

Tabelle 2.5 Auswahl verschiedener Nadelspitzen und deren bevorzugter Einsatz.

Schliff	Charakteristikum	Bevorzugter Einsatzort
Trokar-Spitze	Dreieckig geschliffene Nadel	Für fast alle Einsatzmöglichkeiten geeignet
Schrägschliff (Facettenschliff, US-Schliff, MS-Schliff)	Schrägschliff mit endständig passendem Mandrin	Für fast alle Einsatzmöglichkeiten geeignet
V-Bevel-Schliff	Stanzfrei, Aus- und Eingang durch seitlichen Schlitz	Spinalanästhesie
Pencil-Point	Stanzfrei, Aus- bzw. Eingang durch seitlichen Schlitz	Spinalanästhesie
Huberspitze	Biegung (10%) hinter dem Auge	Portnadel
Quinckeschliff	Nicht eingeschliffener Facettenschliff	Spinalanästhesie
Triple-sharpened point	Atraumatisch	Knochenmarkpunktionen



Abb. 2.4 Vorbereiteter Untersuchungstisch zur Organpunktion mit Chiba-Nadel.

Gefahr der Schädigung des Patienten oder des Personals durch Abrutschen der Spritze und Versprühen der evtl. aggressiven Substanzen besteht (Abb. 2.4). Beispielhaft dafür ist die Alkoholinjektionsbehandlung eines hepatozellulären Karzinoms. Hierfür wurden Nadeln von 20–22 Gauge entwickelt, die am Ende verschlossen sind und über eine Länge von 1–2 cm am distalen Ende Seitenlöcher aufweisen. Mittels dieser Seitenlöcher gelingt die Alkoholverteilung im Tumor gleichmäßiger und damit effizienter.

## Saugbiopsiesysteme

### Hohlnadelsaugsysteme ohne Mandrin

Befindet sich die Läsion oberflächennah und besteht daher kaum die Gefahr, dass während des Nadelvorschubs Fremdmaterial aspiriert wird, so kann eine Hohlnadel ohne Mandrin verwendet werden. Dies betrifft meist Schilddrüsen- und Lymphknotenpunktionen. Das kurze

Anspritzen der Nadel bei Erreichen des Zielgebiets zur Entfernung des aufgenommenen Fremdmaterials aus der Nadel ist auch aus hygienischen Gründen als problematisch zu bewerten und kann nicht empfohlen werden. Zum einen kommt es hier zu Zellverschleppungen und Problemen bei der Beurteilung durch den Pathologen, zum anderen führte dieses „Anspritzen“ zur Verschlechterung der Bildqualität. Besser ist es, dem Pathologen den Zugangsweg zu beschreiben, sodass dieser das vorhandene Zellmaterial zuordnen kann; es handelt sich dabei häufig um Hautpartikel. Das Gewebematerial bleibt aufgrund eines Unterdrucks, der mittels einer Spritze erzeugt wird, in der Hohlnadel (Abb. 2.5).

Dieser Unterdruck wird meist durch eine Spritze mit einem Arretierungssystem aufrechterhalten. Alternativ existieren Handgriffe, in denen die Spritzen eingespannt werden und mit der punktierenden Hand der Unterdruck variiert werden kann (z. B. Aspir-Gun).

**!** Wichtig ist es, diesen Unterdruck vor Entfernung der Nadel aus dem Zielgewebe zu beenden, da sonst das aspirierte Gewebe in die Spritze katapultiert wird und kaum noch aufgearbeitet werden kann und weiteres Gewebe auf dem Punktionsrückweg mit eingesaugt wird.

### Menghini und andere Hohlnadelsaugsysteme mit Mandrin

Der klassische Vertreter der Saugbiopsie ist die Menghini-Nadel (Surecut-Nadel; [34, 35]). Die Menghini-Hohlnadel wird mit Kochsalz gefüllt, um beim Verschieben kein Fremdmaterial aufzusaugen; das Gewebe wird mittels einer scharfen Hohlnadel ausgestanzt und anschließend in dieser durch einen leichten Unterdruck festgehalten (one second liver biopsy; [36]). Bei den manuellen Systemen wird bei Erreichen des Punktionsziels



Abb. 2.5 a, b

- a Vollautomatische Stanzbiopsienadel (Autovac) (Quelle: [17])  
 b Halbautomatische Vakuumnadel (Biomol) (Quelle: [17]).

durch eine Spritze ein Unterdruck erzeugt, der das Punktat nach dem Stanzvorgang in der Hohlneedle fixiert. Ein Verlust des Punktats kann jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden und die Gefahr der Tumorzellverschleppung besteht ebenfalls, allerdings in einem sehr geringen Ausmaß. Die ursprüngliche Vorgehensweise bei der „Menghini-Punktion“ bestand im Vorschub der Nadel bis zum Punktionsort, dem Aufbau eines Unterdrucks durch eine arretierbare Spritze und einem zügigen Stanzvorgang, der sich durch eine ruckartige Vor-

wärtsbewegung der Nadel mittels einer Bewegung „aus dem Handgelenk“ auszeichnet.

Da diese Punktionsweise einige Übung voraussetzt und bei fokalen Läsionen nur eine ungenaue Einstichtiefe zeigt, wurden neben diesen manuellen Systemen automatische Punktionsgeräte entwickelt (Tab. 2.6, [37]). Auch diese arbeiten mit dem Prinzip des Unterdrucks. Die lange Zeit eingesetzte Vim-Silverman-Nadel findet im deutschsprachigen Raum kaum noch Anwendung und arbeitet nach dem Stanzbiopsie-Prinzip. Wichtig bei der Stanzbiopsie ist, dass durch Drehen der Nadel am Ende des Biopsievorgangs das „Abreißen“ des Gewebezylinders erleichtert wird. Um das Biopat zu sichern, wurden Sicherungssysteme mit Verschluss der distalen Nadelöffnung entwickelt. Um ein Herausrutschen des Gewebes aus der Kanüle zu verhindern, kann dies durch einen Verschlussmechanismus mittels einer kleinen vorschnellenden Blattfeder in dieser gehalten werden. Bei der Nadel BioPince der Firma Pflugbeil wird automatisch nach dem Punktionsvorgang durch die Biopsiepistole entlang der Nadel die Feder ausgefahren, die an der Spitze der Nadel einhakt und den Stanzzylinder in der Nadel ohne Vakuumsystem festhält [38, 39]. Das Biopat wird im geschlossenen System entfernt. In der täglichen Praxis hat sich jedoch gezeigt, dass die üblichen automatischen und halbautomatischen Systeme nahezu immer den Stanzzylinder beinhalten und komplizierte Nadelkonstruktionen nicht erforderlich sind.

Nach Entfernung der Nadel aus dem Körper wird das Gewebematerial mittels Vorschub des Mandrins gewonnen. Zusätzlich kann am Ende des Eingriffs mit einer Spritze noch einmal Luft durch die Hohlneedle gegeben werden, um evtl. Restpartikel in der Hohlneedle zu gewinnen. Bezüglich der Aufarbeitung des gewonnenen Materials und Fehlermöglichkeiten bei zytologischer Diagnostik kann auf die ausführlichen Publikationen von Jansen et al. verwiesen werden [29, 40]. Spülungen der Nadel mit Natriumchloridlösung oder Wasser sollte unterbleiben, da dies Zellveränderungen provozieren kann.

Tabelle 2.6 Beispiele für Hohlneedelsaugsysteme mit Mandrin.

Nadeltyp	Hersteller	Durchmesser (Gauge)	Längen (cm)	Kommentar
Autovac	Angiomed	16–20	10–20	Vollautomatik (single use)
BioPince	Pflugbeil	14–18	10–20	Vollautomatik (single use)
Biomol	Pflugbeil	16–22	7–20	Halbautomatik (single use), Vakuumsystem
Full-Core	Amedic	16–20	10–20	Halbautomatik (single use)
Sonocan	Braun	17–21	10–16	Manuell
Ultra-Vac	MD Tech	16–20	10–20	Halbautomatik (single use)

## Schneidbiopsiesysteme

Die Schneidbiopsie-Nadeln werden noch einmal in die Endschnitt-Technik und in die Side-Notch-Technik (Trucut) unterschieden.

### Endschnitt-Technik

Vertreter sind die Franseen- und die Otto-Nadel, welche sich durch den Schliff der Schneideflächen der Hohlkanülen unterscheiden (Tab. 2.7). Die erstmals verfügbare Nadel dieses Typs war die Otto-Nadel, die als Fein- oder Grobnadel mit zwei Schneidezähnen ausgestattet war [41]. Da diese Nadeln beim Durchqueren des Zielgebiets gleichzeitig gedreht und vorgeschoben werden müssen,

finden sich kaum noch Nutzer, die diese aufwendigere Technik verwenden, sodass an dieser Stelle diesbezüglich nicht weiter darauf eingegangen wird.

### Trucut

Obwohl bei der Trucut-Nadel nur ein Halbzylinder gewonnen werden kann, bietet diese Technik einen entscheidenden Vorteil (Abb. 2.6, 2.7, Abb. 2.8).

Es wird dabei ein Trokar in das Zielgebiet vorgeschoben, in welchem eine Ausbuchtung mit einer Länge von 10–20 mm eingearbeitet ist (throw). In diese legt sich das entsprechende Gewebe und durch Vorschub der Schneid-Kanüle über den Trokar erfolgt die Abtrennung und Sicherstellung innerhalb der Punktionskanüle. Be-

Tabelle 2.7 Beispiele für Schneidbiopsienadeln in Endschnitt-Technik.

Nadeltyp	Hersteller	Durchmesser (Gauge)	Längen (cm)
Franseen	Pflugbeil	16–22	9–20
Franseen	MD-Tech	18–22	9–20
Franseen	Manan	16–22	8,75–20
Otto	Angiomed	16–20	15–20

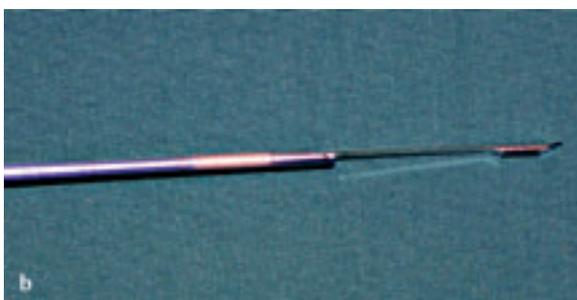
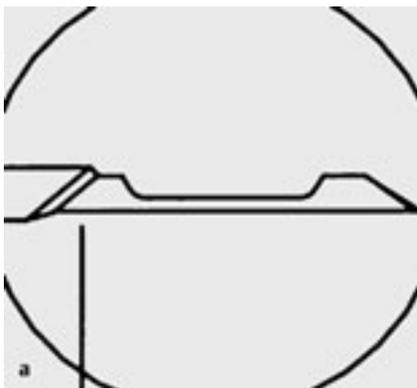


Abb. 2.6a,b Herausgeführte Trucut-Nadel.  
a Schematische Zeichnung.  
b Original.

Abb. 2.7a,b Vorbereiteter Untersuchungstisch.  
a Mit automatischer Stanzbiopsie-Nadel und Trucut-Nadel.  
b Halbautomat im Detail mit koaxialem Zugang.

- FNB: Feinnadelbiopsie
- FNC: Feinnadelzytologie

Hierbei liegt naturgemäß die Rate des „sampling errors“ recht hoch, besonders bei fokalen Läsionen. So liegt die feinnadelbiopsische Fehlerquote bei umschriebenen Läsionen der Leber bei etwa 40%, diffuse Gewebeprozesse werden demgegenüber in > 90% richtig erfasst [5].

Blinde Biopsien sollten deshalb nur bei Verdacht auf diffuse Prozesse (wie Hepatitis oder Autoimmunerkrankungen) durchgeführt werden, wobei wir den Begriff „blind“ vermeiden wollen, da alle sogenannten Blindpunktionen heutzutage als sonografisch-gezielte Punktionen erfolgen (z. B. Menghini-Punktion der Leber) und somit auch den gezielten Punktionstechniken zugeordnet werden. Herdförmige Läsionen machen gezielte Biopsieverfahren unter bildgebender Kontrolle (Ultraschall, Bildwandler, CT, MRT) erforderlich, um die Rate der falsch-negativen Diagnosen zu reduzieren [1, 2].

Eine Sonderform der Punktionsverfahren ist die Feinnadelaspirationsbiopsie, bei der entweder perkutan oder nach Thorako- oder Laparatomie mit Feinnadeln Material gewonnen wird, welches dann auf Objektträgern wie Blut ausgestrichen wird [6] (Aspirationszytologie, Kap. 6).

### ■ Weiterverarbeitung des Gewebes

Die Weiterverarbeitung des Gewebes beginnt mit der Fixierung, die der Konservierung dient und das Gewebe besser präparierbar macht. Am gebräuchlichsten ist (4%) Formalin, im Einzelfall können Speziallösungen zur optimalen Gewebefixierung erforderlich sein. Für Knochenmarkbiopsien empfiehlt sich die sogenannte Schaffer-Lösung (Entkalkungslösung), die ebenfalls von den kooperierenden Pathologie-Dienstleistern angefordert werden kann. Ist eine Elektronenmikroskopie geplant, sollte Glutaraldehyd als Fixans Verwendung finden. Formalin ist hier zwar möglich, erfordert dann aber aufwendige Umbettprozeduren. Unfixiertes Gewebe ist für intraoperative Schnellschnitte, bestimmte enzymtechnische, biochemische und manchmal (Absprache vor der Entnahme) immunhistochemische Untersuchungen erforderlich. Zu beachten ist, dass Formalin bei der Fixierung chemisch verbraucht wird, deshalb wird ein Verhältnis von 10 Teilen der Lösung auf 1 Teil Gewebe empfohlen [6].

Ist das Gewebematerial beim Pathologen angekommen, erfolgt zunächst die makroskopische Begutachtung. Danach erfolgt die Einbettung und Färbung des Biopsats, wobei auch heute noch der Paraffinschnitt in 90–95% zur Diagnose führt. Die Wahl der Färbung richtet sich nach Fragestellung und Materialart. Die Hämato-

xylin-Eosin (HE)-Färbung gilt als Standard und wird gelegentlich durch Spezialfärbungen ergänzt (z. B. Elastica-van-Gieson [EvG], Eisendarstellung nach Berliner-Blau, Versilberung, Immunhistochemie).

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es für eine Untersuchung durch den Pathologen wichtig ist, dass das zu untersuchende Gewebe in möglichst ausreichender Menge aus einer repräsentativen Stelle gewonnen wird.

In den folgenden Absätzen wird die Schnellschnittuntersuchung erläutert und Histologie und Zytologie werden verglichen.

## 5.4 Intravitale Diagnostik: Schnellschnittuntersuchungen

Als intraoperative Schnellschnittdiagnostik wird die mikroskopische Untersuchung von Gewebeproben bezeichnet, die während eines operativen Eingriffs entnommen werden. Ziel ist es dabei, innerhalb von Minuten (ca. 15 min) eine histologisch gesicherte Diagnostik über eine makroskopisch nicht sicher beurteilbare Läsion zu erreichen oder die Ränder einer Läsion auf mikroskopische Restinfiltrate von Tumorgewebe hin zu untersuchen. Gelegentlich soll mit einer Schnellschnittuntersuchung auch die Frage beantwortet werden, ob für eine später durchzuführende Diagnose am Paraffinmaterial ausreichend Gewebe gewonnen wurde, sowohl was die Vitalität als auch was die Menge betrifft. Diese Indikation ist insbesondere bei Lymphomen gegeben, da hier ausreichend vitales Gewebe für immunhistochemische Untersuchungen zur Typisierung zur Verfügung stehen muss.

Die Schnellschnittuntersuchung beruht auf einem Gefrierschnittverfahren, wobei in wenigen Minuten mittels eines Kryostatmikrotoms 5–10 µm dicke Schnitte angefertigt und gefärbt werden. Selbst bei großer Erfahrung ist die Fehlerquote der Schnellschnittuntersuchung größer als bei der herkömmlichen Paraffinschnittdiagnostik. Die Schnellschnittdiagnostik setzt somit viel Erfahrung vom Pathologen voraus und dabei sollten dem Pathologen auch im Wesentlichen alle klinischen Befunde mitgeteilt werden.

Generell gilt, dass sich eine Diagnose unter Schnellschnittbedingungen nicht immer erbringen lässt und bei nicht zweifelsfreier Befundsituation lieber ein zweizeitiges Vorgehen gewählt werden sollte [6].

Abweichungen zwischen abschließender konventioneller histologischer Bewertung und Schnellschnittdiagnose können möglich sein. Dies kann z. B. anhand der Schnellschnittdiagnostik von Schilddrüsenkarzinomen erklärt werden. Für den Pathologen sind in der makro-

oskopischen Begutachtung von Schilddrüsenknoten v. a. Knoten mit solitärer Lage oder unscharfen Grenzen auffällig. Für die sichere Diagnose am Schnellschnitt braucht er bei follikulären Schilddrüsenkarzinomen den sicheren Nachweis einer Kapselpenetration oder Gefäßinfiltration. Dies ist nicht immer schon in den ersten Schnellschnitten erkennbar, sondern zeigt sich erst in tieferen Stufen im Paraffinmaterial nach kompletter Einbettung des Knotens. Daher zeigen sich erst in der weiteren postoperativen Aufarbeitung der Schilddrüse die eindeutigen malignen Kriterien und die Schnellschnittdiagnose eines Adenoms ändert sich in Richtung Karzinom. Als weiteres Beispiel für eine schwierige Diagnostik können papilläre Schilddrüsenkarzinome dienen. Papilläre Schilddrüsenkarzinome müssen nicht immer, wie ihr Name suggeriert, papillär wachsen, sondern können auch follikuläre Wachstumsmuster annehmen. Ihr diagnostisches Kriterium ist der Nachweis von sogenannten „Milchglaskernen“. Diese milchglasähnlichen Veränderungen sind jedoch nicht im Schnellschnittmaterial, sondern erst nach der konventionellen Bearbeitung sichtbar. Ein papilläres, follikulär wachsendes Schilddrüsenkarzinom imitiert daher im Schnellschnitt zunächst ein follikuläres Adenom. Erst im Paraffinmaterial zeigen sich dann die typischen pathologischen Zellkerne, die eine sichere Diagnose erlauben.

! Die Nachteile des Schnellschnitts engen dessen prinzipielle Bedeutung jedoch nicht ein, beachtet man insbesondere drei wichtige Kriterien: Es sollten dem Pathologen Anamnese, Lokalisation und alle klinischen Befunde bekannt sein, er sollte ausreichende Erfahrung auf dem Gebiet der Schnellschnittdiagnostik haben und die Diagnose „böartig“ nur dann stellen, wenn er sich dessen nach Abwägung aller Möglichkeiten absolut sicher ist.

Fehlerquellen sind zumeist der Methode selbst nicht anzulastende Faktoren, z. B. nichtgeeignetes nekrotisches Gewebe, eine zu geringe Gewebemenge oder Schwierigkeiten bei Problembefunden, besonders im Bereich der Knochen- und Weichteiltumoren und bei lymphopoetischen Neoplasien. Bei allen Schnellschnittuntersuchungen gilt im Zweifelsfall die Devise: Lieber keine schnelle Diagnose als eine falsche [6].

Ein weiteres Verfahren für die Materialmengen, die für eine Schnellschnittuntersuchung in zu geringer Menge zur Verfügung stehen, ist die Schnelleinbettung. Die Zeit zur Befundübermittlung beträgt etwa 30–45 min. Dieses Verfahren erfordert die Übersendung des Gewebes in Formalin, sodass bereits eine gewisse „Vorfixierung“ auf dem Transportweg erreicht werden kann. Das Gewebe wird unter Verwendung der Mikrowelle prozessiert. Die Diagnose erfolgt dann am 2–5 µm dicken

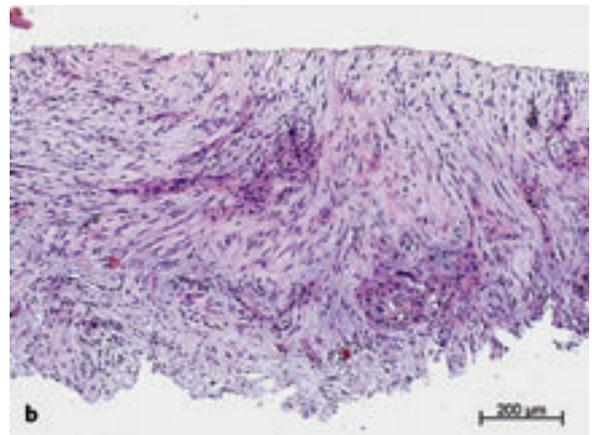
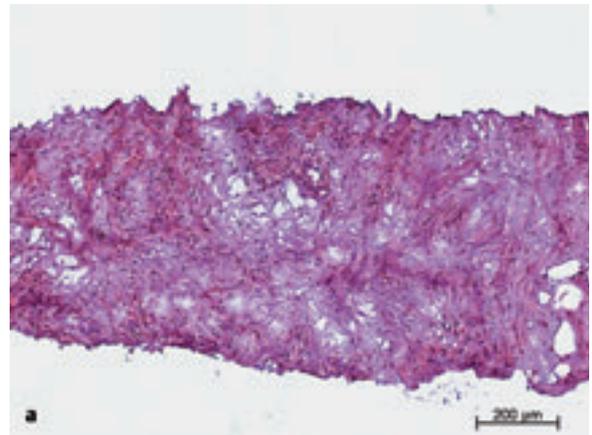


Abb. 5.1a,b Gegenüberstellung eines Schnellschnitts und der endgültigen Aufarbeitung: **a** Schnellschnitt (Adenokarzinom). **b** Endgültige Aufarbeitung, identisches Gewebe (HE, Originalvergrößerung  $\times 20$ ).

HE-Schnitt, der aus einem Paraffinblock angefertigt wird. Generell ist die Morphologie jedoch im Rahmen einer Schnelleinbettung schwieriger zu beurteilen und erfordert einige Erfahrung mit dieser Methode (Abb. 5.1).

## 5.5 Histologie oder Zytologie?

Insgesamt gilt für die Histologie der gleiche Grundsatz wie bei der zytologischen Untersuchung; eine enge Zusammenarbeit zwischen Kliniker und Pathologe ist unerlässlich, um eine präzise diagnostische Aussage machen zu können. Die Zytologie ist keine „Ersatzhistologie“, eine parallele Anwendung beider Verfahren bildet die Basis einer sinnvollen Diagnostik. Die Frage „Histologie oder Zytologie?“ sollte deshalb beantwortet werden mit „Zytologie und Histologie!“, da die zytologische Untersuchung zwangsläufig immer eine geringere Zuver-

lässigkeit aufweist. So kann z.B. allein zytologisch meist nicht zwischen In-situ- oder fortgeschrittenen Karzinomen unterschieden werden; eine sinnvolle Therapieplanung würde deshalb die histologische Untersuchung erfordern [5, 7]. Eine allgemeine Empfehlung, wann und v.a. für welche diagnostische Sicherheit eine Zytologie ausreichend ist, kann nicht gegeben werden. Generell gilt, dass bestimmte Tumorentitäten nicht valide zytologisch diagnostiziert werden können, so z.B. maligne Non-Hodgkin- oder Hodgkin-Lymphome. Obwohl durch immunzytologische Zusatzmethoden Abgrenzungen zwischen kleinzelligen und nichtkleinzelligen Lungentumoren getroffen werden können, ist die Materialmenge für Zusatzuntersuchungen (EGFR-Mutationen, ALK-EML4-Translokationen) in der Regel nicht ausreichend.

## ■ Fehlerquellen

Die möglichen Fehlerquellen, die unter Umständen Fehlbefunden zur Folge haben können, bestehen in einer zu geringen Gewebemenge, die entnommen wurde. Außerdem kann die Biopsie aus nekrotischen Herden eine Gewebuzuordnung unmöglich machen. Auch unzureichende Weiterverarbeitung oder Zerstörung im Sinne von Quetschung sind weitere Möglichkeiten, die die histopathologische Diagnostik erschweren können. Selbstverständlich sollte die Biopsie immer aus dem Krankheitsherd selbst, und nicht etwa aus der einen Tumor umgebenden Entzündung erfolgen (Tab. 5.1).

Tabelle 5.1 Mögliche Ursachen von Fehlbefunden.

Vorgehen	Zweck	Fehlermöglichkeit
1. Schritt: Gewebeentnahme	Punktion, Exzision, Resektion, Extirpation: Gewinnung einer ausreichenden Menge repräsentativen Gewebes in gutem Erhaltungszustand	Gewebeentnahme nicht aus dem Krankheitsherd, der „Pathologie“ selbst, sondern aus seiner Umgebung, z. B. bei Punktion eines Leberumherdes
2. Schritt: Gewebefixierung	Gewebekonservierung (Unterbrechung von Autolyse und Fäulnis), Vorbereitung zur weiteren Bearbeitung; zumeist Formalin (4%ige wässrige Lösung von Formaldehyd)	Unterlassen der Fixierung oder ungeeignete Fixierungslösung Zu lange oder zu kurze Fixierung Zu hohe oder zu niedrige Formalinkonzentration Zu wenig Fixierungsflüssigkeit (empfohlen wird 1 Teil Gewebe in 10 Teilen Flüssigkeit) Diffusionshindernisse (Organe mit dicker Bindegewebskapsel, muskelstarke Hohlgorgane)
3. Schritt: Versand zum Pathologen	Jedes operativ entfernte Gewebe muss in seiner Gesamtheit der pathologischen Untersuchung zugeführt werden.  Ordnungsgemäßer Versand	Verzögerter oder fehlerhafter Versand Versandbehälter und Untersuchungsantrag nicht sorgfältig beschriftet
4. Schritt: Makroskopische Beurteilung durch den Pathologen Makro-Präparation	Beurteilung von Größe, Form, Konsistenz, Beschaffenheit und Gewicht des eingesandten Gewebes  Entnahme repräsentativer Gewebeproben für die histologische Untersuchung	Entnahme ungeeigneter, nicht repräsentativer Gewebeproben Unvollständige Präparation und/oder Gewebeentnahme
5. Schritt: Mikroskopische Begutachtung, Erstellen eines Befundes	In Zusammenschau mit der Makroskopie und dem klinischen Befund: Typing, Grading, Staging, R-Klassifikation	Sorgfalt und Erfahrung des Pathologen nicht gegeben Fehlinterpretation oder unvollständige Klassifizierung unter Berücksichtigung aller Befunde

Tabelle 6.5 Wichtige und häufig eingesetzte immunzytochemische Marker und ihre (differenzial-)diagnostische Aussage.

Immunzytochemische Färbung	(Differenzial-)diagnostische Aussage
<b>Epitheliale Marker</b>	
EMA	Epitheliales Membranantigen (Screeningmarker für epitheliale Neoplasien)
Panzytokeratin (AE1/AE3, MNF116)	Epithelialer (positiv) versus nichtepithelialer Ursprung (negativ)
CK5/6	Adenokarzinom (negativ) versus Plattenepithelkarzinom (positiv) und Mesotheliom (positiv)
p63, CD56	Differenzierung von Lungenkarzinomen (Adenokarzinom: p63- CD56-; Plattenepithelkarzinom: p63+, CD56-; kleinzelliges Karzinom: p63-, CD56+)
CK7/CK20	Verschiedene Konstellationen für Adenokarzinome unterschiedlichen Ursprungs, z. B. pulmonales Adenokarzinom (CK20-, CK7+) versus Metastase kolorektaler Karzinome (CK20+, CK7-)
<b>Spezifische epitheliale Tumormarker</b>	
CEA	Carcinoembryonales Antigen, Screeningmarker für Adenokarzinome
CA 125	Carbohydrat antigen 125, Marker für Ovarialkarzinome und Pankreaskarzinome
TTF-1	Thyroid transcription factor 1, hoch sensitiver und spezifischer Marker für die Schilddrüse und relativ spezifisch für das Adenokarzinom der Lunge
CDX2	Marker für eine intestinale Herkunft von Adenokarzinomen
Hep Par 1	Hepatocyte paraffin 1, hoch sensitiver und spezifischer Marker für das hepatozelluläre Karzinom
HMB-45	Hoch sensitiver und relativ spezifischer Marker für das maligne Melanom
PSA	Prostata-spezifisches Antigen, spezifischer Marker für das Prostatakarzinom
NSE (Neuronenspezifische Enolase), Chromogranin, Synaptophysin, CD56	Marker für eine neuroendokrine Differenzierung
<b>Marker mesenchymaler Tumoren</b>	
Vimentin	Screeningmarker für mesenchymale Neoplasien und Melanome
CD34	Screeningmarker für mesenchymale und endotheliale Tumoren
SMA (smooth muscle actin)	Marker für glattmuskuläre Tumoren (Leiomyom, Leiomyosarkom)
Desmin	Marker für glattmuskuläre Tumoren (Leiomyom, Leiomyosarkom)
CD117 (c-kit)	Marker für gastrointestinale Stromatumoren (GIST)
S100	Marker für neurogene (Schwannome), lipogene und melanozytäre Tumoren
<b>Rezeptoren</b>	
Östrogen, Progesteron	Marker für Mamma- und Endometriumkarzinome; Indikationsstellung für rezeptorenblockierende Therapieansätze
HER2-neu	Human epidermal growth receptor 2, Indikationsstellung für Herceptintherapie bei Mamma- und Magenkarzinomen

Fortsetzung nächste Seite

Tabelle 6.5 Wichtige und häufig eingesetzte immunzytochemische Marker und ihre (differenzial-)diagnostische Aussage. Fortsetzung

Immunzytochemische Färbung	(Differenzial-)diagnostische Aussage
<b>Marker für die Diagnose und Differenzierung maligner Lymphome</b>	
LCA (CD45)	Leucocyte common antigen, Screeningmarker für Neoplasien des hämatopoetischen/lymphatischen Systems; Differenzierung kleinzelliger Neoplasien
CD3	T-Zellmarker
CD20	B-Zellmarker
CD5, CD10, CD15, CD30, Cyclin D1, bcl-6, bcl-2, ...	Marker zur Typisierung von malignen Lymphomen
<b>Proliferationsmarker</b>	
Ki67 (MIB-1)	Korrelation mit der Proliferationsaktivität maligner Tumoren, Prognosemarker mesenchymaler und lymphatischer Neoplasien

Zusammengestellt nach im Text zitierten Quellen.

analyse aufgrund klinischer Angaben erforderlich. Auf dieser Grundlage ausgewählte immunzytochemische Marker können dann gezielt und sequenziell zum Einsatz gebracht werden. Reichen dennoch die Ausstriche nicht aus, können auf einem Objektträger mehrere Reaktionen durchgeführt werden. Dazu werden 2 bis maximal 4 Abschnitte mit einem speziellen Stift (PAP-Pen) abgetrennt, die mit unterschiedlichen Antikörpern inkubiert werden. Aus Zellblöcken stehen im Regelfall ausreichend viele Schnitte bereit, an denen auch komplexe mehrschrittige Immunphänotypisierungen realisiert werden können. Für bestimmte diagnostische Konstellationen (Ergüsse, Leberherde, Pankreasläsionen, mediastinale und Lungenherde, Lymphknoten, subepitheliale Tumoren) sind geeignete Immunpanels auch in der Immunzytochemie etabliert [9, 18, 31–38]. Mit einem standardisierten Vorgehen gelingt es, in der Ergusszytologie etwa 85% und an Feinnadelaspiraten aus Leber und Lymphknoten etwa 90% der Primärtumorklassifikationen immunzytochemisch zu klären [35–38] (Abb. 6.6f–h, 6.8).

**!** Sollen durch die FNAC differenzialdiagnostische Fragestellungen beantwortet werden, empfiehlt sich die Entnahme zusätzlichen Materials für Spezialfärbungen (insbesondere Zellblockmaterial).

Zytologische Präparate sind für molekulargenetische Analysen (Durchflusszytometrie; Fluoreszenz-in-situ-Hybridisation [FISH], Polymerase-Kettenreaktion [PCR], Gen-Mikroarray-Analyse) besonders gut geeignet, da die Zellkerne intakt bleiben [9, 18]. Insofern kann – bei entsprechender Expertise – an Feinnadelmaterial aus Lymphknoten unter Anwendung von PCR (Klonalität),

Zusatzfärbungen gegen CD20- und CD3-Epitope (Typisierung der Zelllinien) sowie MIB-1 (Proliferationsaktivität) und molekulargenetischem Translokationsnachweis durch FISH (bcl-2, Cyclin D1) sogar die Diagnose und Klassifikation maligner Lymphome gelingen [39–41].

## 6.4 Zytomorphologische Beurteilung

### ■ ROSE

Die Vor-Ort-Zytologie ist in Deutschland v.a. aufgrund der zunehmenden Konzentration und Dezentralisierung der zytopathologischen Labore nur an wenigen Zentren etabliert. Routinemäßig kommt sie dann zur Anwendung, wenn Materialgewinnung und zytomorphologische Befundung in der Hand eines Untersuchers liegen (klinische Zytologie).

### Schnellfixation und -färbung

Für die erforderliche Schnellfixation und -färbung sind verschiedene Verfahren beschrieben. Überwiegend kommt die aus der hämatologischen Zytologie stammende (fönunterstützte) Lufttrocknung mit nachfolgender Schnellfärbung (DiffQuik, Hemacolor) zum Einsatz. Alternativ kommt auch die Kombination aus schneller Alkoholfixation und modifizierter ultraschneller Papanicolaou-Färbung infrage. Auch schnelle Methylenblau- und Hämatoxylin-Eosinfärbungen sind möglich. Die genannten Verfahren gewährleisten, dass innerhalb von 2–3 min nach Aspiration befundungsfähige Ausstriche

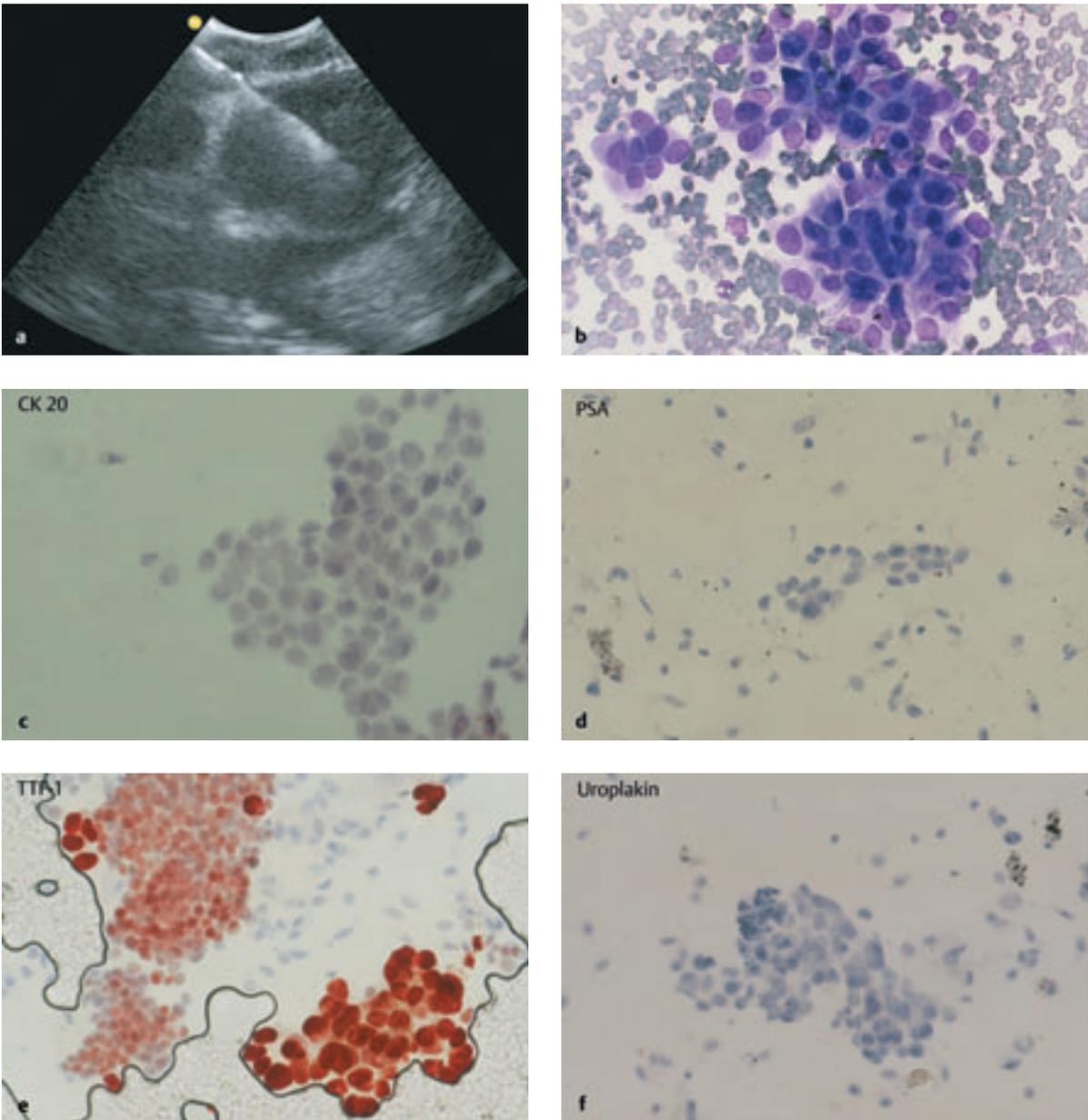


Abb. 6.8a–f Transbronchial gewonnene FNA (a) aus einem vergrößerten mediastinalen Lymphknoten bei einem Patienten mit drei kurativ behandelten Tumorerkrankungen in der Anamnese (Kolonkarzinom 9 Jahre, Harnblasenkarzinom 7 Jahre und Prostatakarzinom 3 Jahre vor aktueller Erkrankung). Zytologische Diagnose eines nichtkleinzelligen, am ehesten Adenokarzinoms. Differenzialdiagnostisch kann nicht zwischen Spätmetastasen einer der drei onkologischen Vorerkrankungen und einem Bronchialkarzinom unterschieden werden. Die Immunzytochemie erlaubt die Diagnose eines pulmonalen Adenokarzinoms als vierte maligne Neoplasie des Patienten.

a EBUS-TBNA.

b Hemacolor-Schnellfärbung.

c Immunzytochemie: CK20 negativ.

d Immunzytochemie: PSA negativ

e Immunzytochemie: TTF-1 positiv (CK7 positiv nicht abgebildet).

f Immunzytochemie: Uroplakin negativ.

modifiziert werden. In einer Fallserie von 47 Patienten mit fokalen Leberläsionen und eingeschränkter Gerinnung (Thrombozyten  $< 50 \times 10^9/l$  und/oder Quick  $< 50\%$ ) traten nach FKDS-gesteuerter FNA (FKDS: farbkodierte Duplexsonografie) keine schwerwiegenden Blutungen und nur bei 3 Patienten (8,5%) geringfügige Komplikationen auf [139]. Bei ähnlichen Patientenpopulationen haben sich auch Embolisierungen des Stichkanals mit gerinnungsaktiven Substanzen nach Biopsie als sicher erwiesen [109, 140, 141]. Abweichungen von den oben genannten Kontraindikationen müssen aber Gegenstand des Aufklärungsgesprächs und der Einverständniserklärung sein und mit der Begründung für die Abweichung von der Empfehlung dokumentiert werden.

### ■ Gerinnungsaktive Therapie und Thrombozytenaggregationshemmer

Unter einer Therapie mit gerinnungsaktiven Pharmaka und Thrombozytenaggregationshemmern müssen Nutzen und Risiko einer sonografisch-gestützten Intervention einerseits und der Beendigung bzw. Antagonisierung dieser Therapie andererseits sowie die Dringlichkeit der Intervention abgewogen werden. Dazu muss die Indikation einer Antikoagulation oder Thrombozytenaggregationshemmung bekannt sein. Im Einzelfall muss die Risikoabwägung gemeinsam mit dem verordnenden Fachkollegen (Kardiologe, Angiologe, Gefäßchirurg, Neurologe) vorgenommen werden. Sie muss Bestandteil des Aufklärungsgesprächs und der Dokumentation sein. Pharmakalogische Parameter sind für die zeitliche Planung des Eingriffs und eine Antagonisierung zu berücksichtigen.

### ■ „Riskante“ Läsionen und Zugangswege

Als „riskante Läsionen“ für sonografisch-gestützte Biopsien werden in der Literatur z.B. Hämangiome genannt. Dennoch muss auf kleinere Fallserien hingewiesen werden, in denen über die komplikationsfreie sonografisch-gestützte Biopsie von Leberhämangiomen berichtet worden ist [142, 143]. Noch besser belegt ist die Sicherheit der ultraschall-gestützten Biopsie von Milzparenchym und fokalen Milzläsionen [15, 144–149].

Auch das Risiko des Zugangsweges ist relativ und hängt von der Erfahrung des Interventionalisten ab. Lange galt die ultraschall-gestützte perkutane Biopsie von tief gelegenen retroperitonealen Lymphknoten, mesenterialen und gastrointestinalen, perivaskulären und lienalen Raumforderungen als riskant, obwohl gerade der Ultraschall durch die Möglichkeit der Real-time-Visualisierung der Zielläsion in verschiedenen Ebenen und die

Möglichkeit der dosierten Kompression Vorteile für die Optimierung des Zugangs bietet. In der Tat haben Arbeiten der letzten Jahre zeigen können, dass auch die genannten Läsionen mit „riskantem Zugangsweg“ ultraschall-gestützt mit geringem Risiko bioptiert werden können [119, 150–160] (Abschnitt 9.6 und Abschnitt 9.9: „Häufig gestellte Fragen“, Fragen 4, 6, 7).

! Im Falle relativer Kontraindikationen muss eine sorgfältige Risikoabwägung auch unter kritischer Bewertung der eigenen Expertise erfolgen.

## 9.5 Komplikationsmanagement

### ■ Nachsorge und Erkennung von Komplikationen

Unmittelbar nach Intervention erfolgt regelhaft eine sonografische Kontrolle, bei der gezielt nach neuen Flüssigkeitsansammlungen, freier Luft, Pneumothorax, Katheterfehllage oder anderen Hinweisen auf eine Komplikation gesucht wird. Ein Hinweiszeichen für eine klinisch relevante Blutung ist die Persistenz eines „offenen Stichkanals“ mit farbduplexsonografischem Nachweis eines Flusses im Nadeltrakt (Abb. 9.1).

In einer Untersuchung an 352 Patienten mit sonografisch-gestützter Leberbiopsie wurde in 43 Fällen (12%) unmittelbar postinterventionell ein Fluss im Stichkanal beobachtet, der in 39 Fällen in  $< 5$  min sistierte. Eine klinisch signifikante Blutung trat bei 5 Patienten auf. Bei 4 von ihnen lag ein „offener Stichkanal“ vor, der in 3 Fällen  $> 5$  min nachweisbar war [161]. Bei Nierenbiopsien ist ein postinterventionell nachweisbares perirenales Hämatom ein Prädiktor klinisch relevanter Blutungskomplikationen (PPV 43% [PPV: positive predictive value], NPV 95% [NPV: negative predictive value]) (Abb. 9.2) [37, 162].

Nach jeder ultraschall-gestützten Biopsie oder therapeutischen Intervention ist eine definierte Nachsorge zwingend. Wir schlagen nach einer perkutanen ultraschall-gestützten Biopsie eine Bettruhe von 2 h mit halbstündlichen klinischen Kontrollen (Allgemeinzustand, Schmerzen, andere Symptome, Blutdruck, Puls) vor. Im Falle klinischer Hinweiszeichen auf eine Komplikation ist eine nochmalige Ultraschalluntersuchung die Erstmaßnahme, die ggf. durch weitere Bildgebungsmaßnahmen (CT, Angiografie) ergänzt werden muss. Die CEUS ist eine ausgezeichnete und ggf. auch wiederholbare Möglichkeit, eine persistierende aktive Blutung (Abb. 9.3, 9.4, Abb. 9.5) [163] oder eine Katheterfehllage [164] nachzuweisen.

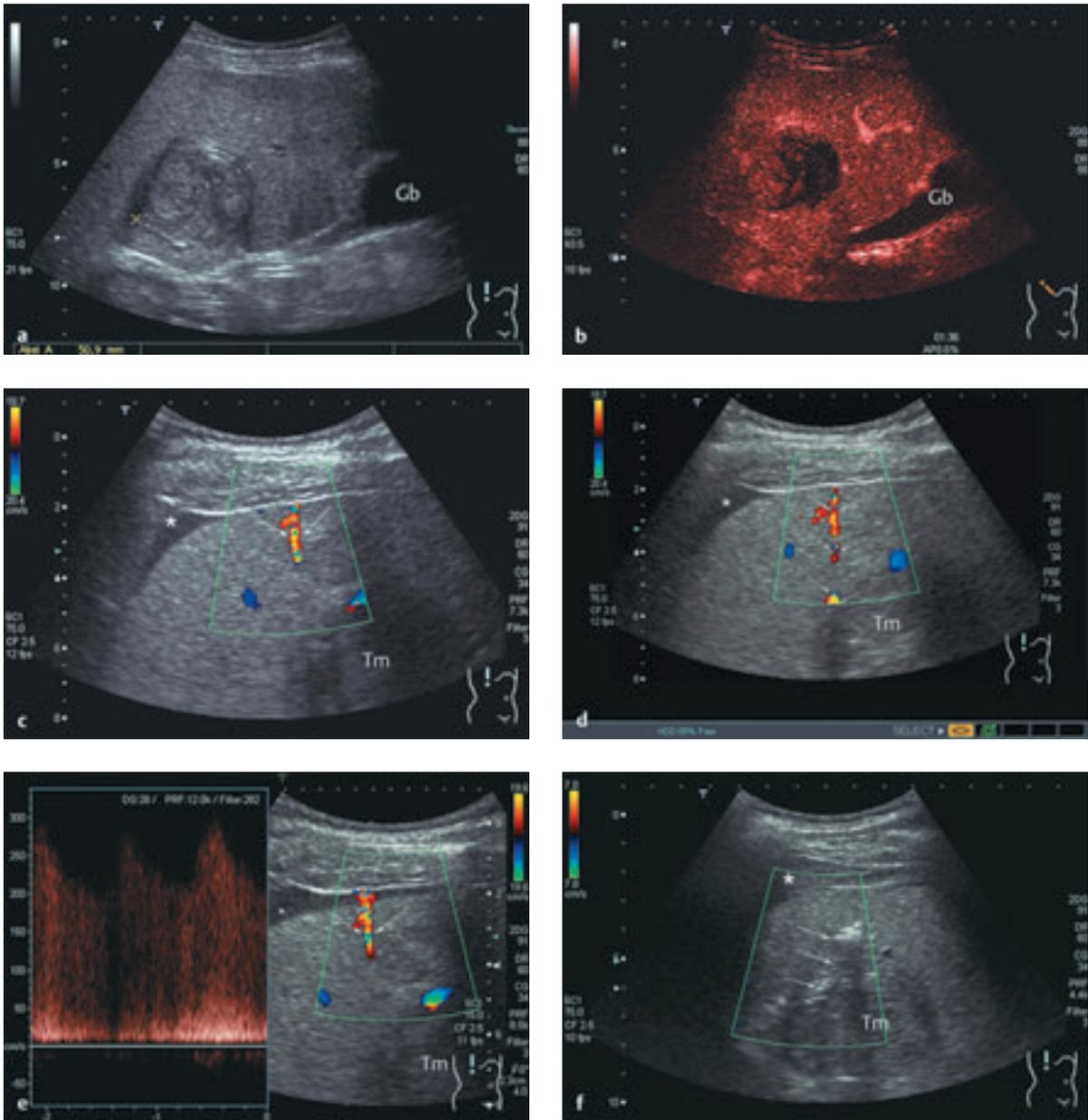


Abb. 9.1 a–f „Offener Stichkanal“ und intraabdominelle Blutung nach Biopsie (18 Gauge, Biopince) einer Leberraumforderung bei Leberzirrhose (m, 60 Jahre; Histologie: hepatozelluläres Karzinom bei Hämochromatose).

- a** Etwa 5 cm große heterogene Raumforderung mit echo-gener Pseudokapsel (Gb: Gallenblase).
- b** In der CEUS (1,5 ml SonoVue, Bracco) partielle Entspei-cherung der arteriell hypervaskulären Raumforderung in der Spätphase.
- c, d** 1 min nach Biopsie (18 Gauge, Biopince, Pflugbeil) Ent-wicklung eines echoarmen Saums zwischen Leber und Peritoneum (Stern) sowie Darstellung eines hochfre-quenten Flusssignals (Pfeilmarkierung) zwischen Raum-forderung (Tm) und Leberkapsel. Der Blutfluss über die Leberkapsel hinaus ist auch mit dem pw-Doppler gut dar-stellbar.

- e, f** Nachdem die Blutung mehr als 5 min persistiert und der Patient Schmerzen und eine Hypotonie entwickelt, er-folgt mit einer 22-Gauge-Nadel die ultraschall-gestützte Injektion von Thrombinlösung in den Stichkanal: die Blu-tung steht sofort nach Injektion (Pfeilmarkierungen: echo-gene Reflexe nach Thrombininjektion). Das zunächst echoarme subphrenische Hämatom ist 25 min nach Blu-tungsbeginn deutlich echogener (Sternmarkierung) und am Folgetag nicht mehr nachweisbar.

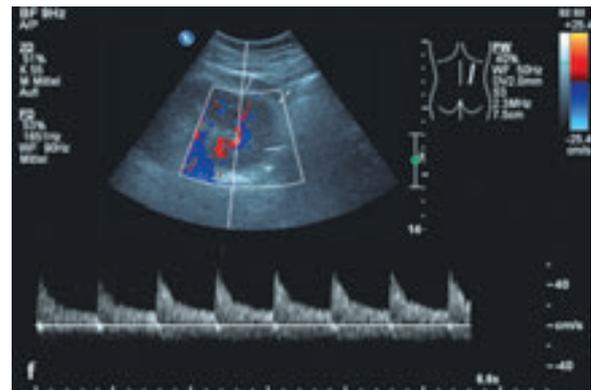
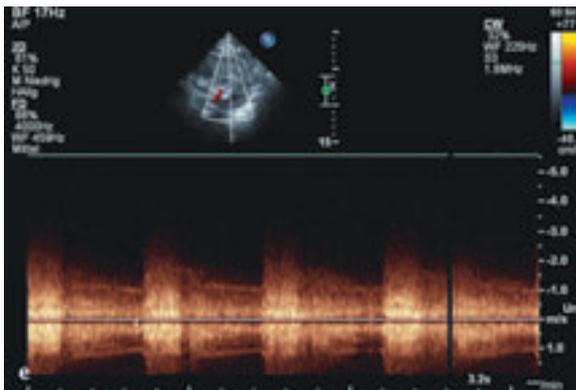
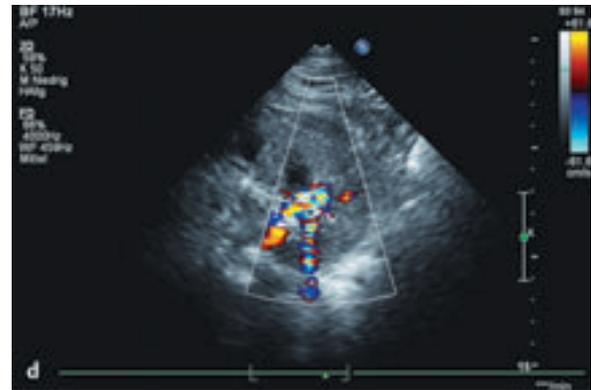
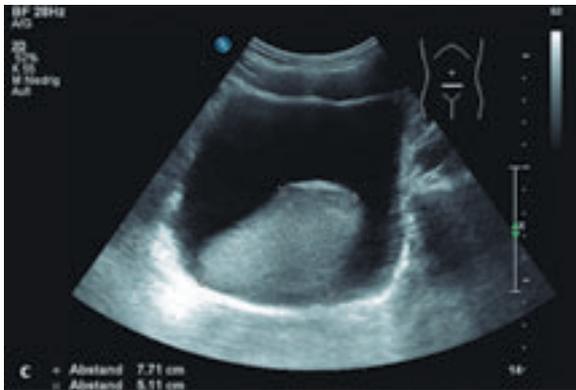
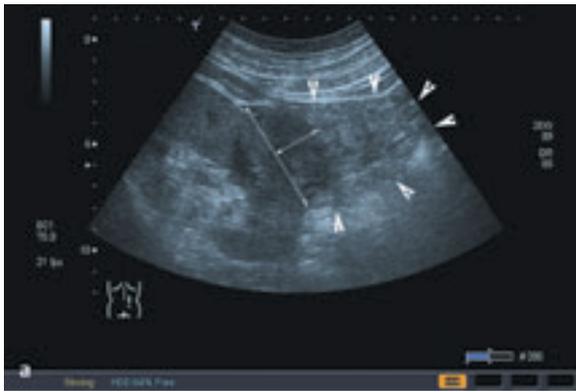


Abb. 9.2a–f Klinisch relevante Blutung und kleine arteriovenöse Fistel nach Nierenparenchympiopsie (18 G Biopince) bei einem Patienten mit nephrotischem Syndrom.

- a** Unmittelbar nach Punktion beim beschwerdefreien Patienten Darstellung eines echoarmen subkapsulären Hämatoms (zwischen den Markern) und eines echogenen pararenalen Hämatoms (markiert durch Pfeilspitzen) im Punktionsbereich (unteres Nierendrittel).
- b** 7 h nach Punktion Flankenschmerzen, Hämaturie, unvollständige Blasenentleerung und Strangurie, Harnstauung (Sternmarkierung) und gering progredienter Hämatomsaum (Pfeile).
- c** Zusätzlich kommt ein großes echogenes Koagel (zwischen den Markern) in der prall gefüllten Harnblase zur Darstellung.

- d** Ursache der Blutung in das Nierenhohlraumsystem ist eine arteriovenöse Fistel im unteren Nierendrittel (FKDS).
- e** Darstellung der Fistel im cw-Doppler: PSV 3 m/s, EDV: 1,3 m/s.
- f** Nach Therapie (Bettruhe, Harnblasenspülung, 2 Transfusionseinheiten Erythrozytenkonzentrat) sistiert die Blutung nach 3 Tagen. Kontrolle vor Entlassung: beschwerdefreier Patient mit normaler Miktion, noch geringer Hämatomsaum (Pfeilmarkierung), normalisiertes Flussprofil (pw-Doppler) in der Segmentarterie des unteren Nierendrittels.

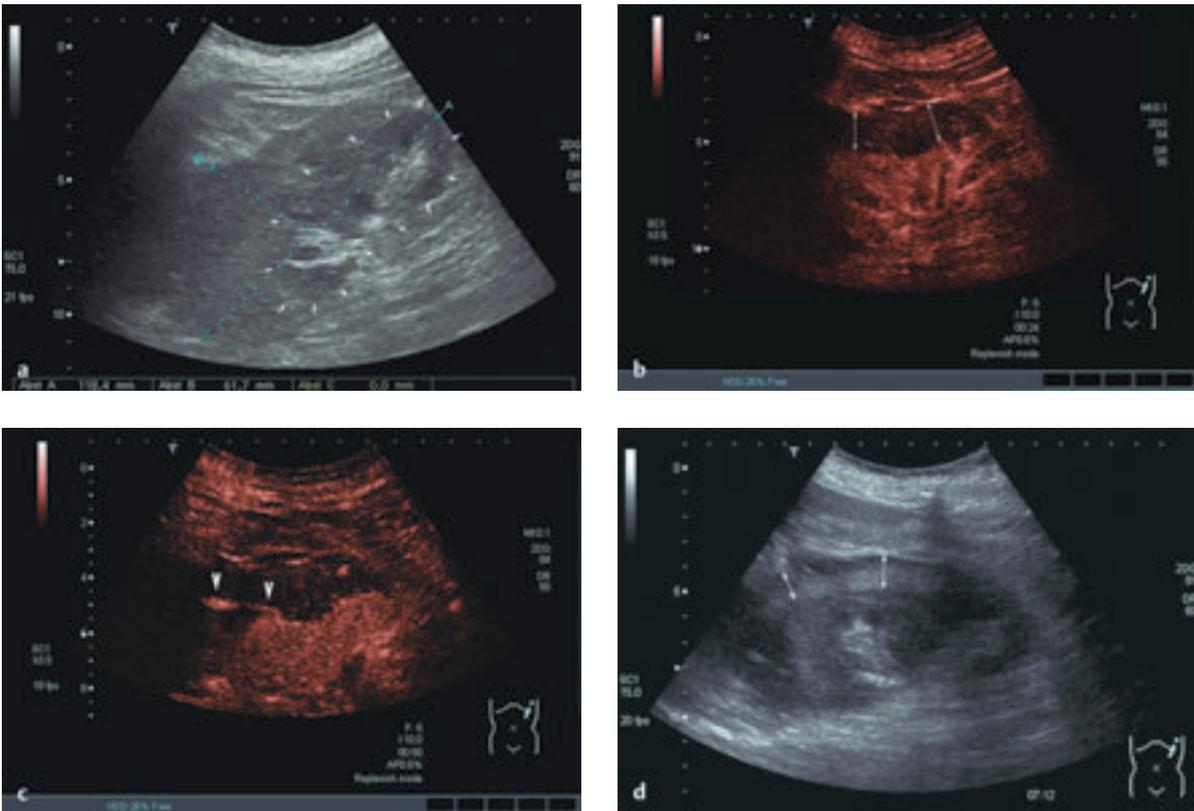


Abb. 9.3a–d Nachweis eines perirenaln Hämatoms mit noch aktiver Blutung durch CEUS (2,5 ml SonoVue, Bracco) nach perkutan-transluminaler Angioplastie einer Nierenarterienstenose (RPTA: renale perkutane Angioplastie) links.

**a** 4 h nach RPTA ist der echogene Hämatomsaum kaum von der durch Pfeile markierten Nierenkontur abgrenzbar.  
**b** 24 s nach Injektion des Ultraschallkontrastverstärkers: gute Differenzierung des avaskulären Hämatomsaums von der gut perfundierten Niere.

**c** 50 s nach Injektion stellt sich eine aktive perirenale Blutung ausgehend vom oberen Nierendrittel dar (Pfeilspitzen).  
**d** Etwas später Darstellung echogener und echoarmer Anteile des Hämatomsaums. Die Blutung sistierte spontan.

Der überwiegende Anteil der Komplikationen tritt sofort oder in einem Zeitintervall von bis zu 4 h nach Intervention auf. Mehr als 80% ereignen sich innerhalb von 24 h [7,8,31,41,166]. In einer Untersuchung, die sich durch einen großen Anteil von Patienten mit hohem Blutungsrisiko (40%) auszeichnet, traten jedoch 70% der Komplikationen erst mehr als 24 h nach Leberbiopsie auf [34]. Bei kooperativen und mobilen Patienten ohne erkennbare Risikofaktoren ist daher eine mehrstündige bis eintägige engmaschige klinische Nachsorge nach ultraschall-gestützten Biopsien ausreichend. Eine postinterventionelle Ultraschallkontrolle vor Entlassung ist empfehlenswert. Ein Entlassungsgespräch mit konkre-

ten Hinweisen auf die Möglichkeit von Spätkomplikationen und deren Symptome ist obligat und muss dokumentiert werden. Komplikationen sonografisch-gestützter Interventionen sollten in jedem Zentrum standardisiert und prospektiv erfasst werden. Die Teilnahme an der Registerstudie der DEGUM wird empfohlen ([www.degum.de](http://www.degum.de)).

**!** Standardisierte Nachsorge und Dokumentation von Komplikationen sind obligat.

Tabelle 12.1 Punktionsindikation bei parenchymatösen Lebererkrankungen.

Erkrankung	Kürzel	Indikation zur Histologie
Akute Virushepatitis	AVH	Bei klinisch fulminantem Verlauf und drohendem Leberausfall
Chronische Virushepatitis	CVH	Graduierung vor Therapie und im Verlauf
Autoimmune Hepatitis	AIH	Zur Diagnosesicherung und Verlaufskontrolle
Primär biliäre Zirrhose	PBC	Zur Aktivitätsbestimmung und Stadieneinteilung
Primär sklerosierende Cholangitis	PSC	Nur in Ausnahmen, z. B. Overlap-Syndrom
Caroli-Syndrom		Fibrosebestimmung und vor LTX
Vanishing bile duct-Syndrom	VBDS	Unbedingt zur Diagnosesicherung
Venookklusive Krankheit	VOD	Diagnosesicherung
Budd-Chiari-Syndrom	BCS	In der Regel keine Indikation zur Punktion
Nichtalkoholische Steatohepatitis	NASH	Diagnosesicherung möglich
Alkoholische Steatohepatitis	ASH	Zur Fibrose-/Zirrhosegradbestimmung (nicht regelhaft), bei zusätzlichen Erkrankungen, vor LTX
Hämochromatose/Porphyrie $\alpha$ 1-Antitrypsinmangel		Zur Fibrose-/Zirrhosegradbestimmung
Glykogenspeichererkrankung		Biopsie mit Glykogenanalyse ggf. Enzymbestimmung in vitro
Morbus Wilson		Zur Kupferbestimmung bei Diagnosezweifel
Medikamentöse Schäden		Unbedingt zur Diagnosesicherung
Osteomyelofibrose	OMF	Nachweis einer extramedullären Blutbildung

transplantation [LTX]), sodass eine Leberpunktion durchaus gerechtfertigt ist [5]. Autoimmunhepatitiden hingegen sollten vor Therapiebeginn und zur Einschätzung des Verlaufs regelhaft punktiert werden. Auch wird eine histologische Beurteilung vor Beendigung der Therapie empfohlen [6].

Während beim Budd-Chiari-Syndrom mit der Doppelsonografie der Verschluss der großen Lebervenen hinreichend dargestellt werden kann, kann die Diagnose einer venookklusiven Erkrankung nur histologisch erfolgen.

Bei der chronischen Hepatitis C und B liefert die histologische Graduierung der Virushepatitis (z. B. nach dem Desmet-Scheuer-Score [7]) ein zusätzliches Entscheidungskriterium bei der Therapieplanung, da eine höhergradige Fibrose ein schlechteres Therapieansprechen auf Interferon bedingt. Aus der Beurteilung durch einen erfahrenen Pathologen ergeben sich zudem Aspekte, die in der klinischen Führung der Patienten bedeutsam sein können (z. B. Veränderungen durch eine häufig zusätzlich bestehende NASH mit der Notwendigkeit einer Gewichtsreduktion) [8].

Bei der nichtalkoholischen Steatohepatitis (NASH) setzen wir die transkutane Leberbiopsie routinemäßig zu Differenzialdiagnose und zum Staging ein (Tab. 12.1). Die alkoholinduzierte Hepatitis ergibt sich meist aus der Anamnese und muss nicht regelhaft biopsiert werden. Besteht der Verdacht auf eine entzündliche Hepatitis anderer Genese, z. B. eine Leberbeteiligung bei Sarkoidose, kann in Ausnahmen die Leberbiopsie weiterhelfen – insbesondere dann, wenn die Befundkonstellation der vermuteten Erkrankung nicht eindeutig ist.

### ■ Fokale Leberläsionen

Fokale Leberveränderungen sind nicht zuletzt wegen der Frage der Metastasierung unterschiedlicher Tumor-entitäten in die Leber ein häufiger Punktionsgrund. Durch die hohe Diagnosesicherheit der Kontrastsonografie [9] hat allerdings der Anteil der Biopsien zur Dignitätssicherung abgenommen (geschätzt 5–10%).

## Benigne Läsionen

Hämangiome und fokale noduläre Hyperplasien (FNH) sind die häufigsten, vermehrt bei Frauen auftretenden, benignen Lebertumoren [10]. Meist sind diese bildgebend hinreichend sicher abgeklärt, sodass sich eine Punktion erübrigt (Cave: Differenzierung der fokalen nodulären Hyperplasie [FNH] gegenüber dem fibrolamellären Leberkarzinom schwierig). Hier ist lediglich bei Patienten mit Tumoranamnese und unsicheren Befunden in der Bildgebung eine Punktion indiziert. Dies gilt auch für das deutlich seltenere Adenom der Leber. Bei größeren Adenomen besteht aufgrund der Rupturgefahr von bis zu 30% [11] die Indikation zur Resektion. Hier sollte in Absprache mit dem Operateur über eine präoperative Biopsie entschieden werden.

## Maligne Läsionen

### Metastasen

Die zytologische Feinnadelpunktion von Metastasen bei Patienten mit bekanntem Tumorleiden reicht zur Bestätigung der malignen Histologie oftmals aus. Ist jedoch kein Primärtumor bekannt oder muss ein lebereigener Tumor angenommen werden, ist die Notwendigkeit zur Gewinnung einer Histologie ggf. durch eine Grobnadelpunktion gegeben.

Bei Erstdiagnose einer Lebermetastasierung ohne Wissen des Primärtumors (CUP-Syndrom) kann die Biopsie der Metastasen einen richtungsweisenden Befund ergeben und sollte daher großzügig und frühzeitig eingesetzt werden (Abb. 12.1). Außerordentlich hilfreich ist dabei die immunhistologische Differenzierung.

### Primäre Lebertumore

Die sonografische Darstellung des cholangiozellulären Karzinoms (CCC) ist schwierig und oftmals nur durch den Einsatz von Echokonstrastverstärkern möglich. Eine zytologisch-histologische Sicherung kann bei Einbruch ins Gallenwegssystem im Rahmen der endoskopischen Untersuchung (ERCP: endoskopisch retrograde Cholangiopankreatikografie) erfolgen. In der palliativen Situation kann auch eine transkutane Biopsie eines CCC durchgeführt werden [12, 13], wobei wir meistens eine Feinnadelbiopsie durchführen.

In der zirrhotischen Leber treten hepatozelluläre Karzinome (HCC) gehäuft und Metastasen eher selten auf. Aufgrund der bröckeligen Struktur des zirrhotischen Lebergewebes ist die Gewinnung eines guten Leberstanzylinders erschwert, jedoch gerade in dieser Situation für den Pathologen besonders wichtig, da die Differenzierung von Regeneratknoten, dysplastischen Knoten



Abb. 12.1 Lebermetastasenpunktion. Mammakarzinom, metachrome Metastase, anamnestisch zu dem RCC.

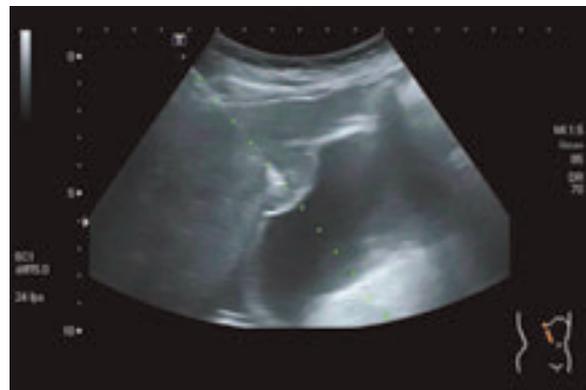


Abb. 12.2 Punktion eines hepatozellulären Karzinoms. AFP 73 kU/l, HCC bei chronischer Hepatitis C direkt neben der Gallenblase = liquide Formation.

und hochdifferenzierten hepatozellulären Karzinomen ohnehin schwierig ist [11] (Abb. 12.2, 12.3).

Durch die kontrastverstärkte Sonografie und die damit darstellbare Anflutungskinetik lassen sich fokale Läsionen in der Zirrhoseleber besser differenzieren. Bei Verdacht auf ein HCC mit potenzieller Resektabilität verzichten wir insbesondere bei positivem  $\alpha$ -Fetoprotein (AFP) auf die Biopsie [14, 15]. Kommen für die Therapie lediglich ablativ Verfahren (Kap. 18, 19) oder eine Chemotherapie infrage, wird der Tumor zuvor bioptiert. Auf Risiken der Punktion bei Aszites und Einschränkung der Gerinnung wird andernorts eingegangen (Kap. 9).

Die Biopsie unter kontrastsonografischen Bedingungen zur besseren Abgrenzung nekrotischer, schlecht perfundierter Areale innerhalb einer fokalen Läsion führt zur Verbesserung der histologischen Resultate. Prinzipiell sollte aus dem gleichen Grund eine Punktion aus dem Randgebiet einer Läsion erfolgen und die Punktion stark vaskularisierter Bereiche bei größeren Läsionen vermieden werden (ggf. Einsatz von CEUS [contrast enhanced ultrasonography]).

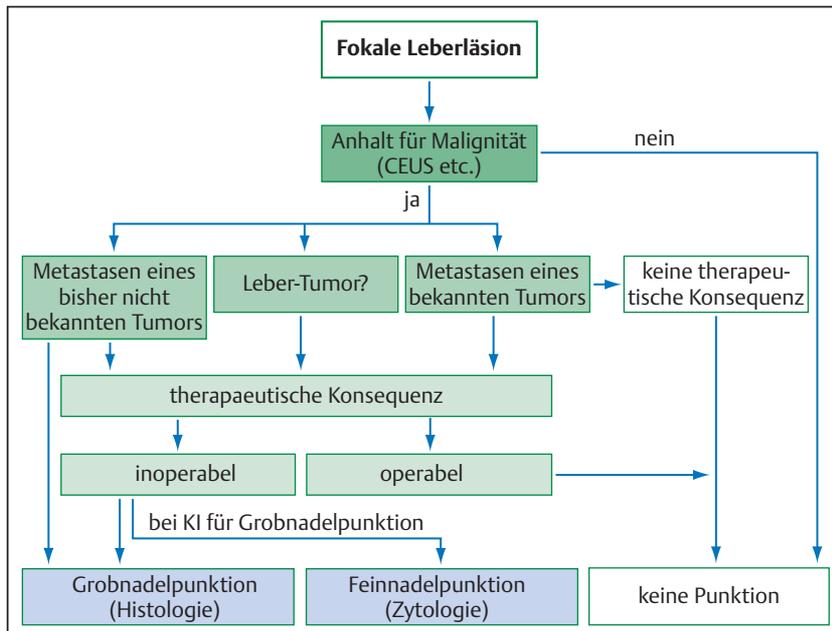


Abb. 12.3 Indikationen zur bioptischen Abklärung der Dignität einer fokalen Leberläsion.

## Liquide Läsionen

Leberzysten und Biliome müssen bei Verdacht auf sekundäre Infektionen punktiert werden. Parasitäre Zysten erfordern nur ausnahmsweise bei nicht eindeutiger Serologie eine diagnostische Punktion. Die häufiger bei immunsupprimierten Patienten auftretenden Leberabszesse sollten vor der definitiven Therapie auch diagnostisch punktiert werden, um Material zur bakteriologischen Untersuchung zu gewinnen. Hier reicht auch die Feinnadelpunktion aus. Diagnostik und Therapie sollten nach Möglichkeit in einer Sitzung erfolgen, falls logistische Änderungen erforderlich sind, z.B. zusätzliche radiologische Ortung, ist zumindest ein zeitnahes Vorgehen sinnvoll (Kap. 16, 17).

## 12.2 Pankreas

Die abdomensonografische Darstellung des Pankreas ist auch für den erfahrenen Untersucher aufgrund der retroperitonealen Lage des Organs dorsal des Magens und Darms nicht immer einfach. Endosonografisch ist das Organ hingegen ausgezeichnet darstellbar und auch die Pankreaspunktion ist zunehmend die Domäne der endoskopischen Ultraschallmethode geworden und der transkutane Punktionsweg heute eher die Ausnahme [16, 17] (Kap. 22). Dies gilt sowohl für das Pankreaskarzinom als auch für neuroendokrine Tumore und gastrointestinale Stromatumore (GIST) in diesem Bereich. In der palliativen Situation ist der Tumor vor der Chemotherapie zu sichern (Abb. 12.4, 12.5) (Kap. 37). Der transkuta-

ne Zugangsweg bleibt eine echte Alternative [18]. Das potenziell operable Pankreaskarzinom ist keine primäre Indikation zur Punktion. Besteht der Verdacht auf eine eher seltene Pankreasmetastasierung (z.B. bei Nierenzellkarzinom in der Anamnese), kann ebenfalls die transkutane Biopsie als Primärmethode eingesetzt werden.

Eine zystische Pankreasläsion stellt grundsätzlich ebenfalls eine Indikation zur sono-/endosonografisch gesteuerten Punktion dar (Abb. 12.6) (Kap. 22). Bei Pseudozysten, die aufgrund der klinischen Situation und der Anamnese des Patienten in der Regel sicher als solche differenzierbar sind, sollte bei dem Verdacht auf eine Infektion oder auf einen Abszess eine diagnostische Punktion zur Keimgewinnung mit einer dünnen Punktionsnadel transkutan oder endosonografisch erfolgen [19, 20].



Abb. 12.4 Punktion eines inoperablen Pankreaskarzinoms vor palliativer Chemotherapie.

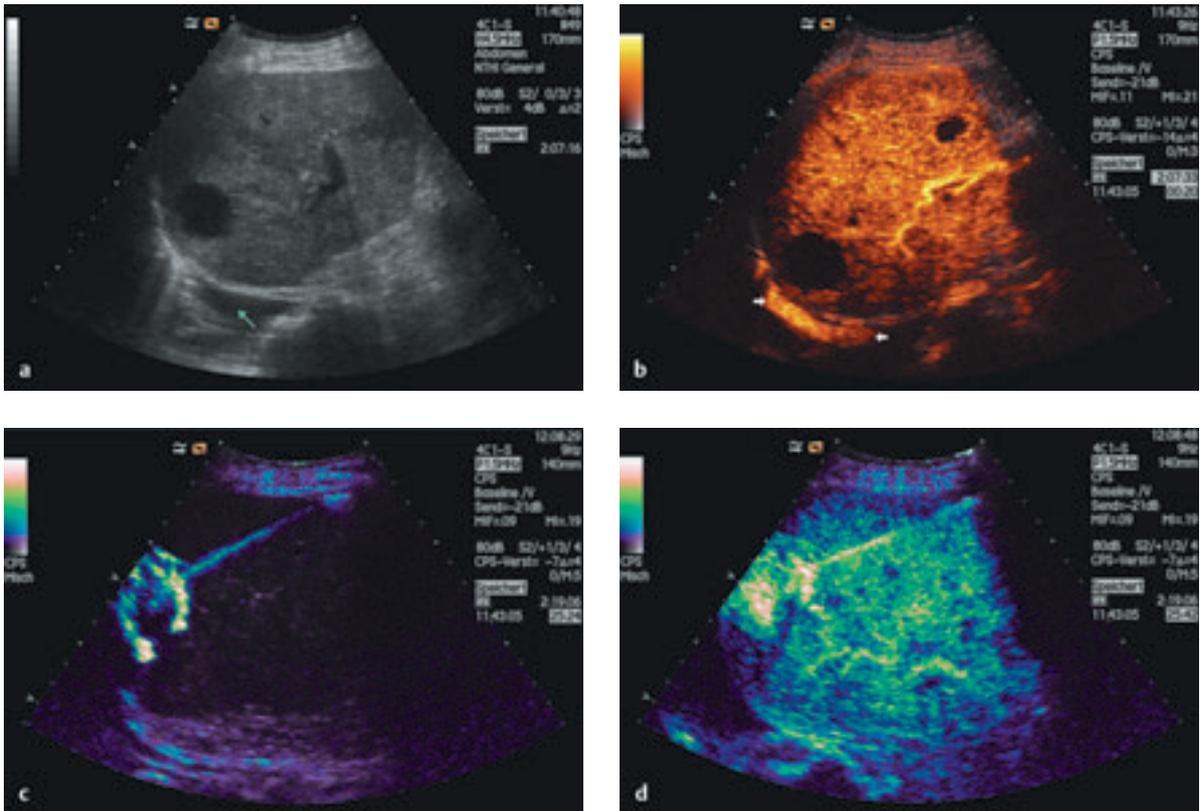


Abb. 15.9a–d Abszess mit Kommunikation in die Pleurahöhle (a,b). Die Abszessdrainage erfolgte sonografisch kontrolliert mit Applikation von SonoVue in die Abszesshöhle (c) und intravenös (d); letzteres, um nicht drainierte Anteile sicher zu erkennen (oder auszuschließen).

und nach vorsichtiger Bougierung auf den stärkeren Draht gewechselt, da über diesen die Dilatation erfolgen muss. Diese Drähte sind knickstabil und erlauben die Bougierung des Stichkanals über die Seldinger-Technik. Die Verwendung eines Lunderquist-Drahts hat zwar den Vorteil, hier mittels eines ausgesprochen stabilen Führungsdrahts die Führung der Bougies zu erleichtern, wegen der Steifheit ist jedoch die Perforationsgefahr erhöht. Bis zu einem Durchmesser von 10 French besteht jedoch in der Regel nicht die Notwendigkeit der zusätzlichen Bougierung, sodass die sich distal verjüngenden Drainagekatheter direkt über den Führungsdraht in den Abszess vorgeschoben werden können. Nach Entfernung des Führungsdrahts entwickelt der Katheter dann an der Spitze seine typische Form, wobei heute überwiegend Pigtail-Katheter mit oder ohne Faden zur Anwendung kommen. Abschließend kann der Katheter mittels einer Halteplatte oder einer Naht fixiert werden (Abb. 15.10).

### ■ Aspirationspunktion

Die sogenannte Entlastungspunktion mit quantitativer Aspiration des Abszessinhalts (ohne oder mit Spülung) ist bei Abszessen <5–8 cm indiziert oder zumindest überlegenswert und kann nach 1–3 Tagen wiederholt werden. Je nach Literaturangabe wird nach 2 oder 3 Aspirationspunktionen die Drainageanlage empfohlen, wenn kein Therapiefortschritt zu erkennen ist. Die Abpunktion hat in mehreren Studien eine gute Erfolgsrate im Vergleich zum Vorgehen mittels Einlage einer Drainage bei Herden bis 50 mm. Als Argumente für die Abpunktion und gegen die Einlage einer Drainage wird angeführt, dass die Technik der Aspirationspunktion unter Ultraschallführung einfacher und die Punktionsrate unproblematischer ist und dass die Komplikationen in der überwiegenden Mehrzahl durch den Drainagekatheter und weniger durch die initiale Punktion entstehen. Somit muss die Entscheidung individuell getroffen werden und wird beeinflusst u. a. durch die Größe, Abkapselung und Lage des Abszesses (z. B. Parenchymabszess, interenterischer Abszess, retroperitonealer Abszess). Gegebenenfalls werden bei z. B. multiplen Leberabszessen auch

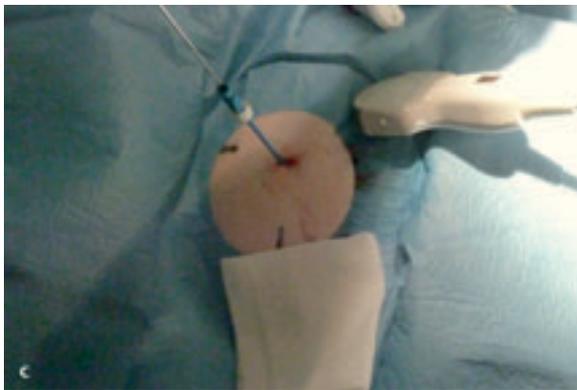


Abb. 15.10a–d Seldinger-Technik mit Chiba-Nadel.

a Einführung des Führungsdrahts über die platzierte Chiba-Nadel.

b Vorschub des Drainagekatheters.

c Entfernung des Führungsdrahts.

d Abschließende Fixierung des Katheters mittels Naht.

beide Verfahren, die Kathetereinlage und quantitative Aspirationspunktion, erforderlich.

Eine schwache Evidenz existiert für die Strategie bei Abszessen > 50 mm eine Drainage einzulegen [35]. Mehrere Autoren berichteten über erfolgreiche Behandlungen durch ggf. repetitive, geschlossene Aspirationspunktionen bei Patienten mit Milz- und Leberabszessen, z. T. mit lokaler Instillation eines Antibiotikums in die Abszesshöhle. Im Schnitt sind hier, abhängig von der initialen Abszessgröße, pro Abszess 2–3 Interventionen erforderlich. Andere Autoren berichten über eine geringere Erfolgsrate bei Abpunktionen [36]. Die Datenlage in der Literatur krankt allerdings daran, dass unterschiedliche Strategien verfolgt werden. Die Autoren, welche einen Vorteil in der Abpunktion sehen, führen deutlich mehr Interventionen durch und verwenden dünnere Drainagen (z. B. 8 French [6]). Autoren, die eine Drainage favorisieren, verlassen die Strategie der Abpunktion bereits nach 2 Punktionen. Interessanterweise ist die Krankenhausesverweildauer bei beiden Prozeduren gleich.

Unabhängig vom Drainageverfahren muss eine engmaschige Bildgebung gewährleistet sein. Bei der Anlage

einer Abszessdrainage kann der Erfolg auch klinisch über das Abfließen des Materials überprüft werden.

Zusammenfassend kann als gesichert gelten, dass ggf. die repetitive, geschlossene Aspirationspunktion bei Abszessen mit 5–8 cm Durchmesser mit flüssigem Sekret erfolgreich sein kann und für den Patienten keinen Nachteil bedeutet.

## ■ Drainage

Im Unterschied zur einfachen Punktion werden bei der Abszessdrainage Katheter verwandt. Die platzierten Drainagen werden weiterhin über einen längeren Zeitraum belassen und können Nachbarstrukturen irritieren bzw. Keimaszendierungen verursachen. Daher ist es vor Beginn der eigentlichen Punktion von erheblicher Bedeutung, dass zum einen der Zielort exakt darstellbar ist und zum anderen ein möglichst kurzer Punktionsweg gewählt wird, der als sicher zu betrachten ist. Bei dieser Routenplanung müssen u. a. Blutgefäße gemieden werden, Eingriffe durch die Pleura stellen eine (relative)

Kontraindikation dar, ein translienaler Zugangsweg muss ebenfalls vermieden werden. Die Drainage oberflächennaher Parenchymabszesse beinhaltet eine höhere Komplikationsrate. Bei der Planung des Zugangswegs sollte ein Sicherheitsabstand von ca. 5–10 mm von Gefäßen, Darm, Ureteren und Nerven eingehalten werden [37]; zu beachten ist insbesondere das Abszessstadium (von der phlegmonösen Entzündung bis zur Ausbildung einer Abszessmembran).

### ■ Kombinierte Verfahren, multiple Abszesse

Im Zuge der fortschreitenden Interdisziplinarität werden in Zukunft vermehrt kombinierte Verfahren, z. B. perkutane, endoskopische, endosonografische und laparoskopische Zugänge zur Anwendung kommen. Inzwischen sind durch die verschiedenen endosonografischen Verfahren Punktionen über den oberen und unteren Gastrointestinaltrakt sowie transvaginal möglich [38, 39]. Diese Zugangswege werden in einem eigenen Kapitel (Kap. 22, Endosonografie) erläutert, jedoch in diesem Beitrag nicht besprochen. Bei retroperitonealen Prozessen sollte, wenn möglich, ein dorsaler Zugang außerhalb der Bauchhöhle gewählt werden.

Bestehen mehrere Abszessformationen in einem Organ, so sollte vor dem Eingriff deren Kommunikation geprüft werden. So kann es bei multiplen Leberabszessen erforderlich werden, an mehreren Stellen zu drainieren bzw. perkutane und transpapilläre Verfahren zu kombinieren. Entscheidend an dieser Stelle ist jedoch nicht nur die Ausdehnung des Abszesses, sondern auch die Empfindlichkeit des Zielorgans.

### ■ Besonderheit Kompartiment-Syndrom

Die Peritonitis und seltener das abdominale Kompartiment-Syndrom nach Spontanperforation (oder häufiger nach Endoskopie) können einen lebensbedrohenden Zustand darstellen, der zu schnellem Reagieren zwingt. Hierbei sind die zahlreichen Punktionsstellen der Abdominalhöhle möglich, und man wird den Weg des geringsten Risikos wählen [40]. Dazu gehört, dass man sonografisch vor der Punktion mögliche Kollateralgefäße in der Bauchdecke ausschließt. Für die Entlastungspunktionen haben sich großlumige Braunülen/Flexülen aus dem Klinikalltag bewährt. Bei oberflächlichen Abszedierungen, z. B. Bauchdeckenabszessen mit Fistelungen, kann der Ultraschall bildgebend die Einführung von weichen Drainagesonden unterstützen, ohne dass hier Gewebe verletzt wird [41].

### ■ Naht

Abschließend kann der Katheter mittels einer Halteplatte oder einer Naht fixiert werden. Wir bevorzugen die Fixierung durch eine Naht. Hierzu wird ca. 5–10 mm neben der Eintrittsstelle des Drainagekatheters U-förmig durch die Haut gestochen und das Nahtmaterial mittels drei chirurgischer Knoten direkt auf der Haut fixiert. Anschließend werden ca. 10 mm oberhalb dieses Knotens beide Fäden noch einmal verknötet, und von diesem Punkt aus wird der Drainagekatheter umschlungen und festgeknotet, sodass insgesamt 3-mal geknotet werden muss (Abb. 15.11).

Als Erleichterung kann zwischen der ersten Fixation auf der Haut und der Verknötung der Fäden im Abstand der hintere Teil einer Pinzette gehalten werden. Dies verhindert, dass die Knoten beim Straffziehen in Richtung Hautoberfläche verrutschen. Diese Technik der etwas über der Eintrittsstelle positionierten Fixation erlaubt eine bessere Wundversorgung, da die Einstichstelle nicht durch Fäden überlagert ist. Die eigentliche Fixation des Katheters sollte gefühlvoll erfolgen, da sonst das Lumen zugedrückt oder der Katheter beschädigt wird. Eine zu lockere Fixation erfüllt dagegen nicht ihre Bestimmung.

Bei der Wahl des Nahtmaterials kann auf ein reichhaltiges Angebot zurückgegriffen werden. In früheren Jahren war es üblich, dass Faden und Nadel getrennt bereitgestellt wurden. Als Fäden kamen Naturseide oder Catgut (Tierdarm) zur Anwendung. Heute werden fast ausschließlich moderne Kunststoffe verwendet. Das Fadenmaterial wurde früher unter Flüssigkeit in Flaschen als Meterware angeboten und vor Ort geschnitten. Dabei war es nötig, den Faden immer wieder neu in der Nadel einzuspannen. Heute wird eine fixe Nadel-Faden-Kombination geliefert, bei der Nadel und Faden eine Einheit bilden. Bei den Nadeln gibt es verschiedene Größen, gerade oder gebogene, runde glatte oder dreieckförmige mit scharfen Kanten usw. Beim sogenannten atraumati-

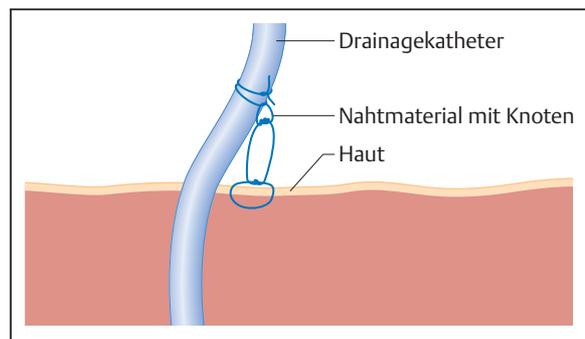


Abb. 15.11 Platzierung des Fixationsfadens und dessen Verknötung.

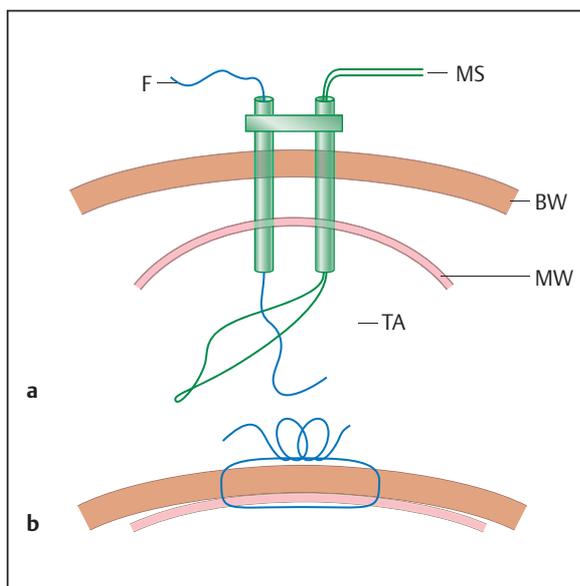
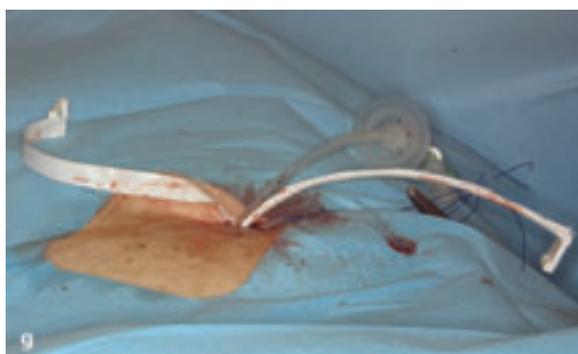
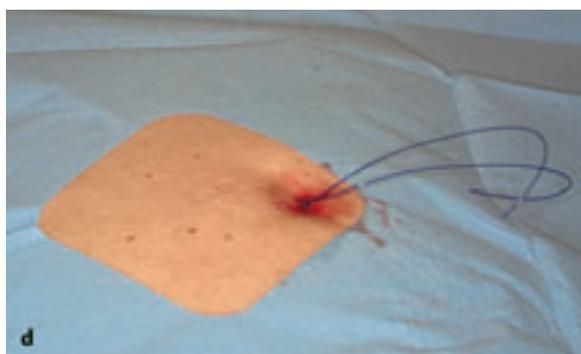
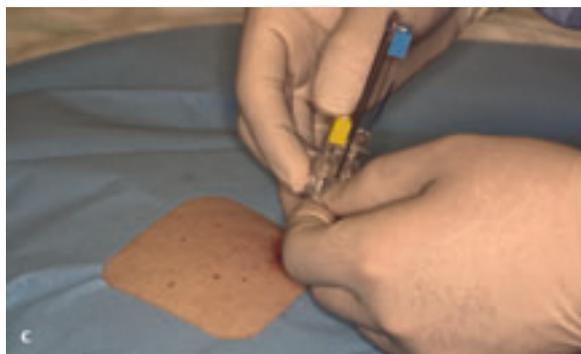
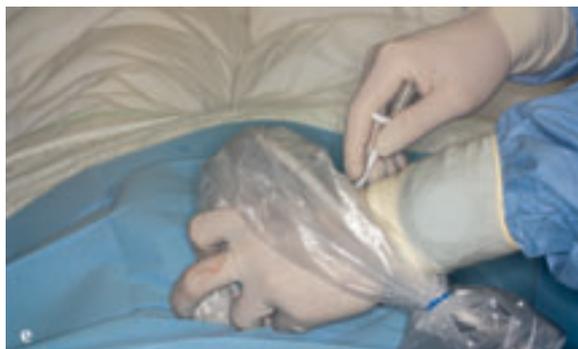


Abb. 21.4a–g Einsatz eines Gastropexie-Systems. Grafische Darstellung des Prinzips (a,b): F = Faden, MS = Drahtschleife, TA = T-Anker, MW = Magenwand, BW = Bauchwand. Am Patienten (c–g) sind dann die weiteren Schritte dokumentiert. Zunächst wird die Bauch- und Magenwand durchstoßen, dann die Gastropexie durchgeführt. In Folge wird mit dem Trokar nach luminal vorgegangen, dann unter Belassen und Aufziehen der Schleuse die Gastrostomiesonde eingelegt.



Die Instillation von verdünnter Kontrastmittellösung ermöglicht eine schnelle und günstige Übersicht, verklebt nicht und kann durch hochfrequente Ultraschallimpulse zerstört werden, falls störende Kontrastmittelreste übrig bleiben. Hierdurch können suffizient Komplikationen dargestellt werden. In Abb. 21.6 wurde bei stark granuliertem Stichkanal eine fehlerhafte Messung des Stichkanals bei Anwendung eines Button-Systems durchgeführt und ein zu kurzer Katheter gewählt. Bei Befüllen des Ballons kam es zu Schmerzen. Durch

die Sonografie mit Kontrastmittelinjektion konnte die intragastrale Lage der Katheterspitze, im Anschluss durch Kontrastmittelinjektion in den Ballon, aber auch die Lage des Ballons in der Magenwand einfach und schnell dargestellt werden.

Abb. 21.7 zeigt die Injektion über die Drainage nach Platzierung, hier ist die extragastrale Lage der Sonde evident. Mutmaßlich ist einer der Anker bei der Dilatation disloziert.



Abb. 21.5 Material zur perkutanen Anlage einer sonografisch-gezielten Gastrostomie am Beispiel einer 12-French-Drainage mit Schlaufenhaltesystem. 1: T-Anker; 2: Einführschleuse 5 French; 3: Führungsdrähte; 4: Dilatatoren 7, 10 und 12 French; 5: Gastrostomiedrainage 12 French; 6: Einführ-Versteifungskanüle (stumpf); 7a–c = Befüllungs- und Fixierungsmaterial.

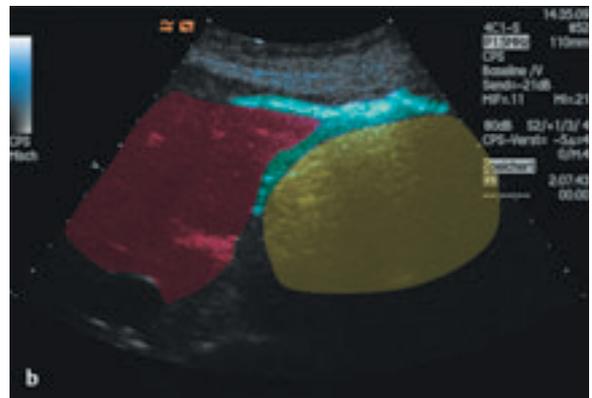


Abb. 21.7a,b Perkutan sonografisch gezielte Anlage einer PSG ohne ösophageale Passage in palliativer Intention bei einer Patientin mit anaplastischem stenosierendem Schilddrüsenkarzinom. Die Abbildung erfolgt in einem Sagittalschnitt.

- a Die Dilatation des Stichkanals führte zu einer Dislokation der Gastrostomiesonde; die Injektion von Ultraschallkontrastmittel zeigt dann die perihepatische Kontrastierung.
- b Zur Verdeutlichung der Anatomie wurde der linke Leberlappen rot, der Magen gelb und das perigastrische bzw. perihepatische Kontrastmitteldotat grün eingefärbt.

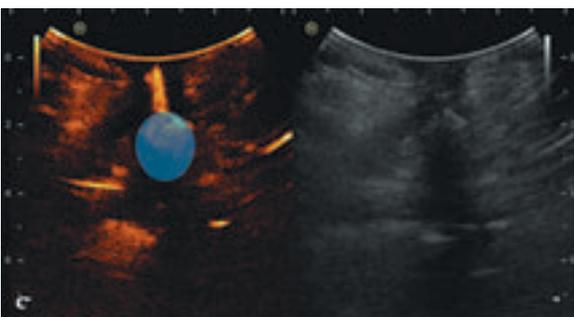
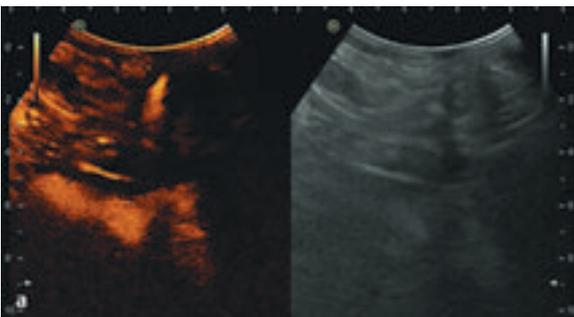


Abb. 21.6a–c

- a Kontrastmittelinjektion nach einem Wechsel eines Gastrostomie-Button-Systems, welches von einem Ballon fixiert wird. Nach Abmessung der Tiefe wurde ein neues Button-System angepasst, nach Blocken des Ballons kam es zur Schmerzäußerung durch den Patienten. Hier zeigte sich dann nach Injektion von 0,1 ml Sonovue in 20 ml Kochsalzlösung, dass der Button in den Magen mündet.
- b Nach Injektion der gleichen Konzentration von Sonovue in den Ballon zeigte sich, dass der Ballon im Kanal zu liegen kam.
- c Der Ballon ist violett und das persistierende Kontrastmitteldotat im Magen gelb markiert.

Auch tief liegende oder nicht palpable periphere Venen lassen sich bei schwierigen anatomischen Verhältnissen bei Erwachsenen (Adipositas) und Kindern ultraschallgeführt zuverlässig punktieren [51, 52]. Dazu wird unter Anlage eines Venenstaus am Oberarm die Vene in der langen Achse proximal der Punktionsstelle dargestellt, eine Hand hält den Schallkopf, die andere punktiert (Abb. 31.10). Zur Anlage einer einfachen Venenverweilkanüle reicht die Haut- und Schallkopfesinfektion aus, die Kanüle darf den Schallkopf nicht berühren.

! Mehrere Fehlpunktionen peripherer Venen: Ultraschall einsetzen.

Zur arteriellen Kanülierung (Blutgasanalyse, invasive Blutdruckmessung) kann die Sonografie ebenfalls eingesetzt werden. Hier punktieren wir üblicherweise in der kurzen Achse (Abb. 31.11). Vor Punktion wird mittels Farbdoppler die Offenheit beider Unterarmarterien (A. radialis und A. ulnaris) überprüft, um eine kritische Ischämie der Hand zu vermeiden.

### ■ Endovaskuläre Therapien

Schlecht palpable Femoralarterienpulse, Vernarbungen der Leistenregion und ausgeprägte Adipositas können Ursache für ein Scheitern der Punktion der Femoralarterie bei der Angiografie sein. Über eine cw-Doppler-gesteuerte Femoralarterienpunktion bei schlecht oder nicht palpablen Femoralarterienpulsen wurde erstmals 1980 berichtet [53]. Später konnte gezeigt werden, dass der Einsatz einer speziellen Punktionsnadel mit Dopplerequipment (SmartNeedle) die Häufigkeit von Fehlpunktionen und lokalen Blutungskomplikationen ver-

mindern kann [54]. Mehrere Arbeitsgruppen haben diesen Ansatz aufgegriffen und über die erfolgreiche antegrade Punktion von A. femoralis communis und superficialis unter sonografischer Führung berichtet [55–57]. Kürzlich konnte in einer randomisierten prospektiven Studie nachgewiesen werden, dass der sonografisch geführte retrograde Zugang zur A. femoralis communis in Bezug auf Geschwindigkeit und Sicherheit dem radiologisch geführten signifikant überlegen war [58]. Bei Patienten, bei denen für die endovaskuläre Applikation aortaler Stentgrafts großkalibrige Schleusensysteme erforderlich waren ( $\geq 20$  French), konnten eine Senkung der vaskulären Komplikationen, eine signifikante Verkürzung der Eingriffszeit und eine verbesserte Sicherheit des perkutanen Gefäßverschlusses nachgewiesen werden [59]. In Fällen, in denen aufgrund von Adipositas oder Vernarbung die antegrade Punktion der A. femoralis communis nicht möglich war („hostile groin“), erwies sich die durch farbkodierte Duplexsonografie (FKDS) gesteuerte Punktion der A. femoralis superficialis als technisch einfacher und schneller und war mit einer geringeren Komplikationsrate verbunden als die FKDS-gesteuerte Punktion der A. femoralis communis [56].

Die Standardtechniken der perkutanen transluminalen Ballonangioplastie beruhen auf der intraarteriellen Gabe jodhaltiger Kontrastmittel unter Durchleuchtungsbedingungen. Dabei sind potenzielle nephrotoxische und allergische Effekte der Kontrastmittel sowie die nicht unerhebliche Strahlenbelastung in Kauf zu nehmen. Nephrotoxizität und Anaphylaxierisiko können durch präventive Maßnahmen reduziert, jedoch nicht ausgeschlossen werden. Dass über den arteriellen Zugang hinaus die gesamte angiografische Intervention an den unteren Extremitäten unter Vermeidung von Kontrastmittelapplikation und Durchleuchtung alleine durch FKDS gesteuert werden kann, wurde erstmals Anfang



Abb. 31.11 a, b Arterielle Kanülierung der A. radialis. In der kurzen Achse (a) ist die Nadelspitze (b) nur als Punktreflex darzustellen (mit freundlicher Genehmigung von Dr. C. Rex, Reutlingen).

der 1990er Jahre berichtet. Initial kamen dabei spezielle, mit einem piezoelektrischen Element aufgerüstete Ballonkatheter zum Einsatz [60–64]. Seither haben – auch ohne Einsatz spezieller Kathetersysteme – mehrere Arbeitsgruppen an teilweise großen Fallzahlen zeigen können, dass die FKDS-gesteuerte interventionelle Therapie (perkutan-transluminale Angioplastie [PTA] und Stenting) von femoropoplitealen und kruralen Gefäßverschlüssen und -stenosen technisch möglich, effektiv und sicher ist. Sowohl die arterielle Gefäßpunktion als auch die Drahtpassage von vaskulären Läsionen erfolgen unter sonografischer Kontrolle. Die Auswahl von Ballonlänge und -durchmesser richtet sich nach den sonografischen Messungen. Auch Positionierung und Entfaltung von Ballons bzw. Stents werden unter sonografischer Kontrolle vorgenommen. Die Effektivität der Intervention kann sofort während des Eingriffs ohne Kontrastmittelinjektion beurteilt werden. Die Ergebnisse sind vergleichbar mit einem durchleuchtungsgestützten Vorgehen [65–68].

Eine umstrittene Therapie ist die Stent-Angioplastie arteriosklerotischer Nierenarterienstenosen bei Patienten mit schwer einzustellendem arteriellem Hypertonus und/oder progredienter Niereninsuffizienz. Gefürchtet sind insbesondere Verschlechterungen der Nierenfunktion trotz Angioplastie. Eine italienische Arbeitsgruppe hat in einer vergleichenden Studie bei 30 Patienten mit Nierenarterienstenosen und schwerer Niereninsuffizienz zeigen können, dass die FKDS-gesteuerte Stent-PTA von Nierenarterienstenosen gleich effektiv, aber hinsichtlich des nierenfunktionellen Outcomes der Standard-DSA-Technik überlegen ist. Die FKDS-gestützte Therapie verzichtete nicht auf die Röntgendurchleuchtung, kam aber mit extrem geringen Kontrastmitteldosen (10 ml je Patient) aus. Während in der FKDS-gestützten Gruppe keine kurz- oder langfristigen Nierenfunktionseinschränkungen beobachtet wurden, kam es in der Standard-PTA-Gruppe in 6 von 15 Fällen zu kurzfristigen Nierenfunktionsverschlechterungen und bei 2 Patienten zu einem progredienten Nierenversagen nach 12 Monaten [69].

Fallberichte über die erfolgreiche FKDS-gesteuerte Intervention von Beckenarterienverschlüssen [70, 71], langstreckigen Femoralarterienverschlüssen [72], infrainguinalen Bypassstenosen [73], Aneurysmen der A. poplitea [74], Karotisstenosen [75] sowie von Dialysefistelstenosen und brachialen Stenosen am Unterarm während oder nach der Anlage einer Dialysefistel [67, 76–79] wurden ebenfalls publiziert. Auch die intraarterielle Lysebehandlung von akuten und subakuten thrombotischen femoropoplitealen Verschlüssen kann FKDS-gestützt erfolgen [80, 81].

## Material

Zur Anwendung kommt das üblicherweise für angiografische Interventionen genutzte Material. Die initial für die FKDS-gesteuerte Angioplastie entwickelten, mit einem piezoelektrischen Sensor ausgestatteten Ultraschall-Kathetersysteme (Echomark) [60–64] haben sich nicht durchsetzen können und sind auch nicht erforderlich. Die Balloninsufflation kann mit Aqua dest. anstelle von Röntgenkontrastmittel erfolgen. Die intraarterielle Applikation von Ultraschallkontrastverstärker (SonoVue) ist bisher in der Literatur nicht beschrieben, könnte aber die Visualisierung von Stenosen, aber auch von interventionsbedingten Dissektionen oder Gefäßperforationen insbesondere im Bereich der Beckenachse erleichtern. Der Ultraschallkopf und die Bedienoberfläche des Ultraschallgeräts sollten steril umhüllt werden. Für die akustische Ankopplung sind steriles Ultraschallgel oder Sprühdesinfektionsmittel erforderlich.

## Prinzipielle Vorgehensweise bei FKDS-gestützten Interventionen

Das Vorgehen beinhaltet folgende Schritte:

1. Wichtig ist die Assistenz durch eine zweite, steril arbeitende Hilfsperson.
2. Gearbeitet wird mit einem steril abgedeckten Schallkopf, der Untersucher ist steril bekleidet.
3. Im Regelfall erfolgt der Eingriff im Katheterlabor oder Operationsaal unter alternativer Durchleuchtungsmöglichkeit.
4. Untersucher- und Geräteposition sind abhängig vom Eingriff (antegrade oder retrograde Gefäßpunktion).
5. Es folgt ein genaues FKDS-Mapping der zu intervenierenden Gefäßstrecke.
6. Der Gefäßverlauf wird in der langen Achse eingestellt.
7. Die Lokalanästhesie erfolgt unter sonografischer Sicht.
8. Die Punktion wird in Seldinger-Technik in der langen Achse vorgenommen, wobei der gesamte Nadelweg visualisiert wird. Das Einbringen der Punktionskanüle, des Initialdrahts, der Schleuse und des Interventionsdrahts erfolgen unter Ultraschallkontrolle.
9. Nach dem Wechsel der Schallkopfposition auf die der Gefäßläsion vorgeschalteten Gefäße und schließlich auf die Läsion folgt die Drahtpassage unter sonografischer Kontrolle (Abb. 31.12 a, b, c).
10. Die Auswahl von PTA-Ballon und/oder Stent erfolgt nach den Ergebnissen der sonografischen Vermessung der Gefäßläsion und des Gefäßlumens proximal und distal der Läsion.

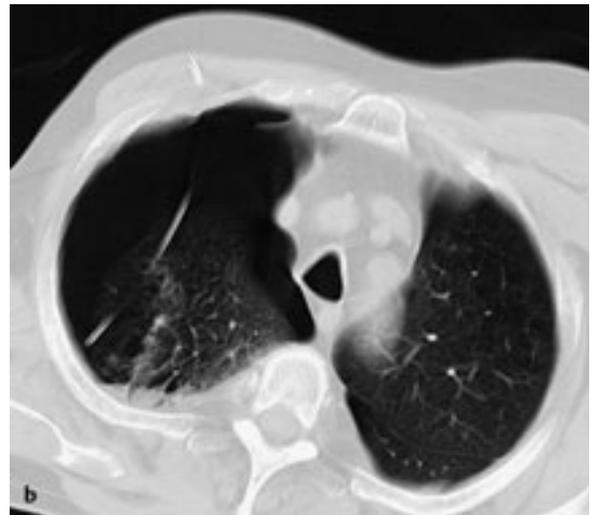
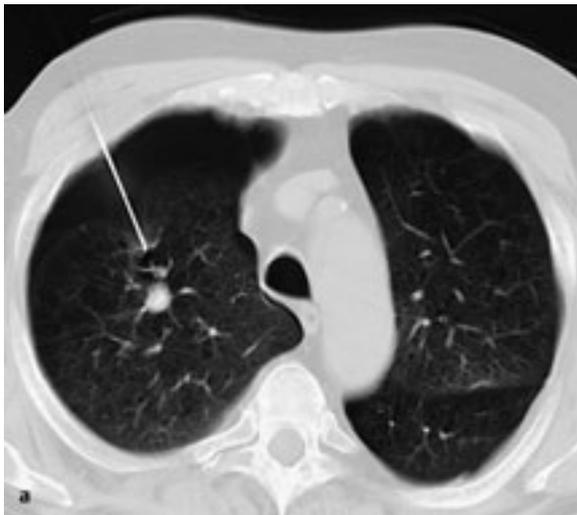


Abb. 34.13 a, b Punktion eines Lungenherdes rechts apikal (kleinzelliges Bronchialkarzinom).

a Zur Punktion eingebrachte Schneidbiopsiekaniüle, deren Spitze im Lungenparenchym liegt. Bereits erkennbarer deutlicher Pneumothorax.

b Nach Entfernung der Punktionsnadel zeigt die Kontrolle einen nochmals größeren Pneumothorax. Zur Therapie ist bereits in Monaldi-Position eine Drainage eingebracht.

diese von allein und ist der Hämatothorax klein, kann unter engmaschiger klinischer und sonografischer Kontrolle zugewartet werden; anderenfalls sollte großzügig die Indikation zur angiografischen Embolisationsbehandlung (Abb. 34.14) oder ggf. Operation gestellt werden (auch wenn hierzu keine größeren Daten vorliegen).

### ■ MRT-gesteuerte Punktion

Aufgrund ihres hohen Weichteilkontrasts mit multiplanarer Schnittführung bei gleichzeitig hoher Fluss- und Temperaturempfindlichkeit hat die MRT ein großes Potenzial als bildgebendes Verfahren für vaskuläre und perkutane Interventionen sowie zur Steuerung und Kontrolle chirurgischer Techniken. Hinzu kommt der Verzicht auf ionisierende Strahlung und jodhaltige nephrotoxische Kontrastmittel.

Sonografie und MRT erlauben eine multiplanare Darstellung, die CT jedoch nur eine axiale und para-axiale. Im Gegensatz zur MRT benötigt Ultraschall jedoch immer eine direkte akustische Koppelung über Flüssigkeiten oder Gels mit dem Gewebe. Zudem kann eine Punktionskanüle kaum in ganzer Länge abgebildet werden. Deren Darstellung im MRT beruht auf Änderungen des magnetischen Feldes durch die Punktionsmaterialien und im Gegensatz zum CT und zur Sonografie nicht auf einer direkten Visualisierung durch die Abschwächung ionisierender Strahlung oder Reflexion von Schall (Abb. 34.15). Ein potenzieller Vorteil für interventionelle Eingriffe ist die Darstellungsmöglichkeit thermischer

Gewebedestruktionen im MRT. Als Nachteile sind die räumliche Enge im Magneteten, ein relativ geringer Kontrast und eine geringe räumliche Auflösung bei schnellen Sequenzen, die hohe Artefaktsensitivität und die schwierige Instrumentendarstellung (Abb. 34.15) zu nennen.

Publikationen zu Instrumenten und Techniken für MRT-geführte Biopsien erschienen bereits im Jahre 1986 [26], die MRT-kontrollierte Tumorablation wurde 1996 publiziert [27]. Die weitere Verbreitung der interventionellen MRT wurde u. a. durch den Mangel an geeigneten Materialien erschwert. So bestehen die meisten „konventionellen“ Instrumente aus chirurgischem Stahl, dessen ferromagnetische Eigenschaften jedoch eine Anwendung im Magnetfeld verbieten. Punktionsnadeln für das MRT bestehen daher z. B. aus Titanlegierungen oder Legierungen mit Chrom-/Kobald-/Molybdän-Anteil und sind von verschiedenen Herstellern kommerziell erhältlich. Ein anderer Gesichtspunkt ist die Erwärmung elektrisch leitender Instrumente [28], sodass auch diamagnetische und nicht leitende Materialien wie Keramiken und Kunststoffe untersucht wurden; die MRT-Sichtbarkeit kann gezielt mithilfe metallischer Ringe oder paramagnetischer Beschichtungen erhöht werden. Erste Erfahrungen liegen mit der Verwendung von glasfaserverstärkten Kunststoffen in Punktionskanülen und Führungsdrähten vor [29–31].

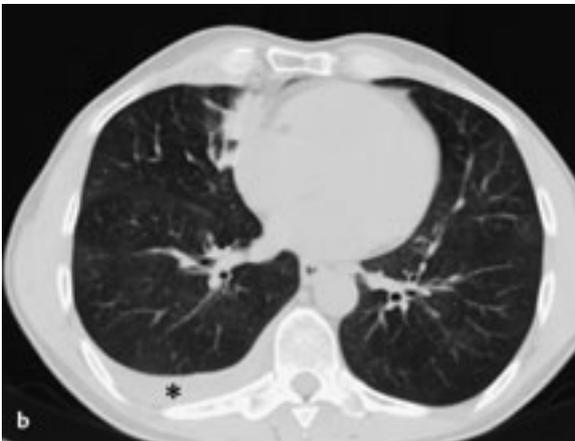
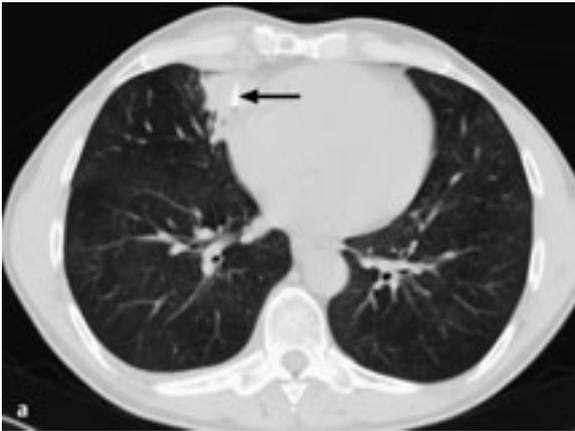


Abb. 34.14 a–c Blutung nach Punktion einer rechts parakardialen Raumforderung.

a Die Punktionsnadel ist rechts parasternal eingebracht, die Spitze liegt bereits im Tumor (Pfeil).

b Auf der Kontrollaufnahme wenige Minuten später deutliche Zunahme des Pleuraergusses (\*).

c Der Patient wird direkt angiografiert, die A. mammaria interna sondiert und distal mit einer Metallspirale verschlossen.

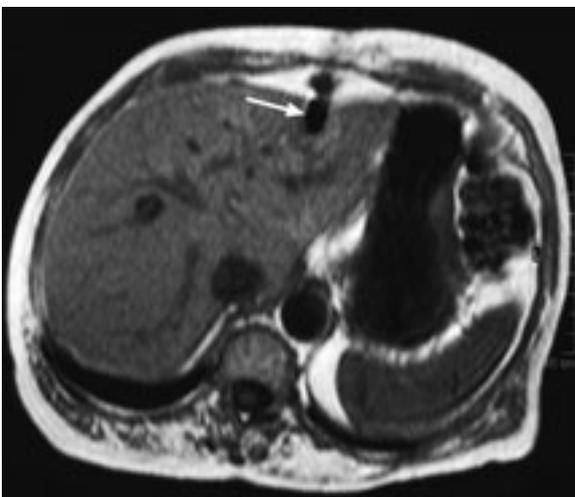


Abb. 34.15 MRT-gesteuerte Leberpunktion. Die Nadel ist nicht direkt, sondern nur anhand der durch sie verursachten Störung des magnetischen Feldes zu erkennen (Pfeil). Bildmorphologisch imponiert sie dadurch wesentlich dicker als sie räumlich misst.

### Vorgehensweise/Durchführung

Zur Gewinnung optimierter Bilder während der Interventionen sind eine Adaptation der Bildparameter und Minimierung der Akquisitionszeit notwendig. Moderne MRT-Anlagen erlauben es, diese Abstimmung während des laufenden Sequenzprotokolls durchzuführen. Bei einer unerwarteten Bewegung des Patienten oder bei Atemverschiebung weicht die Instrumentenposition von der vorgegebenen Schicht ab. Zusätzlich führen anatomische Gegebenheiten und unterschiedliche Gewebewiderstände im Einstichweg häufig zur elastischen Verbiegung der Nadel. Wenn das Instrument auf dem Monitor nicht mehr eindeutig dargestellt werden kann, muss die Sequenz abgebrochen und mit einer modifizierten Schichtorientierung wieder gestartet werden. Bei diesem einige Minuten andauernden Manöver besteht keine visuelle Kontrolle über das Instrument. Befindet sich die Instrumentenspitze in einer für den Pa-

tienten schmerzhaften oder kritischen Position, muss das Instrument zurückgezogen werden [32]. Die Sichtbarkeit der Instrumente und Implantate kann bei Verwendung nicht leitfähiger Polymer-Verbundwerkstoffe und von Resonanzschwingkreisen, die auf die Larmorfrequenz des MRT-Systems abgestimmt sind, verbessert werden [33].

### 34.3 Therapeutische Interventionen

#### ■ CT-gesteuerte Drainagen

Die lokale Therapie abgekapselter entzündlicher Prozesse gehört mittlerweile zur Basistherapie. Eine bildgeführte Steuerung ist dabei obligat. Die CT wird insbesondere bei komplexer Anatomie und/oder sonografisch nicht einstellbaren Prozessen eingesetzt. Einfach ist es, wenn der Punktionsweg in der Schichtebene liegt, schwieriger bei in 3 Ebenen schrägem Zugangsweg.

#### Vorbereitung

Indikationen, Kontraindikationen und Vorbereitung sind mehr oder weniger identisch zu denen bei sonografisch-gesteuerten Eingriffen. So gut wie alle Eingriffe können in örtlicher Betäubung durchgeführt werden.

#### Vorgehensweise/Durchführung

Der eigentliche Punktionsvorgang ist dabei relativ unabhängig vom Ort des Geschehens, also z. B. bei Abszessen im Abdomen, Pleuraergüssen und -empyemen gleich.

Üblicherweise ist der zu punktierende Herd aus einer vorangegangenen Untersuchung bekannt. Der Patient sollte bequem gelagert werden, sodass er für die Eingriffsdauer (ca. 15 min) ohne Bewegen liegen kann, dabei muss der Punktionsort gut zugänglich sein.

Anschließend wird eine kurze diagnostische native Spiral-CT-Untersuchung angefertigt und die günstigste Schnittebene bestimmt, in der der Abszess erreicht werden kann. Hierbei ist darauf zu achten, dass keine nicht beteiligten Organ- oder Gefäßstrukturen auf dem Punktionsweg liegen. Der Patient wird mittels Tischvorschub an die entsprechende Stelle gefahren und unter Zuhilfenahme des Lichtvisiers des CT die Punktionsebene angezeigt und ggf. auf der Haut markiert. Nach Einstellen einer zur Punktion geeigneten Schnittebene wird (nach Abdecken, Desinfektion etc.) mit einer kleinen Nadel die kutane Punktionsstelle „markiert“. Anschließend Stichinzision und Einbringen einer längeren (1er-)Nadel zur ausreichenden Lokalanästhesie auch in der Tiefe. Im Schnitt injizieren wir etwa 20 ml. Die Orientierung die-

ser Nadel ist dabei analog zur mutmaßlichen Punktionsrichtung.

Zur eigentlichen Drainage gibt es zwei prinzipielle Möglichkeiten: Trokarttechnik und Seldinger-Technik.

#### Trokarttechnik

Die Trokarttechnik ist zeitsparend und aufgrund des geringeren Materialaufwandes kostengünstiger. Hierbei wird nach der Lokalanästhesie direkt mit der durch einen Metallmandrin versteiften Drainage punktiert (Abb. 34.16). Aufgrund der Länge des steifen und nicht abknickbaren Drainagekatheters bei vorgegebenem relativ kleinen Durchmesser der Gantry ist während des Punktionsvorgangs keine bildmäßige Steuerung möglich (außer mit Fluoro-CT)! Dies ist erst wieder möglich, wenn große Teile des Punktionssets sich im Körper (und dann hoffentlich auf dem rechten Weg oder schon im Abszess) befinden. Nach Erreichen des Ziels wird der Metallmandrin gehalten und die Plastikdrainage weiter in den Abszess vorgeschoben. Bei höherem Gewebewiderstand und dicklumiger Drainage ist diese Möglichkeit im Einzelfall auch nicht machbar bzw. führt nur zur Beschädigung des Drainagekatheters. Da primär mit der dicklumigen Drainage punktiert wird, ist diese Technik nur bei oberflächlich gelegenen, sehr großen Prozessen zu empfehlen. Bei mehrfach notwendiger Punktion bis zum Erreichen des Ziels ist ansonsten das Komplikationsrisiko wesentlich (und unnötig!) höher als mittels Seldinger-Technik.

#### Seldinger-Technik

Bei der Seldinger-Technik erfolgt nach der oberflächlichen Lokalanästhesie die Punktion des Abszesses mit einer dünnen Nadel. Während diese vorgeschoben wird, kann zum einen weiteres Lokalanästhetikum appliziert werden, zum anderen sind Kontrollaufnahmen möglich. Ist der Verhalt erreicht, können geringe Mengen Eiters zur Verifikation der korrekten Nadellage sowie zur mikrobiologischen Untersuchung abgezogen werden (nicht zu viel abziehen, da sonst der Befund kleiner und der weitere Eingriff schwieriger wird!). Lässt sich nur seröse Flüssigkeit abziehen, sollte nochmals diskutiert werden, ob wirklich eine Drainage (potenzielle Infektionsquelle) eingelegt werden soll und nicht nur alle erreichbare Flüssigkeit über die Nadel abgezogen wird.

Zum Einbringen der Drainage wird über die Nadel ein Führungsdraht vorgeschoben – möglichst so weit, bis er mehrere Schleifen im Abszess beschreibt – und die Nadel bei liegendem Führungsdraht entfernt. Bevorzugt wird hierzu ein Terumo-Führungsdraht. Dieser ist zwar nicht so steif wie ein meist im Set befindlicher Draht oder ein Amplatz-Draht (o.ä.); die Verletzungsgefahr ist jedoch