

Nephrologe 2021 · 16:189–199
<https://doi.org/10.1007/s11560-021-00499-x>
Angenommen: 10. März 2021
Online publiziert: 26. April 2021
© Springer Medizin Verlag GmbH, ein Teil von
Springer Nature 2021

Wissenschaftliche Leitung

C. Erley, Berlin
M. Haubitz, Fulda
U. Heemann, München
J. Hoyer, Marburg



CME

Zertifizierte Fortbildung

Klinischer Ultraschall in der Nephrologie

Konrad Friedrich Stock

Abteilung für Nephrologie, Nephrologischer Ultraschall, Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität, München, Deutschland

Zusammenfassung

Richtig eingesetzt, hilft die moderne Ultraschalldiagnostik dem Nephrologen gerade in Notfallsituationen auf der Station, in der Dialyse und in der Notaufnahme dabei, rasch die richtige Diagnose zu stellen bzw. als diagnostischer Weichensteller zeitsparend die korrekten nächsten diagnostischen und therapeutischen Schritte einzuleiten. Neben der konventionellen B-Bild-/Grauwertsonographie und der Dopplersonographie haben neue Ultraschallköpfe mit höherer Ortsauflösung (Hochfrequenzsonographie) und v. a. die Kontrastmittelsonographie die technischen Möglichkeiten deutlich erweitert und helfen Nephrologen und Internisten, insbesondere an den Nieren diagnostisch-klinische Fragestellungen zu beantworten, die bislang nur mittels kontrastverstärkter Computertomographie oder Magnetresonanztomographie geklärt werden konnten. Dies erlaubt dem Nierenarzt im Jahr 2021, die Klinik, die Bildgebung und sein pathophysiologisches Wissen in idealer Weise zeitsparend zum Nutzen des Patienten zusammenführen zu können.

Schlüsselwörter

Niere · Diagnostische Bildgebung · Ableitende Harnwege · Flankenschmerz · Pyelonephritis

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 Absolvieren dieser Fortbildungseinheit ...

- sind Sie mit den technischen Modalitäten und den spezifischen Einsatzgebieten moderner Ultraschalldiagnostik vertraut.
- haben Sie den nephrologischen Basisuntersuchungsgang repetiert.
- kennen Sie die Möglichkeiten und Grenzen der Ultraschalldiagnostik zur Beantwortung von typischen, symptomorientierten, nephrologischen Fragestellungen bei Flankenschmerzen durch entzündliche Nierenerkrankungen.
- sind Sie informiert über die praktische Durchführung der Ultraschalldiagnostik bei arterieller Hypertonie.
- haben Sie praxisrelevantes Wissen zur Abklärung unklarer Nierenläsionen an der Hand.

Einleitung

Die klinische Ultraschalldiagnostik ist für den Nephrologen unerlässlich. Gerade beim akuten Nierenversagen ist die sehr zeitnahe Ultraschalldiagnostik zum Ausschluss einer postrenalen Ursache allein schon für den weiteren Weg des Patienten zwischen den verschiedenen Krankenhausabteilungen Pflicht. Da man einen Harnstau weder auskultieren noch palpieren kann, gehört das „Ultraschallsstethoskop“ einfach dazu; ähnlich wie in der Kardiologie, wo immer mehr Kollegen ein **Taschenultraschallgerät** als ständigen Begleiter neben dem „regulären“ Stethoskop auf dem Visitenwagen verfügbar haben, um schnell mittels einer „Sonoskopie“ wichtige zusätzliche Informationen zu Anamnese und körperlicher Untersuchung zu erlangen ([1, 2, 3]; **Abb. 1**). Gerade in Notfallsituationen hilft die Ultraschalldiagnostik nicht nur im nephrologischen, sondern auch im – durch den Nephrologen inkludierten – internistischen Bereich dabei, schnell wichtige Zusatzinformationen zu erhalten, die mitunter therapieentscheidend sein können [4, 5].

Für die differenziertere Betrachtung nephrologischer Krankheitsbilder ist jedoch die **Dopplersonographie** unerlässlich, hierzu und insbesondere zur Berechnung von Dopplerindizes sind die einfachen Taschenultraschallgeräte – bedingt durch Einfachheit und Preis – meist nicht geeignet und größere Ultraschallgeräte nötig, wie sie etwa in einem nephrologischen Ultraschalllabor mit geschultem ärztlichen Personal und standardisierten Untersuchungsprotokollen vorgehalten werden [6].

Vor dem Griff zum Schallkopf sollte sich der behandelnde Arzt genau über die klinische Fragestellung klar sein, die er mit Ultraschalldiagnostik beantworten möchte. Je exakter diese gestellt wird, desto hilfreicher wird das Ergebnis der Ultraschalluntersuchung sein. Idealerweise sollten die Anamnese und weitere klinische Parameter (u. a. Vorbildgebung) bereits bei Untersuchungsbeginn bekannt sein, auch um dann die korrekten Ultraschallmodalitäten auswählen zu können, mit denen die spezifische klinische Fragestellung überhaupt erst beantwortet werden kann [7].

► Merke

Je genauer die klinische Fragestellung, desto hilfreicher ist das Ergebnis der Ultraschalluntersuchung.

Technische Aspekte der Ultraschalldiagnostik

Mit zunehmendem technischen Fortschritt haben sich auch die Möglichkeiten des diagnostischen Ultraschalls rasch weiterentwickelt. Während zu Beginn der 1990er-Jahre die **B-Bild-Sonographie** der Standard der Ultraschallbildgebung war, ist sie das 2021 zwar immer noch, jedoch zeigen die elektronischen Möglichkeiten der Bildverbesserung die anatomischen Strukturen mit einer deutlich höheren Auflösung als früher. Mitte der 1990er-Jahre kamen dann die Dopplerverfahren dazu, die heutzutage mit weiterentwickelten Farbdopplerverfahren immer sensitiver sogar kleinere Gefäße darstellen können. Im **pw („pulsed wave“)-Doppler** lassen sich dann das Doppler-Spektrum der Gefäße ableiten und gängige Dopplerindizes, wie etwa der altersabhängige **Resistance-Index** ($= RI\text{-Wert} = (V_{\max\text{Systole}} - V_{\max\text{Diastole}}) / V_{\max\text{Systole}}$), berechnen.

Clinical ultrasound in nephrology

When used correctly, modern ultrasound diagnostics are helpful for the nephrologist especially in emergency situations on the ward, in dialysis and in the emergency admission to quickly make the correct diagnosis or as a diagnostic gatekeeper to initiate the correct next diagnostic and therapeutic steps in a time-saving manner. In addition to conventional B-mode/gray scale sonography and Doppler sonography, new ultrasound transducers with higher spatial resolution and above all contrast agent sonography have significantly expanded the technical possibilities and help nephrologists and internists to answer diagnostic and clinical questions. This particularly applies to the kidneys, which up to now could only be clarified by means of contrast-enhanced computed tomography or magnetic resonance imaging. This will allow the nephrologist in 2021 to amalgamate the clinical symptoms, imaging results and pathophysiological knowledge in an ideal, time-saving manner for the benefit of the patient.

Keywords

Kidney · Diagnostic imaging · Urinary tract · Flank pain · Pyelonephritis

Seit den 2000er-Jahren hielt dann die kontrastverstärkte Sonographie (KM[Kontrastmittel]-Sono; „**contrast-enhanced ultrasound**“, **CEUS**) unter Verwendung von Schwefelhexafluorid(SF₆)-Gasbläschen an Ultraschallgeräten mit speziellen Modi mit niedriger Ultraschallenergie (niedriger MI[**mechanischer Index**]-Wert) Einzug in die klinische Diagnostik. Erstmals konnte so die Mikroperfusion in den gefäßreichen Nieren in Echtzeit dargestellt werden, auch ohne Belastung durch Jod oder potenziell nephrotoxische KM und auch durch speziell weitergebildete Internisten sowie sogar bettseitig und in Echtzeit am Patienten.

Abb. 2 zeigt eine Übersicht der aktuellen Ultraschallmodalitäten in den sog. High-end-Ultraschallgeräten, also Ultraschallgeräten der leistungsmäßigen Oberklasse in Vollausstattung.

Trotz aller technischen Verbesserungen stellen als patienten-seitige Faktoren v. a. eine deutliche Adipositas (**Body-Mass-Index** [BMI] > 35) oder auch starker Meteorismus mitunter Limitationen der Methode dar, die nur mit Übung in der Methode der Sonographie, Umlagern, Atemkommandos und vorsichtigem Druck mit dem Schallkopf (in einfühlsamer Rücksprache mit dem Patienten!) meist sehr erfolgreich überwunden werden können. Der Umgang mit diesen schwierigen Schallbedingungen sollte unter erfahrener Supervision mit standardisierter Befunderhebung und -dokumentation erlernt und geübt werden. Die Ultraschallmethoden können sonst oft nicht adäquat erfolgreich und effektiv eingesetzt werden, was dann lokal zu einem schlechten Ruf der Methode im klinischen Alltag führen kann und eine exzessive Anwendung alternativer bildgebender Verfahren nach sich zieht.

Als Neuerungen der nächsten Jahre sind weitere Verbesserungen der Dopplermethoden aller Hersteller, genauere 3-D(dreidimensionale)-Darstellung mit technisch neuen Aufnahmeverfahren, verbesserte Auflösung und Eindringtiefe der Ultraschallköpfe sowie die vermehrte Entwicklung von kabelfreien Schallköpfen zu erwarten. Ferner wird gerade auch an einer vereinfachten Übertragung von Ultraschalldaten in klinische Befunde und am Einsatz von **künstlicher Intelligenz**, besonders zur Unterstützung bei der Auswertung von Ultraschalldaten, gearbeitet.



Abb. 1 ◀ a Die schnelle Erfassung eines Harnstaus (Ultraschallbild sichtbar in b) kann mit Taschenultraschallgeräten erfolgen, die zudem – gerade in COVID-19-Zeiten interessant – leicht zu desinfizieren sind. b Mit einem High-end-Gerät kann der Ureterabgang dargestellt und der Ureter im Verlauf verfolgt werden; Voraussetzung hierfür ist meist eine ausreichende Hydrierung des Patienten. (Mit freundlicher Genehmigung © PD Dr. Konrad Stock, Klinikum rechts der Isar der TUM)



Abb. 2 ▲ Der „Ultraschallwerkzeugkasten 2021“: Die ultraschallbasierte Elastographie, der 3-D(dreidimensionaler)-Ultraschall (US) und die ultraschallnavigierte Fusionsbildgebung mit CT(Computertomographie)/MRT (Magnetresonanztomographie) werden an der Niere aktuell noch ausführlicher beforscht, während die B-Bild-Sonographie, Dopplerverfahren, neue Möglichkeiten zur Gefäßdarstellung und vermehrt auch die Kontrastmittelsonographie („contrast-enhanced ultrasound“, CEUS) bereits in vielen Kliniken und Praxen täglich in der Nephrologie zum Einsatz kommen. Die Wahl der jeweiligen Ultraschallmodalitäten hängt dabei ganz entscheidend von der klinischen Fragestellung ab. pw „pulsed wave“. (Mit freundlicher Genehmigung © PD Dr. Konrad Stock, Klinikum rechts der Isar der TUM)

► **Merke**

Erst die Verwendung von Dopplerverfahren erlaubt die Beurteilung der Vaskularisation der Nieren, technisch in immer besserer Qualität. Nur die Kontrastmittelsonographie zeigt die Mikroperfusion kleiner Nierengefäße in Echtzeit.

Nephrologische Basisdiagnostik

Die Beurteilung der Nieren- und ableitenden Harnwege sollte – unabhängig vom Ausbildungsstand des Untersuchers – stets strukturiert erfolgen und im Anschluss idealerweise unter Registrierung der wichtigsten Bildbefunde mit eventuellen Pathologien standardisiert dokumentiert werden ([8, 9]; siehe **Abb. 3**).

Grundsätzlich sollte eine immer verfügbare Basissonographie z.B. mit einem einfacheren (Taschen-)Ultraschallgerät oder einem mobilen Mittelklassegerät in der Notaufnahme, gerade durch dienstjüngere Kollegen, von einer fachärztlichen Sonographie am

hochqualitativen Standgerät mit sämtlichen Ultraschallmodalitäten unterschieden werden. Bei Diagnoseproblemen oder bei einer vermuteten Pathologie in der Basissonographie sollte idealerweise zeitnah diese zweite, fach- bzw. oberärztliche Sonographie am technisch hochwertigeren Ultraschallgerät veranlasst werden, um die optimale und korrekte Ultraschalldiagnostik für den Patienten zu gewährleisten [10, 11]. Dies hilft mitunter, überflüssige kontrastverstärkte Großbildgebung zu vermeiden und diese dann gezielter bei Vorliegen tatsächlicher Pathologien einzusetzen.

Bei der Ultraschalluntersuchung ist der Nephrologe nahe am Patienten, daher gilt es, mit allen Sinnen zu schallen und gerade in der Notaufnahme olfaktorische Informationen (Alkohol, Rauch, Urämie) zu beachten sowie zusätzliche Informationen über Schmerzen im Rahmen der Sonopalpation des Patienten aufmerksam zu registrieren („DAWOS[da, wo's wehtut]-Sonographie“). Weiterhin sind – insbesondere in COVID-19 („coronavirus disease

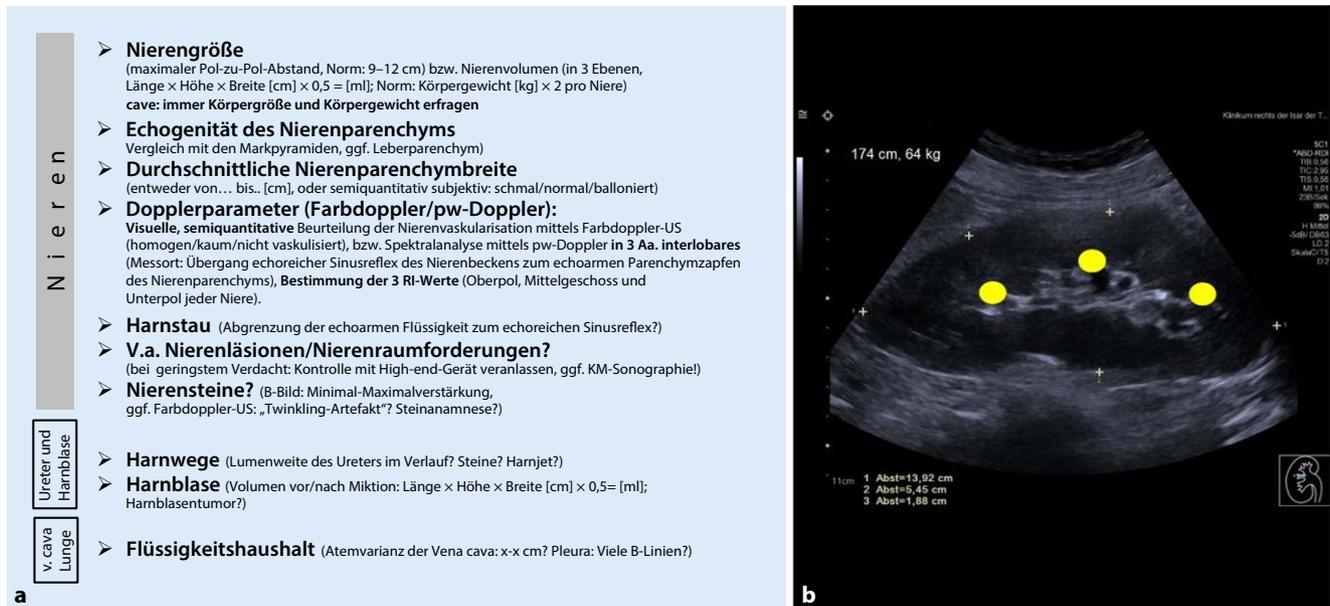


Abb. 3 **a** Basisuntersuchungsgang für nephrologische Konsile zur Beurteilung von Nieren, ableitenden Harnwegen, Harnblase und Flüssigkeitshaushalt (z. B. fehlende V.-cava-Modulation, insbesondere bei einem Durchmesser > 2 cm, und hohe Anzahl an B-Linien als Zeichen der Überwässerung): Zur gezielten Abklärung bei hier vermuteten Pathologien kann eine zweite Ultraschall(US)-Untersuchung am High-end-Ultraschallgerät mit zusätzlichen Modalitäten, wie etwa der Kontrastmittelsonographie, notwendig werden. **b** Ort für die Ableitung der Arteriae interlobares im pw („pulsed wave“)-Doppler-Ultraschall am Nierenbecken-Parenchymzapfen-Übergang (gelber Kreis; RI Resistance-Index). (Mit freundlicher Genehmigung © PD Dr. Konrad Stock, Klinikum rechts der Isar der TUM)

2019“)-Zeiten – unbedingt die jeweiligen **Hygienemaßnahmen** beim entsprechenden Patienten einzuhalten.

► Merke

Die Ultraschalluntersuchung von Nieren und ableitenden Harnwegen soll strukturiert erfolgen und dokumentiert werden, dies vermeidet Fehler und sichert die Qualität. Stets Symptome bei der Sonopalpation und Vordiagnosen beachten und die verwendeten Ultraschallmodalitäten danach auswählen!

Symptomorientierte Fragestellungen beim nephrologischen Ultraschall

Anders als beim Screeningultraschall (mit einer meist ungenauen Fragestellung und knapper Untersuchungszeit, resultierend in einer insgesamt oft schlechten Aussagekraft der Methode) wird beim klinischen Ultraschall die Ultraschalldiagnostik gezielt zur Abklärung spezifischer klinischer Fragestellungen eingesetzt. Die Fragestellung wird zum Teil während der Untersuchung präzisiert bzw. erweitert (Konzept der „DAWOS-Sonographie“), und neben dem B-Bild werden dann – je nach klinischer Frage – die entsprechenden Ultraschallmodalitäten wie Farbdoppler- und KM-Sonographie zur Klärung des Problems gezielt eingesetzt. Wichtig ist es hierbei, die physikalischen Grenzen der Modalitäten zu beachten: Korrekt eingestellter Farbdopplerultraschall (winkelabhängig!) kann meist nur große Nierengefäße, die KM-Sonographie hingegen die **Mikroperfusion** darstellen, was bei der Diagnostik von Niereninfarkten oder der Perfusionsanalyse komplizierter Nierenläsionen beachtet werden muss, um nicht falsche Aussagen zu treffen. In der Folge sollen beispielhaft einzelne symptomorien-

tierte Fragestellungen beim nephrologischen Ultraschall erläutert werden.

Ultraschall bei Flankenschmerzen

Zur Differenzialdiagnose des Flankenschmerzes sind unter anderem das Patientenalter, die Anamnese (u. a. Art des Flankenschmerzes: Kolik/Dauerschmerz; ferner: Trauma? Z. n. Nierenpunktion? Bekanntes Nierensteinleiden? Vorhofflimmern?) und die gezielte Labor-/Urindiagnostik entscheidend.

Azendierende Harnwegsinfekte können gerade bei jüngeren Frauen und Schwangeren zu Entzündungen im Nierenbecken bis hin zur Ausbildung von Abszessen führen. Die sonographische Diagnostik ist hier – gerade aufgrund fehlender ionisierender Strahlung – die Diagnostik der Wahl, gerade auch für klinisch begleitende Verlaufskontrollen [12]. Bei infektiös-entzündlichen Nierenerkrankungen zeigt sich im Ultraschall ein stadienabhängiges Bild. In der entzündlichen Frühphase einer **Pyelonephritis** stellt sich oft ein balloniertes, deutlich verbreitertes Nierenparenchym mit Schmerzen bei der Sonopalpation dar, die Niere imponiert zudem oft vergrößert und präsentiert nicht selten einen feinen Flüssigkeitssaum in der Nierenkapsel („**renal sweating**“). Im B-Bild lassen sich oft ein oder mehrere echoärmere Areale im Bereich der Entzündung nachweisen; hier ist insbesondere der Einsatz von höherfrequenten Sonden (Linearsonden > 9 MHz) sinnvoll (**Abb. 4**).

In der farbkodierten Dopplersonographie zeigen sich in einem größeren, affektierten Kortextbereich meist keine Gefäße. In der KM-Sonographie präsentiert der entzündete Kortextbereich in der Frühphase durch Ödem und mutmaßlich Verschlüsse/Kompression kleiner Gefäße in diesem Bereich eine gering schwächere Anflu-

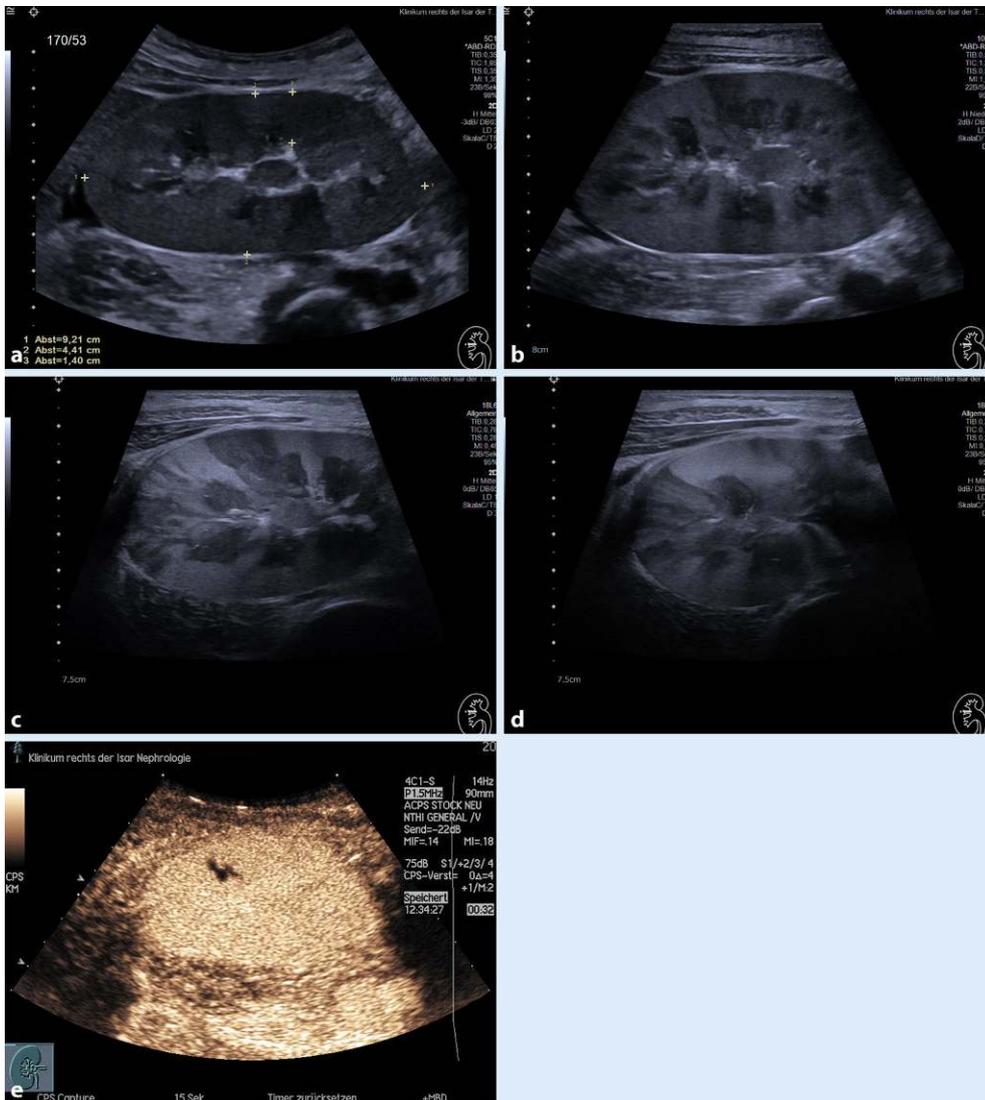


Abb. 4 ◀ Aszendierender Harnwegsinfekt (mikrobiologisch *E. coli*) bei einer 30-jährigen Patientin: **a** Das B-Bild zeigt ein balloniertes und inhomogenes Nierenparenchym. **b,c,d** Erst durch den Einsatz höherfrequenter Ultraschallsonden (Linearschallköpfe mit 4–9 MHz bzw. 6–18 MHz) können die echoarm imponierenden, entzündlichen Areale im Nierenparenchym detailliert neben den ebenfalls echoärmeren, regelrechten Markpyramiden abgegrenzt werden; es bildet sich hierbei ferner eine Vielzahl an kleineren echoarmen Arealen im Nierenparenchym ab, weiteren kleineren Entzündungsherden entsprechend. **e** Erst nach der Applikation von Ultraschallkontrastmittel demarkiert sich ein kleines, polygonales, avaskuläres Areal im Nierenparenchym auf Höhe des Mittelgeschosses bereits in der Frühphase der Untersuchung, vereinbar mit einem kleinen Abszess; dieser wurde aufgrund der Größe lediglich antibiotisch erfolgreich behandelt. (Mit freundlicher Genehmigung © PD Dr. Konrad Stock, Klinikum rechts der Isar der TUM)

tion und in der Spätphase ein deutliches Auswaschphänomen, mutmaßlich durch Shunts. Dies kann mitunter die Unterscheidung vom **Nierentumor** schwierig machen, weshalb hier die Klinik entscheidend ist und großzügig eine sonographische Verlaufskontrolle erfolgen sollte, wobei die Veränderungen oft über Wochen persistieren können und bei der Beurteilung unbedingt der Verlauf der Läsion berücksichtigt werden muss.

Sollte sich die Pyelonephritis im weiteren Verlauf zu einer abszedierenden Pyelonephritis weiterentwickeln, ist wiederum die Sonographie mit einem höher auflösenden Linearschallkopf (> 9 MHz) sinnvoll, um „eingeschmolzene“, meist echoleer imponierende Areale im entzündeten Nierenareal und ggf. eine umgebende Kapsel eines Abszesses darzustellen. Entscheidend ist hier zudem oft die kontrastverstärkte Sonographie, da sich hier die avaskulären Anteile eines Nierenabszesses optimal abgrenzen lassen [13, 14]. Die kontrastverstärkte Sonographie eignet sich zudem hervorragend, um **Abszessdrainagen** zu planen und im Anschluss die korrekte Drainagelage zu überprüfen. Abhängig von der Abszessgröße erfolgen eine diagnostische Punktion und ggf. dann die Einlage einer **Pigtail-Drainage**.

Die Sonographie bei Flankenschmerzen ist ferner hervorragend zur Darstellung von Nierenkonkrementen sowie zur Beurteilung eines konsekutiv vorliegenden Harnstaus durch Verfolgen des Ureters im Verlauf (**Abb. 5a**), zur Darstellung von Nierentraumata (**Abb. 5b**) sowie zur Darstellung von Niereninfarkten (**Abb. 5c**), gerade bei Patienten mit Vorhofflimmern, geeignet. Ferner sollte differenzialdiagnostisch stets ein **Aortenaneurysma** bzw. ein akutes kardiales Geschehen bei entsprechendem Risiko als seltenere, aber mögliche Schmerzursache bedacht werden (**Abb. 5d**).

► Merke

Die Sonographie bei Flankenschmerzen sollte neben Nierensteinen mit begleitender Hydronephrose, traumatischen Ursachen und Infarkten stets auch ein Aortenaneurysma ausschließen.

Ultraschall bei arterieller Hypertonie

Der sonographische Ausschluss einer **Nierenarterienstenose** ist trotz der veränderten Studienlage in den letzten Jahren immer noch eine häufige Fragestellung. Idealerweise sollte die Nieren-

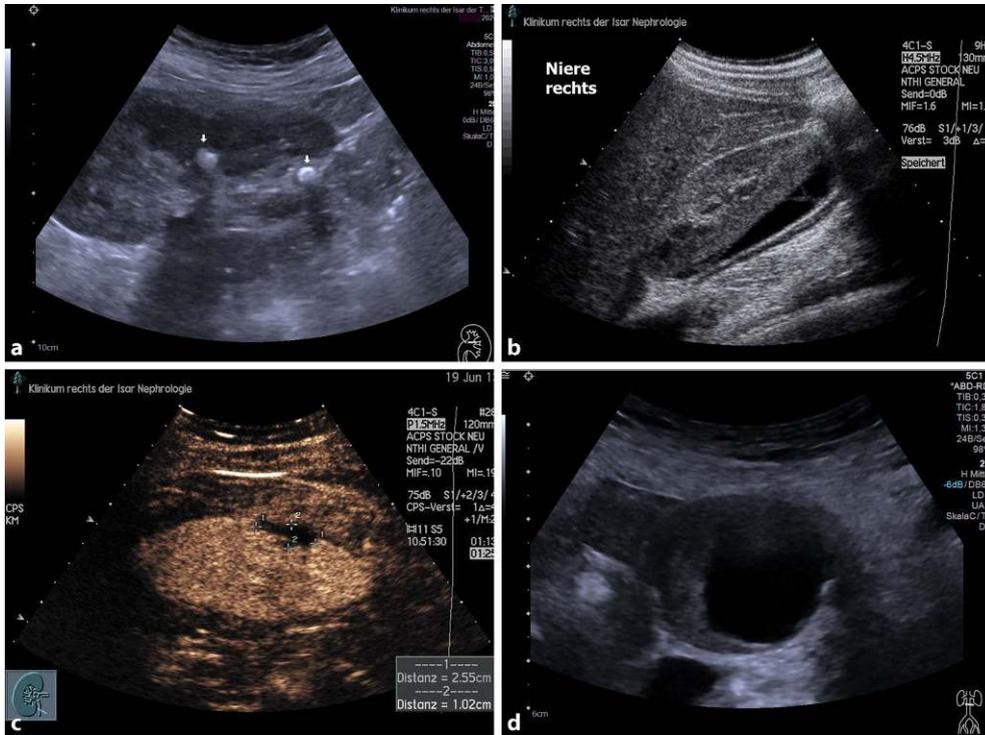


Abb. 5 ◀ Sonographische Differenzialdiagnose von Flankenschmerzen: **a** symptomatisches Nierensteinleiden mit Konkrementen im Nierenbecken; **b** Nierenhämatom nach Pferdeur; **c** Infarkte im Nierenkortex (vermessen), avaskulär in der Kontrastmittelsonographie; **d** Aneurysma der Aorta abdominalis. (Mit freundlicher Genehmigung © PD Dr. Konrad Stock, Klinikum rechts der Isar der TUM)

arterienstenosedagnostik nach einem standardisierten Protokoll erfolgen, um auch korrekte Verlaufsbeurteilungen zu ermöglichen [15, 16]. Während die häufigste Art der Nierenarterienstenose, der atherosklerotische Typ, sich gerade bei deutlicher Aortensklerose im Bereich des Abgangs der Nierenarterien aus der Aorta abdominalis darstellen lässt, findet sich die fibromuskuläre Form v. a. im mittleren Drittel des Nierenarterienverlaufs [17]. Zur Nierenarteriendiagnostik ist zunächst eine präzise Basissonographie beider Nieren mit Vermessung der Nierenlängen und der intrarenalen Dopplersonographie mit Bestimmung von (pro Niere) 3 RI-Werten in den Arteriae interlobares notwendig [18]. Manche Nephrologen bevorzugen hier 3 Segmentarterien; wichtig ist es lediglich, den Messort korrekt zu dokumentieren und in beiden Nieren im identischen Gefäßbett (und bei ähnlich schnellem Puls) zu messen, da die RI-Werte nach peripher hin abnehmen [19]. Bei der Nierenarteriendiagnostik müssen beide Nierenarterien im gesamten Verlauf eingesehen und extrarenal die Maximalgeschwindigkeiten zumindest an 3 Orten im Nierenarterienverlauf bestimmt werden. Zeitsparend sind hierbei insbesondere Querschnitte, die eine Beurteilung der gesamten Nierenarterie im Verlauf ermöglichen, wodurch höhere Geschwindigkeiten bereits durch die Artefakte auffallen und dann mittels pw-Doppler vermessen werden können (Abb. 6a). Zudem kann ein stark gewundener Gefäßverlauf bei der fibromuskulären Nierenarterienstenose dargestellt werden. Zur korrekten Bestimmung der Maximalgeschwindigkeiten ist hierbei insbesondere der korrekte **Anschallwinkel** des Gefäßes ($< 60^\circ$) mit einer Winkelkorrektur entlang des Gefäßverlaufs wichtig. Die Abgänge der Nierenarterien aus der Aorta abdominalis müssen abgeleitet werden. Zur Darstellung der Nierenarterienabgänge wird in der Regel der Oberbauchquerschnitt oder ein nach medial gekippter Längsschnitt von rechts lateral („**Peel-banana-**

Schnitt“) verwendet, bei dem sich die beiden Nierenarterienabgänge ähnlich Bananenschalen darstellen lassen. Bei höhergradigen Nierenarterienstenosen kann zudem die Verwendung eines **Sektorschallkopfes** (Herzschallkopf) sinnvoll sein, da sich mittels **cw („continuous wave“)-Doppler** auch höhere Geschwindigkeiten erfassen lassen.

Standardmäßig sollte auch die Aorta abdominalis bezüglich der winkelkorrigierten Maximalgeschwindigkeit im Bereich der Nierenarterienabgänge und auch bezüglich eventueller akzessorischer Nierenarterien, die sich in der Regel parallel zu den Nierenarterienabgängen, kranial oder kaudal und meist ventral gelegen, darstellen lassen (von zentral und von peripher aus suchen!), mitbeurteilt werden. Auch das Vorliegen und die Ausprägung einer **Aortensklerose** und evtl. vorhandene **Aortenplaques** sollten notiert werden.

Die direkten duplexsonographischen Kriterien für eine Nierenarterienstenose werden erfüllt bei Maximalgeschwindigkeiten von mehr als 200 cm/s, wobei höhergradige Nierenarterienstenosen oft Geschwindigkeiten jenseits von 400 cm/s aufweisen.

Die indirekten Kriterien für das Vorliegen einer Nierenarterienstenose sind Abweichungen der mittleren RI-Werte aus 3 intrarenalen Messungen von rechter und linker Niere um mehr als 0,05. Die niedrigeren RI-Werte weisen dabei durch einen sägezahnartigen „**Parvus-et-tardus-Fluss**“ auf die Seite der stenosierten Nierenarterie hin. Vorsicht ist jedoch bei beidseitigen Nierenarterienstenosen geboten. Zudem ist unbedingt auf die reproduzierbare Ableitung der intrarenalen RI-Werte zu achten, wofür der korrekte seitengleiche Messort und die Ableitung eines technisch brauchbaren Dopplerspektrums im pw-Doppler die Voraussetzung darstellen [6, 20].

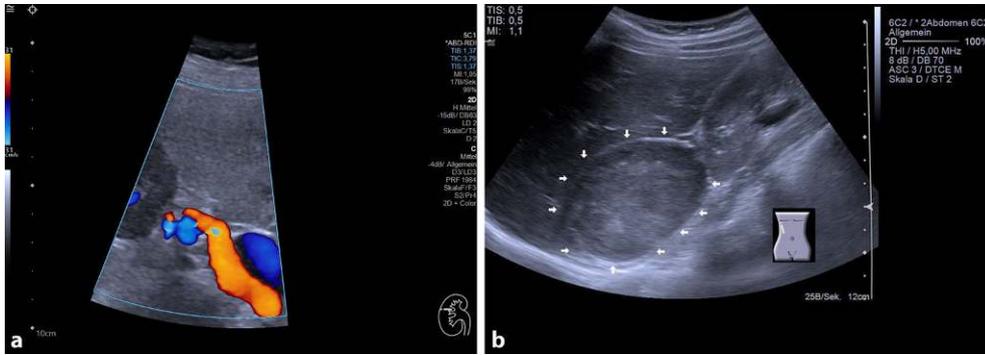


Abb. 6 ◀ Sonographische Diagnostik bei arteriellem Hypertonus: **a** Querschnitt zur Darstellung des Verlaufs der rechten Nierenarterie; **b** histologisch gesichertes Pheochromozytom bei der jungen Patientin mit hypertensiver Krise. (Mit freundlicher Genehmigung © PD Dr. Konrad Stock, Klinikum rechts der Isar der TUM)

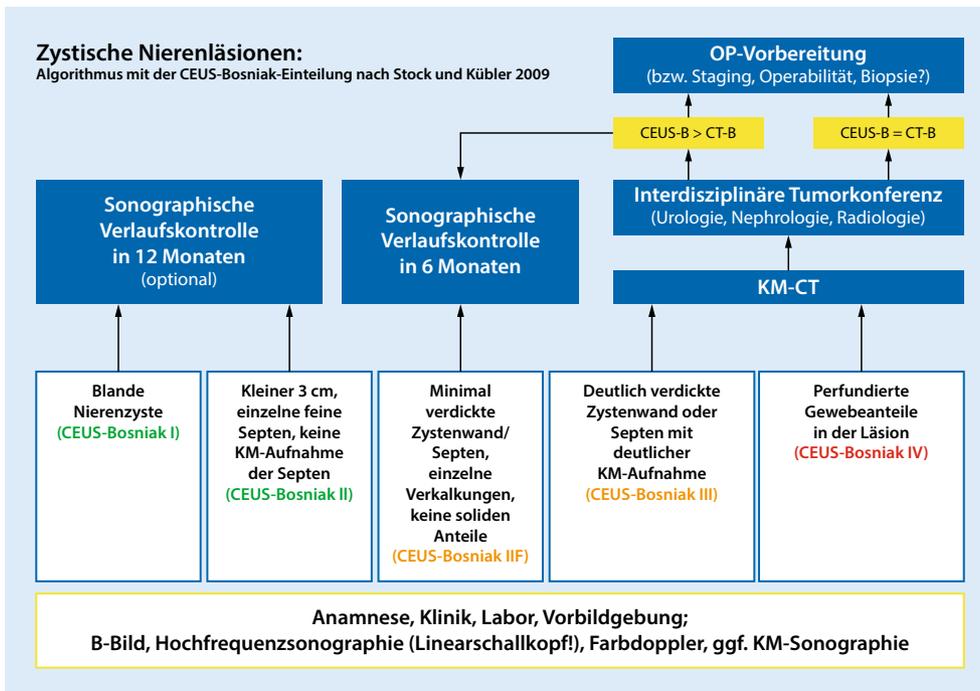


Abb. 7 ◀ Multimodaler Ultraschallalgorithmus zur sonographischen Abklärung zystischer Nierenläsionen: Die kontrastverstärkte Sonographie („contrast-enhanced ultrasound“, *CEUS*) kommt hier bei allen „komplizierten“ zystischen Nierenläsionen verpflichtend zum Einsatz (*OP* Operation, *CT* Computertomographie, *B* Bildgebung, *KM* Kontrastmittel). (Modifiziert nach [4] mit freundlicher Genehmigung © PD Dr. Konrad Stock, Klinikum rechts der Isar der TUM)

Gerade bei jüngeren Patienten mit plötzlich aufgetretenen, krisenhaften Blutdruckentgleisungen sollten zudem die Nebennieren auf das Vorliegen eines Tumors hin untersucht werden. **Phäochromozytome** sind bei Diagnosestellung oft größer als 3 cm und können sonographisch meist einfach als große Nebennierentumoren diagnostiziert werden ([21, 22]; **Abb. 6b**).

► Merke

Die Sonographie bei arterieller Hypertonie beinhaltet eine sorgfältige Dopplersonographie des gesamten Nierenarterienverlaufs unter besonderer Berücksichtigung der Nierenarterienabgänge. Nach vergrößerten Nebennieren suchen, sie fallen auf!

Ultraschall bei unklaren Nierenläsionen

Bei unklaren Nierenläsionen umfasst die Differenzialdiagnose in der Regel Zysten, selten entzündliche Läsionen/Abszesse und Tumoren. **Blaue Zysten** sind häufig (altersabhängig bei $\leq 30\%$ der Bevölkerung) und erfüllen die Kriterien „rund/oval“, „echoleer“ und „dorsale Schallüberhöhung“ distal der Zyste. Sollten Artefakte die

Beurteilung erschweren, kann versucht werden, mit einem Linearschallkopf das Ultraschallbild zu verbessern, da sich die Läsionen hiermit meist sehr gut darstellen lassen, sofern es die Eindringtiefe zulässt. Grundsätzlich sollte zudem über jeder potenziellen Zyste die Farbdopplersonographie angewandt werden, um so Aneurysmata erkennen zu können, gerade bei Z.n. Nierenpunktion oder Z.n. Nierenoperationen [7, 23].

Wenn die klassischen Zystenkriterien nicht erfüllt werden, muss die Läsion weiter diagnostisch abgeklärt werden. Dies gilt insbesondere bei den sekundären, neu aufgetretenen Nierenzysten im Rahmen von **chronischen Nephropathien**. Zur Differenzierung dieser komplizierten Nierenzysten eignet sich in besonderem Maße die KM-Sonographie. Hier werden die Läsionen nach der Applikation von Ultraschall-KM gemäß der **CEUS-Bosniak-Klassifikation** eingeteilt, die dabei hilft, harmlose Zysten (CEUS-Bosniak I bis II) bzw. eher harmlosere (CEUS-Bosniak-IIF) sicher als solche zu identifizieren und die potenziell suspekten Befunde (CEUS-Bosniak III und IV), meist nach einer KM-basierten Computertomographie(CT)- oder Magnetresonanztomographie(MRT)-Untersuchung, in einem Nierentumorboard interdisziplinär zu diskutieren ([24]; **Abb. 7**).

Die selteneren entzündlichen Nierenläsionen nehmen hier eine Sonderrolle ein; sie fallen jedoch meist durch eine typische Klinik mit Fieber und Flankenschmerzen auf, sodass die Sonographie hier oft nur das bestätigende Bild zum klinischen Verdacht liefert.

Nierentumoren werden dank einer deutlichen Zunahme der CT-, MRT- und Ultraschalluntersuchungen oft deutlich früher und mit kleineren Größen diagnostiziert als in der Vergangenheit. Bei sonographischer Erstdiagnose können kleine, stark echoreiche Nierenläsionen, die mindestens die Echogenität des Sinusreflexes (**Nierenbeckenreflex**) aufweisen, mit einer Größe bis maximal 1 cm Durchmesser beschrieben und sonographisch nach etwa 6 Monaten verlaufskontrolliert werden, da es sich hierbei meist um harmlose **Angiomyolipome** handelt. Alle Nierenläsionen mit einer Größe von mehr als 1 cm sollten hingegen zeitnah einer KM-CT/MRT-Untersuchung (v. a. zur Messung des intraläsionalen Fettgehalts!) und bei Verfügbarkeit einer KM-Sonographie zugeführt sowie im Anschluss interdisziplinär mit Urologie und Radiologie in einem Nierentumorboard diskutiert werden [23].

► Merke

Blaue Nierenzysten sind häufig, komplizierte Nierenzysten können nierenschonend mit der CEUS-Bosniak-Klassifikation weiter abgeklärt werden. Alle Nierenläsionen mit einer Größe von mehr als 1 cm sollten mittels KM-CT/KM-MRT untersucht und interdisziplinär in einem Tumorboard besprochen werden.

Fazit für die Praxis

- Klinische Ultraschalldiagnostik ist bei allem technischen Fortschritt nur bei einer exakten, patientenadaptierten Fragestellung wirklich effektiv und hilfreich.
- Taschenultraschallgeräte können einzelne, kurze klinische Fragestellungen zeitsparend beantworten, bei Unklarheiten oder bei Nierentumorverdacht bedarf es jedoch zeitnah einer zweiten, meist fachärztlichen Sonographiediagnostik am High-end-Gerät.
- Die winkelabhängigen Dopplerverfahren stellen nur größere Gefäße dar, die Mikroperfusion in Echtzeit kann aktuell nur mittels kontrastverstärkter Ultraschalldiagnostik visualisiert werden.
- Ein strukturierter und gut dokumentierter Basisuntersuchungsgang hilft dabei, möglichst wenig relevante Pathologien zu übersehen, und schafft zudem vergleichbare Ultraschallbefunde. Spezialfragestellungen können dann mit komplexeren Ultraschallmodalitäten wie der Kontrastmittel(KM)-Sonographie in erfahrener Hand weiter abgeklärt werden.
- Bei entzündlichen Nierenerkrankungen sind die klinischen Angaben und die Verwendung eines höherfrequenten Linearschallkopfes zusätzlich zum Konvexschallkopf empfehlenswert.
- Große Niereninfarkte können in der farbkodierten Dopplersonographie vermutet werden, kleinere Niereninfarkte sind oft nur mit der KM-Sonographie darstellbar.
- Die sonographische Abklärung bei v. a. sekundäre arterielle Hypertonie erfordert die Darstellung des Nierenarterienverlaufs inkl. des Aortenabgangs. Auf vergrößerte Nebennieren achten!
- Zystische Nierenläsionen können mit der KM-Ultraschall-basierten CEUS („contrast-enhanced ultrasound“)-Bosniak-Klassifikation ein-

geteilt werden. Nierentumoren größer als ein Zentimeter erfordern immer eine Computertomographie- oder Magnetresonanztomographiediagnostik zur Bestimmung des intratumoralen Fettgehalts und die Vorstellung in einem interdisziplinären Nierentumorboard.

Korrespondenzadresse



PD Dr. Konrad Friedrich Stock

Abteilung für Nephrologie, Nephrologischer Ultraschall, Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität
Ismaninger Str. 22, 81675 München, Deutschland
Konrad.Stock@tum.de

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. K. F. Stock: A. Finanzielle Interessen: Forschungsförderung zur persönlichen Verfügung: Deutsche Forschungsgemeinschaft (Projekt Großgeräte der Länder) für den Bereich „Nephrologischer Ultraschall“ der Abteilung für Nephrologie im Klinikum rechts der Isar der Technischen Universität München. – Fahrtkosten- und Spesenerstattungen sowie teilweise Honorare für Referententätigkeiten bei Ultraschallkursen und Ultraschallseminaren: Samsung Medical Systems, Toshiba Medical Systems, Siemens Healthineers, Bracco Medical Imaging, Deutsche Gesellschaft für Innere Medizin, Deutsche Gesellschaft für Urologie, Deutsche Gesellschaft für Nephrologie. – B. Nichtfinanzielle Interessen: Oberarzt, Nephrologischer Ultraschall, Abteilung für Nephrologie, Klinikum rechts der Isar, Technische Universität München.

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. Biais M et al (2012) Evaluation of a new pocket echoscopic device for focused cardiac ultrasonography in an emergency setting. *Crit Care* 16(3):R82
2. Thapa A (2020) Need of integrating sonoscopy in undergraduate medical education in developing countries. *J Nepal Health Res Counc* 18(3):556–559

3. Stock KF et al (2015) Comparison of a pocket-size ultrasound device with a premium ultrasound machine: diagnostic value and time required in bedside ultrasound examination. *Abdom Imaging* 40(7):2861–2866
4. Andersen GN et al (2015) Diagnostic influence of routine point-of-care pocket-size ultrasound examinations performed by medical residents. *J Ultrasound Med* 34(4):627–636
5. Nielsen MB et al (2019) The use of Handheld ultrasound devices—an EFSUMB position paper. *Ultraschall Med* 40(1):e1
6. Krumme B (2006) Renal Doppler sonography-update in clinical nephrology. *Nephron Clin Pract* 103(2):c24–8
7. Stock K (2021) Kontrastmittelsonografie bei schwierigen zystischen Nierenläsionen. *Uro-News* 25:32–35
8. Stock K (2018) Nephrologische Ultraschalldiagnostik. *Nephrologe* 13:236–243. <https://doi.org/10.1007/s11560-018-0258-y>
9. Radermacher J (2003) Sonographie der Nieren und Nierengefäße. *Internist* 44(10):1283–1300
10. Pfandzelter R et al (2012) Technical quality assurance in diagnostic ultrasound in outpatient care in Germany. *Ultraschall Med* 33(6):574–580
11. Seitz K (2012) Quality assurance for ultrasound diagnostics in Germany—a never-ending story. *Ultraschall Med* 33(6):517–519
12. Vourganti S et al (2006) Ultrasonographic evaluation of renal infections. *Radiol Clin North Am* 44(6):763–775
13. Fontanilla T et al (2012) Acute complicated pyelonephritis: contrast-enhanced ultrasound. *Abdom Imaging* 37(4):639–646
14. Sidhu PS et al (2018) The EFSUMB guidelines and recommendations for the clinical practice of contrast-enhanced ultrasound (CEUS) in non-hepatic applications: update 2017 (long version). *Ultraschall Med* 39(2):e2–e44
15. Stock K (2009) Ultrasound diagnostics of renal blood vessels and transplant kidney. *Radiologe* 49(11):1040–1047
16. Boutari C et al (2020) Renovascular hypertension: novel insights. *Curr Hypertens Rev* 16(1):24–29
17. Safian RD, Textor SC (2001) Renal-artery stenosis. *N Engl J Med* 344(6):431–442
18. Zeller T et al (2001) Color duplex ultrasound imaging of renal arteries and detection of hemodynamically relevant renal artery stenoses. *Ultraschall Med* 22(3):116–121
19. Radermacher J et al (2001) Use of Doppler ultrasonography to predict the outcome of therapy for renal-artery stenosis. *N Engl J Med* 344(6):410–417
20. Boddi M (2017) Renal ultrasound (and doppler Sonography) in hypertension: an update. *Adv Exp Med Biol* 956:191–208
21. Stock KFV, Baumann M, Feußner H, Abeck D (2014) Blickdiagnose: Kaffeebraune Flecken und Blutdruckkrise. *Bayer Arztebl* 5:221
22. Jenssen C, Dietrich CF (2010) Ultrasound and endoscopic ultrasound of the adrenal glands. *Ultraschall Med* 31(3):228–247 (quiz 248–50)
23. Stock KF et al (2019) Innovative Ultraschalldiagnostik bei Nierentumoren. *Urologe* 58(12):1418–1428
24. Cantisani V et al (2020) EFSUMB 2020 proposal for a contrast-enhanced ultrasound-adapted Bosniak cyst categorization—position statement. *Ultraschall Med*. <https://doi.org/10.1055/a-1300-1727>



Klinischer Ultraschall in der Nephrologie

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

? Welche Aussage zur Planung einer nephrologischen Ultraschalluntersuchung ist richtig?

- Ultraschall kann jeder. Einfach Schallkopf in die Hand nehmen und einmal schauen, was man so sieht. Wichtige Pathologien fallen einem dann schon auf.
- Die exakte Kenntnis von Anamnese, Labor und Vorbildgebung ermöglicht es, eine ärztliche Verdachtsdiagnose mit Ultraschalldiagnostik zu bestätigen oder zu widerlegen.
- Jegliche nephrologische Basisultraschalluntersuchung muss stets von einem Facharzt durchgeführt werden.
- Mit einem Taschenultraschallgerät können auch kleine Niereninfarkte zeitsparend und exakt dargestellt werden.
- Aus Hygienegesichtspunkten sollte man während der Untersuchung mit dem Patienten auf keinen Fall mündlich kommunizieren und ihn nach seinen Beschwerden fragen.

? Welche Ultraschalltechnik ist besonders bei der Darstellung kleinerer Niereninfarkte hilfreich?

- Kontrastmittelsonographie
- A-Mode-Sonographie
- Farbdopplersonographie
- B-Mode-Sonographie
- Schnelle Atemmanöver der Patienten

? Welchen Vorteil bieten Linearschallköpfe im Vergleich zu den meistens eingesetzten Konvexschallköpfen in der Sonographie der Nieren am ehesten?

- Bessere Eindringtiefe
- Höhere MHz-Bereiche
- Einfachere Hygiene
- Bessere Patientenverträglichkeit
- Gebogene Schallkopfauflagefläche

? Zur nephrologischen Basissonographie gehört auch die Beurteilung des Flüssigkeitshaushalts. Welcher Befund spricht am ehesten für eine Hyperhydratation?

- Harnstau 2. Grades
- Längsschnitt der Nieren > 9 cm
- Niedriger Resistance-Index
- Vermehrte B-Linien der Pleura
- Schmale V. cava mit Atemkollaps

? Eine 37-jährige Patientin stellt sich in der Notaufnahme mit Flankenschmerz (rechts) vor. Vorerkrankungen oder Trauma sind nicht bekannt. In der Sonographie zeigt sich die rechte Niere balloniert mit einem kleinen Flüssigkeitssaum. Was ist die wahrscheinlichste Diagnose?

- Niereninfarkt
- Nephrokalzinose
- Z. n. Nierenbiopsie
- Uretersteine
- Pyelonephritis

? Ein 67-jähriger Patient stellt sich mit plötzlich aufgetretenen Flankenschmerzen (rechts) in der Notaufnahme vor. Eine chronische Niereninsuffizienz bei Diabetes mellitus und eine arterielle Hypertonie sind bekannt. Sie werden gebeten, die Nieren sonographisch zu untersuchen. Welche potenziell lebensbedrohliche Diagnose sollte bedacht und sonographisch mitevaluiert werden?

- Lungenarterienembolie
- Akute Hepatitis
- Divertikulitis
- Aortenaneurysma
- Milzruptur

? Mit welcher Vorerkrankung geht ein besonders hohes Risiko für bilaterale Niereninfarkte einher?

- Vorhofflimmern
- Chronisch-obstruktive Lungenerkrankung (COPD)
- Chronisch-myeloische Leukämie
- Gastroenteritis mit Shiga-Toxin-produzierenden *E. coli*
- M. Fabry

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-Abonnenten.

? Die Sonographie ist eine wichtige Modalität bei der Diagnose einer Nierenarterienstenose. Ab welcher Geschwindigkeit sind formal die direkten duplexsonographischen Kriterien für eine Nierenarterienstenose erfüllt?

- > 50 cm/s
- > 100 cm/s
- > 150 cm/s
- > 200 cm/s
- > 250 cm/s

? Gerade bei jüngeren Patientinnen kann es zu einer fibromuskulären Nierenarterienstenose kommen. In welchem Bereich der Nierenarterien (NA) kommt diese meistens vor?

- Am aortalen Abgang
- Im 1. Drittel
- Im 2. Drittel
- Im 3. Drittel
- Direkt intrarenal distal

? Bei einem 56-jährigen, ansonsten nierengesunden Patienten ohne internistische Vorerkrankungen und mit leerer Familienanamnese wird bei einer sonographischen Routineuntersuchung erstmals eine Nierenzyste (Durchmesser: 0,5 cm) festgestellt. Diese ist rund, echoleer und zeigt eine dorsale Schallüberhöhung. Wie sollte nun vorgegangen werden?

- Keine weitere Diagnostik notwendig
- Sonographische Verlaufskontrolle in 3 Monaten
- Zeitnahe Kontrastmittelsonographie
- Zeitnahe Computertomographie- oder Magnetresonanztomographiediagnostik
- Zeitnahe Zystoskopie