem Anwendungsbereich gilt als nachgewiesen, wenn folgende Voraussetzungen erfüllt und durch die Vorlage von Bescheinigungen nach § 14 nachgewiesen werden:

- a) Berechtigung zur Durchführung von Leistungen der Ultraschalldiagnostik nach dem für den Arzt maßgeblichen Weiterbildungsrecht.
- b) Selbständige Durchführung von Ultraschalluntersuchungen nach Anlage I Spalte 3 unter Anleitung. Die Anleitung hat bei einem nach § 8 Buchstabe b oder c in der Ultraschalldiagnostik qualifizierten Arzt stattzufinden.

§ 5

Erwerb der fachlichen Befähigung in einer ständigen Tätigkeit

Soweit eine fachliche Befähigung in einem Anwendungsbereich nicht nach § 4 nachgewiesen wird, kann diese durch eine ständige Tätigkeit erworben werden. Dabei sind die folgenden Voraussetzungen zu erfüllen und durch die Vorlage von Bescheinigungen nach § 14 nachzuweisen:

- a) Mindestens 18-monatige ganztägige oder entsprechende teilzeitliche Tätigkeit in einem Fachgebiet, dessen Kerngebiet den jeweiligen Anwendungsbereich bzw. das jeweilige Organ / die jeweilige Körperregion umfasst.
- b) Selbständige Durchführung von Ultraschalluntersuchungen nach Anlage I Spalte 4 unter Anleitung. Die Anleitung hat bei einem nach § 8 Buchstabe b oder c qualifizierten Arzt stattzufinden.

-
- c) Erfolgreiche Teilnahme an einem Kolloquium nach § 14 Abs. 6 nach Erfüllung der vorgenannten Voraussetzungen.

§ 6

Erwerb der fachlichen Befähigung durch Ultraschallkurse

- (1) Soweit eine fachliche Befähigung in einem Anwendungsbereich nicht nach § 4 oder § 5 nachgewiesen wird, kann diese durch Ultraschallkurse erworben werden. Dabei sind folgende Voraussetzungen zu erfüllen und durch die Vorlage von Bescheinigungen nach § 14 nachzuweisen:
- a) Selbständige Durchführung von Ultraschalluntersuchungen nach Anlage I Spalte 4 unter Anleitung. Die Anleitung hat bei einem nach § 8 Buchstabe a oder b oder c qualifizierten Arzt stattzufinden.
 - b) Erfolgreiche Teilnahme an folgenden Ultraschallkursen, die unter der Anleitung eines nach § 8 Buchstabe c qualifizierten Arztes (Kursleiter) stattfinden:
 1. Grundkurs über physikalisch-technische Basiskenntnisse, Indikationsbereich, Basiskenntnisse einer Ultraschalluntersuchung
 2. Aufbaukurs zur Vertiefung der Kenntnisse der Ultraschalldiagnostik und Verbesserung der Untersuchungstechnik. Der Aufbaukurs kann als zusammenhängender Kurs oder in einzelnen Modulen durchgeführt werden. Der Aufbaukurs kann durch eine mindestens 4-wöchige ständige Tätigkeit ersetzt werden, die unter Anleitung eines nach § 8 Buchstabe b oder c qualifizierten Arztes durchgeführt wird.
 3. Abschlusskurs zur Vervollständigung der Kenntnisse und Fähigkeiten. Der Abschlusskurs kann als zusammenhängender Kurs oder in einzelnen Modulen durchgeführt werden. Voraussetzung für die Teilnahme am Abschlusskurs ist der Nachweis der nach Buchstabe a erforderlichen Ultraschalluntersuchungen in Form von Schrift- und Bilddokumentationen. Bis zu einem Drittel dieser Untersuchungen kann bereits bei der Teilnahme am Aufbaukurs anerkannt werden, wenn die Schrift- und Bilddokumentation den fachlichen Anforderungen genügt. In der Belastungsechokardiographie können nur digitale Bilddokumentationen anerkannt werden.
 - c) Erfolgreiche Teilnahme an einem Kolloquium nach § 14 Abs. 6 nach Erfüllung der vorgenannten Voraussetzungen.
- (2) Für die Durchführung der Ultraschallkurse in den jeweiligen Anwendungsbereichen gelten die Anforderungen nach Anlage II sowie die folgenden Anforderungen:
- a) Zwischen Grund- und Abschlusskurs soll ein Zeitraum von mindestens 9 Monaten liegen.
 - b) Eine Unterrichtsstunde dauert 45 Minuten.

-
- c) Die Kurse müssen praktische Übungen beinhalten. Diese sollen die Hälfte der Kursdauer umfassen.
 - d) Beim Aufbau- und beim Abschlusskurs dürfen höchstens 5 Kursteilnehmer gleichzeitig pro Ultraschallsystem unterwiesen werden.
 - e) Das vom Kursleiter auszustellende Zertifikat über die Teilnahme an den Kursen beziehungsweise die vom Kursleiter auszustellende Teilnahmebescheinigung muss Angaben über den Anwendungsbereich und den Kursinhalt beinhalten.

Das Zertifikat über die Teilnahme am Abschlusskurs beziehungsweise die Teilnahmebescheinigung muss insbesondere folgende Angaben enthalten:

- Anzahl der vorgelegten Schrift- und Bilddokumentationen nach Absatz 1 Buchstabe a), die den fachlichen Anforderungen genügen.
- Beurteilung der Befähigung des Antragstellers zur selbstständigen Durchführung von Ultraschalluntersuchungen im jeweiligen Anwendungsbereich.
- Zuordnung ggf. absolvierter Kursmodule zum jeweiligen Anwendungsbe-
reich.

Für den Fall, dass der Aufbau- oder Abschlusskurs in einzelnen Kursmodulen angeboten wird, müssen für die einzelnen Module oder für alle Module zusammen Zertifikate beziehungsweise Teilnahmebescheinigungen ausgestellt werden, aus denen die Erfüllung der genannten Anforderungen hervorgeht.

- (3) Für die Durchführung der Ultraschallkurse gelten darüber hinaus folgende spezielle Anforderungen:
 - a) Für die in Anlage II genannten Anwendungsbereiche AB 3.3, AB 5 und AB 7 können Grund- und Aufbaukurs interdisziplinär durchgeführt werden. Der Abschlusskurs muss sich auf die spezifischen Anwendungsbereiche beziehen.
 - b) In der Gefäßdiagnostik (Anlage II Anwendungsbereich AB 11, AB 20 und AB 22) muss der Grundkurs interdisziplinär durchgeführt werden. Im Anwendungsbereich AB 23.1 ist der interdisziplinäre Grundkurs alternativ zu einem speziellen Grundkurs für Muskel- und Nervensonographie möglich.
 - c) Die Ultraschallkurse für die extrakraniellen hirnersorgenden Gefäße (Anlage II Anwendungsbereich AB 20.6) und extremitätenversorgenden Gefäße (AB 20.8) mit dem Duplex-Verfahren können in Kombination mit dem CW-Doppler-Verfahren durchgeführt werden.

§ 7

Erwerb der fachlichen Befähigung durch eine computergestützte Fortbildung i. V. m. Ultraschallkursen

- (1) Soweit die fachliche Befähigung in einem Anwendungsbereich durch Ultraschallkurse erworben wird, kann der theoretische Teil des Abschlusskurses nach § 6 Abs. 1 Buchstabe b Nr. 3 durch eine erfolgreiche computergestützte Fortbildung (Tutorial) ersetzt

werden, sofern diese angeboten wird. Dazu hat der Arzt fallbezogene Ultraschallaufnahmen aus dem jeweiligen Anwendungsbereich zu beurteilen und fallbezogene Fragen zu beantworten.

- (2) Die übrigen Bestimmungen nach § 6 bleiben unberührt. Insbesondere können die erforderliche Anzahl von durchgeführten Ultraschalluntersuchungen nach § 6 Abs. 1 Buchstabe a sowie das Kolloquium nach § 6 Abs. 1 Buchstabe c durch die computergestützte Fortbildung nicht ersetzt werden.
- (3) Die computergestützte Fortbildung muss von der Kassenärztlichen Vereinigung anerkannt sein. Voraussetzung für die Anerkennung ist, dass die wichtigsten Organe, die wichtigsten Diagnosen und die entsprechenden Therapiemethoden des jeweiligen Anwendungsbereichs Bestandteile der Fortbildung sind.
- (4) Der Anbieter einer computergestützten Fortbildung hat einen Gesamtbestand an Fällen aus dem jeweiligen Anwendungsbereich vorzuhalten. Einzelne Fälle können aus mehreren Ultraschallaufnahmen bestehen. Aus dem Gesamtbestand werden dem Arzt mindestens 20 Fälle nach dem Zufallsprinzip bereitgestellt. Der Gesamtbestand soll mindestens die 10-fache Anzahl an Fällen beinhalten. Bei bestimmten Anwendungsbereichen kann ein geringerer Gesamtbestand an Fällen vorgehalten werden, sofern dies durch Besonderheiten des Anwendungsbereichs (z. B. eingeschränktes Diagnosespektrum, geringe Arztzahlen) begründet ist.
- (5) Der Arzt hat die Aufgabe, die bereitgestellten Fälle anhand der fallbezogenen Ultraschallaufnahmen und der geschilderten Anamnese als Normalbefund oder Pathologie zu klassifizieren. Handelt es sich um einen pathologischen Fall, so beschreibt der Arzt den Befund, stellt die Diagnose und bestimmt das weitere Vorgehen. Liegt hingegen ein Normalbefund vor, sind ultraschallbezogene Fragen zum anatomischen Wissen zu beantworten.
- (6) Der Anbieter stellt dem Arzt ein Zertifikat über die erfolgreiche Teilnahme an der computergestützten Fortbildung aus.

§ 7a

Online-basierter Befähigungsnachweis zur systematischen Untersuchung der fetalen Morphologie im Rahmen der Mutterschaftsrichtlinie

Für die Erfüllung der Anforderungen des Anwendungsbereiches 9.1a (AB 9.1a) hat der Arzt gegenüber der Kassenärztlichen Vereinigung einen Nachweis gemäß Anlage VI zu erbringen.

§ 8

Qualifikation der Ausbilder

Qualifizierte Ausbilder im Sinne dieser Vereinbarung sind, je nach Wahrnehmung der Aufgaben nach den §§ 4 bis 6:

-
- a) Ärzte, die die Anforderungen an die fachliche Befähigung im jeweiligen Anwendungsbereich nach dieser Vereinbarung erfüllen,
- b) Ärzte, die nach der Weiterbildungsordnung in vollem Umfang zur Weiterbildung im jeweiligen Anwendungsbereich befugt sind. Ist der anleitende Arzt nur teilweise zur Weiterbildung befugt, muss er zusätzlich die Voraussetzungen an die fachliche Befähigung nach dieser Vereinbarung erfüllen.
- c) Ärzte, die die folgenden Voraussetzungen kumulativ erfüllen:
- eine abgeschlossene Weiterbildung zum Facharzt
 - die Erfüllung der fachlichen und apparativen Voraussetzungen nach dieser Vereinbarung für den jeweiligen Anwendungsbereich
 - eine mindestens 36-monatige eigenverantwortliche Tätigkeit im Bereich der Ultraschall Diagnostik
 - die 10-fache Zahl der in Anlage I Spalte 4 für den jeweiligen Anwendungsbereich geforderten Untersuchungszahlen.

C

Anforderungen an die apparative Ausstattung

§ 9

Apparative Ausstattung

- (1) Die verwendeten Ultraschallsysteme müssen Mindestanforderungen an die Gerätesicherheit, biologische Sicherheit und technische Leistungsfähigkeit erfüllen. Die Mindestanforderungen richten sich nach Anwendungsklassen gemäß Anlage III. Ärzte, die einen Antrag auf Genehmigung stellen, sind verpflichtet, die in Anlage III Nummern 1 bis 8 aufgeführten Mindestanforderungen nachzuweisen. Die Mindestanforderungen gelten für jeden Arbeitsplatz.
- (2) a) Für Ultraschallsysteme, die zum Zeitpunkt der Genehmigungserteilung bereits länger als 24 Monate in Betrieb waren („Gebrauchtgeräte“), muss zusätzlich zur Erfüllung der Anforderungen nach Absatz 1 ein Wartungsprotokoll vorgelegt werden, das nicht älter als 12 Monate sein darf. Das Wartungsprotokoll hat die Anforderungen nach § 13 Abs. 9 zu erfüllen.
- b) Falls ein Wartungsprotokoll nicht vorgelegt werden kann, muss zur Genehmigungserteilung eine bildbasierte Abnahmeprüfung erfolgen. Als Teil der Abnahmeprüfung ist zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit des Ultraschallsystems hinsichtlich der technischen Bildqualität bei Untersuchungen im B-Modus eine aktuelle Bilddokumentation der jeweiligen Anwendungsklasse einzureichen. Die Anforderungen an die Dokumentation gemäß Anlage III Nummer 6 müssen erfüllt

sein. Das Organ bzw. die Körperregion muss entsprechend Anlage III Nummer 9.1 abgebildet sein, sofern dies für eine Anwendungsklasse definiert ist. Dabei müssen die in Anlage III Nummer 9.2 genannten charakteristischen Bildmerkmale erkennbar bzw. differenzierbar sein. Die Ultraschallaufnahme soll nicht älter als 3 Monate sein. Aus der Bilddokumentation muss eindeutig hervorgehen, dass die Ultraschallaufnahme mit dem beantragten Ultraschallsystem erstellt wurde. Sofern ein Ultraschallsystem für mehrere beantragte Anwendungsklassen verwendet werden soll, ist eine aktuelle Bilddokumentation einer dieser Anwendungsklassen einzureichen.

- (3) Der Arzt muss sich für jedes Ultraschallgerät, das er erstmalig in Betrieb nimmt, anhand der Gebrauchsanweisung sowie beigefügter sicherheitsbezogener Informationen und Instandhaltungshinweise in die sachgerechte Handhabung, Anwendung und den Betrieb des Ultraschallsystems sowie, falls Endosonographiesonden zur Anwendung kommen, basierend auf den Hinweisen zu deren Aufbereitung, einweisen lassen. Die Einweisung darf nur von Personen durchgeführt werden, die auf Grund ihrer Kenntnisse und praktischen Erfahrungen für die Einweisung in die medizintechnische Handhabung des Gerätes geeignet sind. Die Einweisung ist unter Angabe des Namens der einweisenden Person schriftlich zu dokumentieren und auf Verlangen der Kassenärztlichen Vereinigung nachzuweisen.
- (4) Vor der erstmaligen Inbetriebnahme von Ultraschallsonden zur Endosonographie durch einen Arzt ist sicherzustellen, dass der Hersteller in der Gebrauchsanweisung Angaben zu mindestens einem wirksamen und materialverträglichen Desinfektionsverfahren mit bakterizider, fungizider und viruzider Wirkung zur Verfügung stellt. Der Nachweis der Wirksamkeit mit anerkannten Methoden muss vom Hersteller durch ein Gutachten belegt sein und wird im Rahmen der Gewährleistungserklärung nachgewiesen. Nach § 8 Abs. 2 Medizinprodukte-Betreiberverordnung wird eine ordnungsgemäße Aufbereitung vermutet, wenn die gemeinsame Empfehlung der Kommission für Krankenhaushygiene und Infektionsprävention am Robert Koch-Institut und des Bundesinstitutes für Arzneimittel und Medizinprodukte zu den Anforderungen an die Hygiene bei der Aufbereitung von Medizinprodukten beachtet wird. Satz 3 gilt auch bei Verwendung alternativer Desinfektionsverfahren.
- (5) Der Arzt hat jede Veränderung in der apparativen Ausstattung, die Auswirkungen auf die Bildqualität haben kann, unverzüglich der Kassenärztlichen Vereinigung mitzuteilen.

D

Auflagen

§ 10 Ärztliche Dokumentation

- (1) Der Arzt ist verpflichtet, die Indikation und die Durchführung der Ultraschalluntersuchung zu dokumentieren.
- (2) Aus der ärztlichen Dokumentation müssen hervorgehen:
 1. Patientenidentität (Name und Alter)
 2. Untersucheridentifikation
 3. Untersuchungsdatum
 4. Fragestellung bzw. Indikation der Untersuchung
 5. ggf. eingeschränkte Untersuchungsbedingungen bzw. Beurteilbarkeit
 6. organspezifische Befundbeschreibung, außer bei Normalbefunden
 7. (Verdachts-)Diagnose
 8. abgeleitete diagnostische und / oder therapeutische Konsequenzen und / oder abgeleitetes anderweitiges Vorgehen, außer bei Normalbefund
- (3) Die schriftliche Dokumentation im Rahmen der Schwangerschaftsbetreuung erfolgt entsprechend der Mutterschafts-Richtlinien. Die schriftliche Dokumentation der sonographischen Früherkennungs-Untersuchung der Säuglingshüfte hat gemäß Anlage V zu erfolgen.
- (4) Aus der Bilddokumentation müssen mindestens hervorgehen:
 1. Die Inhalte nach Anlage III Nummer 6
 2. bei Normalbefund: Darstellung von einer oder mehreren geeigneten Schnittebenen zur Belegung des Normalbefunds im Sinne der Fragestellung (nur bei B-Modus)
 3. bei pathologischem Befund: Darstellung in 2 Schnittebenen oder – wenn dies nicht möglich ist – in einer Schnittebene (nur bei B-Modus)

§ 11 Überprüfung der ärztlichen Dokumentation

- (1) Die Überprüfung richtet sich auf die Vollständigkeit und Nachvollziehbarkeit der ärztlichen Dokumentation nach § 10 Abs. 2 bis 4.
- (2) a) Die Kassenärztliche Vereinigung fordert jährlich von mindestens 6 Prozent der Ärzte, denen eine Genehmigung erteilt worden ist, die Dokumentationen zu 5 abgerechneten Ultraschalluntersuchungen an (Stichprobenprüfung). Die Auswahl

der Dokumentationen erfolgt nach dem Zufallsprinzip durch die Kassenärztliche Vereinigung unter Angabe des Patientennamens und des Untersuchungsdatums. Die KV kann zusätzlich anlassbezogene Stichprobenprüfungen durchführen.

- b) Die Partner des Bundesmantelvertrags können Vorgaben für eine schwerpunktmäßige Überprüfung spezifischer Bereiche nach Buchstabe a) für die Dauer von mindestens zwei Jahren treffen. Die Schwerpunkte werden den Kassenärztlichen Vereinigungen mit ausreichendem Vorlauf von mindestens 6 Monaten genannt. Die Vorgaben umfassen bis zu 3 % der Genehmigungsinhaber und können auf den gesamten Prüfumfang gemäß Buchstabe a) angerechnet werden. Erfolgen keine Vorgaben der Partner des Bundesmantelvertrags, so bezieht sich die Überprüfung auf alle Ärzte gemäß Buchstabe a), denen eine Genehmigung gemäß dieser Vereinbarung erteilt wurde.
- (3) Jede der eingereichten Dokumentationen ist daraufhin zu beurteilen, ob die nach § 10 Abs. 2 bis 4 geforderten Angaben vollständig und nachvollziehbar sind, und wird auf der Grundlage des Bewertungsschemas der KBV nach den Richtlinien der KBV für Verfahren zur Qualitätssicherung nach § 75 Abs. 7 SGB V von der Qualitätssicherungs-Kommission einzeln anhand folgender Beurteilungskategorien eingestuft:
- a. keine Beanstandung
 - b. geringe Beanstandung
 - c. erhebliche Beanstandung
 - d. schwerwiegende Beanstandung

Auf der Grundlage der Einzelbewertungen wird eine Gesamtbewertung aller von einem Arzt eingereichten Dokumentationen durch die Kommission vorgenommen.

- (4) Das Ergebnis der Überprüfung der ärztlichen Dokumentation wird dem Arzt durch die Kassenärztliche Vereinigung innerhalb von 4 Wochen mitgeteilt.
- a. keine Beanstandung:
Es erfolgt eine Bestätigung, dass die geprüften Leistungen den Qualitätsanforderungen entsprechen.
 - b. geringe Beanstandung:
Es erfolgt eine schriftliche Mitteilung über festgestellte Mängel und Aufforderung, diese Mängel zukünftig zu vermeiden, gegebenenfalls in Verbindung mit der Auflage für ein Beratungsgespräch oder eine Fortbildungsmaßnahme.
 - c. erhebliche Beanstandung:
 - Es erfolgt eine schriftliche Mitteilung über festgestellte Mängel und Aufforderung, diese Mängel zukünftig zu vermeiden, gegebenenfalls in Verbindung mit der Auflage für ein Beratungsgespräch oder eine Fortbildungsmaßnahme.

Anlage I: Anforderungen an die fachliche Befähigung nach § 4, § 5 und § 6

Anwendungsbereich		Anforderungen nach § 4	Anforderungen nach § 5 und § 6
		<u>Bei Nachweis der Qualifikation im B-Modus-Verfahren eines anderen Anwendungsbereichs:</u> 150 B-Modus-Sonographien der weiblichen Genitalorgane (einschl. Endosonographie)	<u>Bei Nachweis der Qualifikation im B-Modus-Verfahren eines anderen Anwendungsbereichs:</u> 200 B-Modus-Sonographien der weiblichen Genitalorgane (einschl. Endosonographie) während einer 3-monatigen ständigen oder 18-monatigen begleitenden Tätigkeit
9. Schwangerschaftsdiagnostik			
AB 9.1	Geburtshilfliche Basisdiagnostik, B-Modus	300 B-Modus-Sonographien der utero-plazento-fetalen Einheit <u>Bei Nachweis der Qualifikation im B-Modus-Verfahren eines anderen Anwendungsbereichs:</u> 200 B-Modus-Sonographien der utero-plazento-fetalen Einheit	300 B-Modus-Sonographien der utero-plazento-fetalen Einheit
AB 9.1a	Systematische Untersuchung der fetalen Morphologie	Anforderungen nach AB 9.1 und Nachweis einer erfolgreichen Prüfung gemäß Anlage VI	Anforderungen nach AB 9.1 und Nachweis einer erfolgreichen Prüfung gemäß Anlage VI
AB 9.2	Weiterführende Differentialdiagnostik des Feten, B-Modus	Anforderungen nach AB 9.1 200 weiterführende differentialdiagnostische B-Modus-Sonographien bei Verdacht auf Entwicklungsstörungen oder fetale Erkrankungen oder erhöhtes Risiko, davon 30 Fehlbildungen oder Entwicklungsstörungen	Anforderungen nach AB 9.1 200 weiterführende differentialdiagnostische B-Modus-Sonographien bei Verdacht auf Entwicklungsstörungen oder fetale Erkrankungen oder erhöhtes Risiko, davon 30 Fehlbildungen oder Entwicklungsstörungen
10. Bewegungsapparat			
AB 10.1 ²	Bewegungsapparat (ohne Säuglingshüfte), B-Modus	200 B-Modus-Sonographien des Bewegungsapparats	400 B-Modus-Sonographien des Bewegungsapparats <u>Bei Nachweis der Qualifikation im B-Modus-Verfahren eines anderen Anwendungsbereichs:</u> 200 B-Modus-Sonographien des Bewegungsapparats während einer 3-monatigen ständigen oder 18-monatigen begleitenden Tätigkeit
AB 10.2	Säuglingshüfte, B-Modus	200 B-Modus-Sonographien der Säuglingshüfte	200 B-Modus-Sonographien der Säuglingshüfte
11. Venen			
AB 11.1	Venen der Extremitäten (B-Modus)	200 B-Modus-Sonographien der Venen der Extremitäten <u>Bei Nachweis der Qualifikation im B-Modus-Verfahren eines anderen Anwendungsbereichs:</u> 100 B-Modus-Sonographien der Venen der Extremitäten Bei Erfüllung der Voraussetzungen nach AB 20.8 oder AB 20.9 gilt die fachliche Befähigung für die Venen der Extremitäten mit dem B-Modus-Verfahren als nachgewiesen.	200 B-Modus-Sonographien der Venen der Extremitäten <u>Bei Nachweis der Qualifikation im B-Modus-Verfahren eines anderen Anwendungsbereichs:</u> 100 B-Modus-Sonographien der Venen der Extremitäten während einer 3-monatigen ständigen oder 18-monatigen begleitenden Tätigkeit Bei Erfüllung der Voraussetzungen nach AB 20.8 oder AB 20.9 gilt die fachliche Befähigung für die Venen der Extremitäten mit dem B-Modus-Verfahren als nachgewiesen.
12. Haut und Subcutis			
AB 12.1	Haut, B-Modus	100 B-Modus-Sonographien der Haut	200 B-Modus-Sonographien der Haut

Anlage I: Anforderungen an die fachliche Befähigung nach § 4, § 5 und § 6

Anwendungsbereich		Anforderungen nach § 4	Anforderungen nach § 5 und § 6
AB 12.2	Subcutis und subkutane Lymphknoten, B-Modus	150 B-Modus-Sonographien der Haut und/oder Subcutis	150 B-Modus-Sonographien der Haut und/oder Subcutis

Anlage II: Anforderungen an die fachliche Befähigung nach § 6 (Ultraschallkurse)

	Grundkurs		Aufbaukurs	Abschlusskurs
	Unterrichts- stunden	an mindes- tens aufei- nander fol- genden Ta- gen	Unterrichtsstunden	Unterrichtsstunden
5 / 7 Thorax (ohne Herz) / Abdomen und Retroperitoneum (einschl. Nieren)				
AB 5.1 / 5.2 / 7.1 / 7.2 / 7.3 (Jugendliche, Erwachsene)	24	3	24	16
AB 5.1 / 5.2 / 7.2 / 7.3 / 7.4 (Neugeborene, Säuglinge, Kleinkinder, Kinder, Jugendliche)	24	3	24	16
6 Brustdrüse				
AB 6.1 Brustdrüse	16	2	16	12
8 Uro-Genitalorgane				
AB 8.1 / 8.2 Uro-Genitalorgane	24	3	24	16
AB 8.3 Weibliche Genitalorgane	24	3	24	16
9 Schwangerschaftsdiagnostik				
AB 9.1 Geburtshilfliche Basisdiagnostik	24	3	24	16
AB 9.2 Weiterführende Differentialdiagnostik des Feten	24	3	24	16
10 Bewegungsapparat				
AB 10.1 Bewegungsapparat (ohne Säuglingshüfte)	24	3	24	16
AB 10.2 Säuglingshüfte	16	2	16	12
11 Venen				
AB 11.1 Venen der Extremitäten, einschl. CW-Doppler, Duplex	s. Gefäßdiagnostik		18	12
12 Haut und Subcutis				
AB 12.1 / 12.2 Haut und Subcutis (einschl. subkutaner Lymphknoten)	16	2	16	8

Hinweis: Bei Grund- und Aufbaukursen können 3- und 4-Tageskurse in 2 Blöcke aufgeteilt werden. Abschlusskurse können als zusammenhängender Kurs oder in einzelnen Modulen durchgeführt werden

Anlage III: Anforderungen an die apparative Ausstattung nach § 9 - Bildgebende Verfahren (A-, B-, M-Modus)

AK 11.1 Venen der Extremitäten

Gebührenordnungsposition		33076
Organ bzw. Körperregion		Venen einer Extremität
Arbeitsmodus		B-Modus
Zugang		-
Altersgruppe		-
Nr.	Kriterium	Anforderung
1.	Schallkopf	Linear-Array u/o Curved-Array mit Radius ≥ 20 mm
2.1	Sendefrequenz	$\geq 5,0$ MHz
2.2	Fokussierung	Sendeseitig elektronisch veränderbarer Fokusabstand und/oder empfangsseitig mitlaufende Fokussierung
3.1	Empfangsverstärkung	Einstellbare und/oder automatische Adaption der tiefenabhängigen Empfangsverstärkung (Tiefenausgleich)
3.2	Empfangsdynamik	Mindestens 60 dB
4.1	Bildfeld	Bildfeldtiefe ≥ 10 cm. Bildfeldbreite ≥ 3 cm in 1,5 cm Tiefe
4.2	Doppler-Messfeld	-
5.	Bildwiederholffrequenz	Mindestens 15 Bilder/s
6.	Bilddokumentation	Bilddokumentation auf einem digitalen oder analogen Medium entsprechend der Archivierungspflicht: B-Modus-Bild mit Entfernungsmaßstab, Sendefrequenz oder Sendefrequenzbereich, Patientenidentität, Untersuchungsdatum, Schallkopfbezeichnung, Praxisidentifikation, Piktogramm mit Schallkopfposition und -orientierung, ggf. gewählte Sendefokusposition, zur Befunderstellung notwendige Messwerte und Messmarker
7.	Bittiefe der Signal-darstellung	Mindestens 8 bit
8.	Bereich der Doppler-Frequenz-verschiebung	-
9.1	Technische Bildqualität: Organe/Körperregion	Längsschnitt einer großen Vene
9.2	Technische Bildqualität: Charakteristische Bildmerkmale	Differenzierung von - Venenwand - Lumen und Umgebung

AK 12.1 Haut einschließlich Subkutis

Gebührenordnungsposition		33080
Organ bzw. Körperregion		Haut
Arbeitsmodus		B-Modus
Zugang		-
Altersgruppe		-
Nr.	Kriterium	Anforderung
1.	Schallkopf	Spezieller Schallkopf
2.1	Sendefrequenz	$\geq 20,0$ MHz
2.2	Fokussierung	-
3.1	Empfangsverstärkung	Einstellbare und/oder automatische Adaption der tiefenabhängigen Empfangsverstärkung (Tiefenausgleich)
3.2	Empfangsdynamik	Mindestens 54 dB
4.1	Bildfeld	Bildfeldbreite $\geq 1,2$ cm
4.2	Doppler-Messfeld	-
5.	Bildwiederholffrequenz	-
6.	Bilddokumentation	Bilddokumentation auf einem digitalen oder analogen Medium entsprechend der Archivierungspflicht: B-Modus-Bild mit Entfernungsmaßstab, Sendefrequenz oder Sendefrequenzbereich, ggf. gewählte Sendefokusposition, Patientenidentität, Untersuchungsdatum, Schallkopfbezeichnung, Praxisidentifikation, Piktogramm mit Schallkopfposition und -orientierung, zur Befunderstellung notwendige Messwerte und Messmarker
7.	Bittiefe der Signal-darstellung	Mindestens 8 bit
8.	Bereich der Doppler-Frequenz-verschiebung	-
9.1	Technische Bildqualität: Organe/Körperregion	Darstellung der Kutis
9.2	Technische Bildqualität: Charakteristische Bildmerkmale	Differenzierung - der einzelnen Hautschichten und der Unterhautschicht, Wand- und Binnenstrukturen von Gefäßen - zwischen soliden Geweben und Flüssigkeiten

Anlage III: Anforderungen an die apparative Ausstattung nach § 9 - Bildgebende Verfahren (A-, B-, M-Modus)

AK 12.2 Haut (subkutanes Gewebe einschließlich Lymphknoten)

Gebührenordnungsposition		33080
Organ bzw. Körperregion		Subkutanes Gewebe einschließlich Lymphknoten
Arbeitsmodus		B-Modus
Zugang		-
Altersgruppe		-
Nr.	Kriterium	Anforderung
1.	Schallkopf	Linear-Array
2.1	Sendefrequenz	≥ 7,5 MHz
2.2	Fokussierung	Sendeseitig elektronisch veränderbarer Fokusabstand und/oder empfangsseitig mitlaufende Fokussierung
3.1	Empfangsverstärkung	Einstellbare und/oder automatische Adaption der tiefenabhängigen Empfangsverstärkung (Tiefenausgleich)
3.2	Empfangsdynamik	Mindestens 60 dB
4.1	Bildfeld	Bildfeldtiefe ≥ 4 cm. Bildfeldbreite ≥ 2,5 cm
4.2	Doppler-Messfeld	-
5.	Bildwiederholfrequenz	
6.	Bilddokumentation	Bilddokumentation auf einem digitalen oder analogen Medium entsprechend der Archivierungspflicht: B-Modus-Bild mit Entfernungsmaßstab, Sendefrequenz oder Sendefrequenzbereich, Patientenidentität, Untersuchungsdatum, Schallkopfbezeichnung, Praxisidentifikation, Piktogramm mit Schallkopfposition und -orientierung, ggf. gewählte Sendefokusposition, zur Befunderstellung notwendige Messwerte und Messmarker
7.	Bittiefe der Signaldarstellung	Mindestens 8 bit
8.	Bereich der Doppler-Frequenzverschiebung	-
9.1	Technische Bildqualität: Organe/Körperregion	Darstellung einer Leistenregion mit subkutanem Gewebe
9.2	Technische Bildqualität: Charakteristische Bildmerkmale	Differenzierung zwischen - Wand- und Binnenstrukturen von Gefäßen und ggf. Lymphknoten - soliden Geweben und Flüssigkeiten

Duplex, Duplex-Sonographie, Duplex-Scan

Allgemein ist die gleichzeitige Durchführung zweier Verfahren (z. B. B- und M-Modus) gemeint. Insbesondere meint man das Ultraschallverfahren, bei dem sowohl ein B-Bild als auch ein Doppler-Spektrum (PW-Doppler) gewonnen werden kann. Dabei wird auch das Dopplerspektrum dargestellt.

Echokardiographie, Ultraschallkardiographie

Untersuchung des Herzens mit Ultraschall (B-Modus, M-Modus, Doppler-Verfahren).

Einzelelementschwinger

Schallkopf mit nur einem Wandlerelement.

Empfangsdynamik

Verhältnis zwischen dem größten und kleinsten noch verwertbaren Ultraschallsignal. Maßeinheit ist dB.

Empfangsseitig mitlaufende Fokussierung

Verfahren zur Erzielung einer über die gesamten Darstellungstiefe gleichförmigen Ortsauflösung, unabhängig von Form und Fokussierung der Sendeeulen. Hierzu wird der sehr kleine Zeit- bzw. Phasenversatz erfasst, mit dem ein Echo an den einzelnen, nebeneinanderliegenden Wandlerelementen eintrifft. Aus diesen zeitlichen Unterschieden errechnet ein Algorithmus ortskorrekt die genaue Herkunft eines Echos. Da die einzelnen Echos in Abhängigkeit von ihrer Herkunftstiefe nacheinander eintreffen, muss die Berechnung in schneller Abfolge fortlaufend aktualisiert werden, also „mitlaufen“.

Empfangsverstärkung

Elektronische Verstärkung der empfangenen Echosignale.

Farbduplex, Farbkodierte Duplexsonographie, Color Flow Mapping

B-Modus und gleichzeitige Messung von Bewegung (Geschwindigkeit, Bewegungsrichtung) auf der Basis einer PW-Messung. Die Information über die Bewegung wird dem Grauwertbild farbig überlagert. Wird die Bewegung erfasst, so wird an dieser Stelle nur der Farb- und nicht der Grauwert dargestellt.

Farbcodierte Untersuchung, Farbdoppler

Farbcodierte 2-D-Darstellung der Dopplerinformation. Die Frequenzanteile werden dabei nicht in Grauwerten, sondern in verschiedenen Farben dargestellt.

Fokusabstand

Abstand Schallkopfoberfläche – Fokusebene in der Ausbreitungsrichtung des Schalls.

Frequenzspektrumanalyse, Frequenzanalyse, Spektralanalyse

Zerlegung der (Doppler-) Signale in ihre einzelnen Frequenzkomponenten mit den dazugehörigen Amplituden. Darstellung als Spektrum (Kurvenzug).

Harmonic Imaging

Auswertung der Doppler-Frequenzverschiebungen mit einer Oberwelle der Sendefrequenz.

Lateralauflösung

Ortsauflösung in der Richtung senkrecht zur Abstrahlrichtung des Schalls und in der Bildebene.

Linear-Array, Linear-Array-Schallkopf

Schallkopf mit einer geraden Anordnung nebeneinander liegender Wandlerelemente. Das Bildfeld ist rechteckig oder trapezförmig.

Messmarker, Marker, Cursor

Zeichen im Bild, das für Messzwecke oder als Zeiger verwandt werden kann.

M-Modus

Darstellung von Gewebestrukturen an einem bestimmten Ort als Funktion der Zeit. Die Helligkeiten der einzelnen Bildpunkte in der Grauwertdarstellung entsprechen den Amplituden der Ultraschallechos an diesem Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt. Damit lassen sich die örtlichen Veränderungen echogener Strukturen über der Zeit gut darstellen.

M-Modus-Linie

Wählbare Linie im B-Bild, die für die M-Modus-Darstellung benutzt wird.

Nulllinie, Baseline

Linie bei der Doppler-Darstellung, die dem unverschobenen Signal entspricht. Diese Linie wird auch als Zeitachse verwendet.

Pachymetrie

Laufzeitbasierte Messung der Hornhautdicke.

PW-Doppler, Pulsed-Wave Doppler, Puls-Doppler-Verfahren

Verfahren zur Messung der Frequenz- (Phasen-) Verschiebungen bzw. Wellenlängenänderungen eines Ultraschallpulses. Mit diesem Verfahren kann ein Doppler-Signal von einem definierten Ort gewonnen werden.

Radialsonde

s. Einzelelementschwinger

Schallkopf

Teil eines Ultraschallsystems, von dem der Schall emittiert und die Echos empfangen werden. An den einzelnen Wandlerelementen im Schallkopf erfolgt eine Umwandlung der elektrischen Signale in akustische (Druck-)Signale und umgekehrt.

Sektor-Phased-Array, Sektor-Array, Sektor-Array-Schallkopf, Phased-Array

Schallkopf mit einer geraden Anordnung nebeneinander liegender Wandlerelemente. Das Bildfeld ist sektorförmig. Die Schallpulse werden durch die zeitlich unterschiedliche Ansteuerung der einzelnen Wandlerelemente in der Bildebene geschwenkt.

Sektorschallkopf

Oberbegriff für Schallköpfe mit einem sektorförmigen Bildfeld. Unterschieden werden elektronische Sektor-Schallköpfe (Curved-Array mit einem Radius ≤ 20 mm, Sektor-Phased-Array) und mechanisch scannende Sektor-Schallköpfe.

Sendefrequenz

Arithmetisches Mittel, der am weitesten auseinanderliegenden Frequenzen f_1 und f_2 (Grenzfrequenzen), bei denen das Amplitudenspektrum des akustischen Sendepulses erstmals 3 dB niedriger ist als der Spitzenwert.

Sendeseitige Fokussierung

Die einzelnen Wandlerelemente einer zur Erzeugung einer Ultraschalllinie gewählten Gruppe von Wandlerelementen werden zeitversetzt erregt. Durch Variation der zeitlichen Verzögerung kann sendeseitig der vorgewählte Fokusabstand verändert werden.

Signaldarstellung

Darstellung der Echosignale auf dem Bildwiedergabegerät (Monitor) mit bestimmter Bittiefe.

Stützstellen

Ein Begriff aus der numerischen Mathematik, der die Abtastpunkte von Funktionen bezeichnet, die für weitere Rechnungen verwendet werden. Je größer die Zahl der Stützstellen in einem bestimmten Bereich, desto genauer lässt sich die Funktion rekonstruieren.

TEE-Schallkopf (Transesophageal echocardiography)

Spezieller Schallkopf zur transoesophagealen Untersuchung des Herzens.

Tiefenausgleich, TGC (Time Gain Compensation), DGC (Depth Gain Compensation)

Bildtiefenabhängige Empfangsverstärkung. Durch den Tiefenausgleich kompensiert man die Schwächung des Ultraschalls während der Ausbreitung und erreicht eine gleichmäßige Darstellung der Strukturen, unabhängig von ihrer Lokalisation (Tiefe).

Wandfilter, Hochpassfilter

Einstellbarer Frequenzfilter, der Dopplerfrequenzen oberhalb einer bestimmten Grenzfrequenz durchlässt. Er dient der Eliminierung niederfrequenter Störungen, wie z. B. der durch die Gefäßwandbewegung verursachten Frequenzverschiebungen im Doppler-Signal.

Wandlerelement

Basiseinheit im Schallkopf, die bei mechanischer Deformierung (Auftreffen von Schallwellen auf den Schallkopf) die mechanische Energie in elektrische Energie und umgekehrt elektrische Energie in mechanische Energie (Aussenden von Schallwellen) umwandelt (z.B. unter Ausnutzung des Piezo-Effekts).