

# 7 Dickdarm

Dirk Hartmann, Thomas C. Lauenstein, Günter Layer

## 7.1 Anatomie und anatomische Varianten

Die Gliederung des gesamten Kolons in mehrere Abschnitte erfolgt überwiegend nach anatomischen Gesichtspunkten, weniger nach funktionellen Kompartimenten. Lediglich das Rektum und Zäkum unterscheiden sich wegen ihrer Reservoirbildung von den übrigen Darmabschnitten. Am Dickdarm unterscheidet man 3 ungleich lange Teile – den kurzen Blinddarm (**Zäkum**) am Anfang, das **Kolon** als weitaus größtes Mittelstück, zusammengesetzt aus aufsteigendem (Colon ascendens), querem (Colon transversum), absteigendem (Colon descendens) und S-förmigem Kolon (Colon sigmoideum), und schließlich den Mastdarm (**Rektum**), der mit dem After endet. Die Länge des gesamten Dickdarms beträgt 110–165 cm, die des Zäkums und des Colon ascendens zusammen etwa 25 cm, des Colon transversum 50 cm, des Colon descendens 25 cm, des Colon sigmoideum 45 cm und des Rektums 16 cm.

Der Dickdarm weist äußerlich typische Merkmale auf (ausgenommen Wurmfortsatz und Rektum):

- ▶ Taenien
- ▶ Plicae semilunares und Haustren
- ▶ Appendices epiploicae

Bei den **Taenien** handelt es sich um 3 schmale Längsmuskelstreifen, von denen einer – die Taenia libera – ohne Weiteres sichtbar ist. **Haustren** sind Wandausbuchtungen zwischen den Taenien. Die Haustren werden durch abschnittsweise quer verlaufende Falten (Plicae semilunares) voneinander abgegrenzt. Die **Plicae semilunares** sind im Gegensatz zu den strukturell fixierten Plicae circulares des Dünndarms nicht dauernd vorhanden. Sie treten dadurch auf, dass sich an gewissen Stellen Längs- und Ringmuskulatur sowie Muscularis mucosae kontrahieren, während die Muskulatur in den dazwischen liegenden Abschnitten gleichzeitig erschlafft. Bei den **Appendices epiploicae** handelt es sich um subseröse Fettgewebsanhängsel im Taenienbereich. Sie bilden im Colon ascendens und im Colon transversum eine Reihe. Am Zäkum, an der Appendix vermiformis und am Rektum fehlen sie. Je nach Konstitutionszustand sind sie unterschiedlich groß und dick. Man nimmt an, dass sie nicht nur der Fettspeicherung dienen, sondern auch die Bewegung des Dickdarms erleichtern.

Der Dickdarm, der während der fetalen Entwicklung ursprünglich intraperitoneal und größtenteils zusammen mit dem Dünndarm am Mesenterium dorsale commune angeheftet lag, legt sich mit dem Blinddarm, dem aufsteigenden und dem absteigenden Kolon sekundär der Bauchwand an. Diese Dickdarmanteile liegen somit sekundär retroperitoneal. Das Zäkum, das Colon transversum und der Schleifendarm bleiben intraperitoneal. Hier-

durch sind insbesondere das Colon transversum und das Colon sigmoideum mobil und können erheblich in ihrer Form und Lage variieren.

**Lageanomalien** und **Missbildungen** gehen zumeist auf Hemmungen der fetalen Darmdrehungen zurück. Der Dickdarm kann alle möglichen Stadien der Darmdrehung beibehalten. Da die endgültigen Mesenterialgefäße erst mit Abschluss der Darmdrehung erreicht werden, sind die Mesenterien hierin immer einbezogen. Persistiert (relativ häufig) die Drehung am Anfang der Darmrotation, so liegen der Dickdarm links und der Dünndarm rechts in der Bauchhöhle. Tritt die Hemmung kurz vor Abschluss der Drehung ein, so liegt das Zäkum rechts unter der Leber im Sinne eines Hochstandes oder bereits in der rechten Fossa iliaca. Ist aber das Mesozäkum noch nicht endgültig parietal verlötet, entsteht ein Caecum mobile. Es kann nach links und kaudal (18%) oder rechts und kranial (12%) verschoben sein. Die beiden Kolonflexuren gelten als relativ lagestabil, doch werden Verschiebungen abhängig von Atmung und Körperhaltung von bis zu 4 Wirbelhöhen beobachtet. Das Mesosigmoid kann verschieden lang sein. Im Extremfall kann das Sigma die Leber oder das Zäkum erreichen (Sigma elongatum).

Zu den Rotationsstörungen gehören der **Situs inversus** sowie mehrere Formen der **Malrotation**, eingeschlossen das sogenannte **Mesenterium commune** und das **Caecum mobile** (Tab. 7.1).

Die **koninatale Kolonatriesie** ist mit einem Fall auf 15000 bis 30000 Geburten vergleichsweise selten. Sie ist am häufigsten im Sigma und Colon ascendens lokalisiert. Dem Schweregrad nach unterscheidet man 3 Typen:

- ▶ Typ 1: komplette Obstruktion der Darmlichtung in Form eines Diaphragmas
- ▶ Typ 2: strangförmige Verbindung zwischen proximalem und distalem Ende des atretischen Kolons
- ▶ Typ 3: komplette Trennung von proximalem und distalem Kolon bei zusätzlichem V-förmigem Mesenterialdefekt

Im Vergleich ist das **Chilaiditi-Syndrom** relativ häufig. Hierunter versteht man eine Interposition oder Verlagerung von Dickdarmschlingen zwischen Leber und rechter Zwerchfellkuppe, wobei die rechte Flexur am häufigsten betroffen ist.

## 7.2 Bildgebende Differenzialdiagnostik

Zur diagnostischen Abklärung von Erkrankungen des Dickdarms kommen neben der Sonografie die konventionellen radiologischen Verfahren (Kolonkontrasteinlauf), die Schnittbildverfahren der Computer- und Magnetresonanztomografie sowie vor allem die Endoskopie zum Einsatz. Verfahren wie die Kolonkapsel und

Tabelle 7.1 Rotationsstörungen des Dün- und Dickdarmes.

Lageanomalien	Formen
Situs inversus	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Situs inversus totalis: symmetrische seitenverkehrte Verlagerung der Bauchorgane</li> <li>▶ Situs inversus partialis superior: symmetrische seitenverkehrte Verlagerung von Magen und Duodenum</li> <li>▶ Situs inversus partialis inferior: symmetrische seitenverkehrte Verlagerung von Dün- und Dickdarm</li> <li>▶ Kartagener-Syndrom: Situs inversus totalis/partialis mit Bronchiektasen und Polyposis nasi</li> </ul>
Malrotation	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ fehlende Nabelschleifendrehung bei Omphalozele: Darmanlage entspricht etwa der 5. – 6. Embryonalwoche</li> <li>▶ Nonrotation: entspricht dem Zustand der initialen fehlenden Drehung + 90°-Drehung der Nabelschleife: Dünndarm rechts, Dickdarm links im Abdomen</li> <li>▶ Malrotation I (pathologische + 180°-Drehung): Zäkum und Colon ascendens liegen vor den Dünndarmschlingen</li> <li>▶ Malrotation II: erste Drehung regelrecht (+ 90°), folgende Drehung entgegen dem Uhrzeigersinn (– 90°). Das distale Duodenum liegt vor der Mesenterialwurzel, das Kolon dahinter</li> </ul>
Mesenterium commune	▶ fehlende Verwachsung des Mesokolons mit der hinteren Bauchwand: schmale stielartige Radix mesenterii, an der das Colon ascendens und die Dünndarmschlingen frei beweglich aufgehängt sind
Caecum mobile	▶ nur partielle Anheftung des Mesokolons an der hinteren Bauchwand; Zäkum und unterschiedlich lange Teile des Colon ascendens bleiben frei beweglich

die Positronenemissionstomografie werden derzeit in prospektiven Studien evaluiert.

In der bildgebenden Differenzialdiagnostik besitzen für das Kolon die Fragestellungen Sigmadivertikulitis vs. Kolonkarzinom, chronisch-entzündliche Darmerkrankung, Appendizitis und die Polypendiagnostik besondere Bedeutung.

## Endoskopie

Seit der Durchführung der ersten totalen Koloskopie 1969 und deren Erstbeschreibung im Jahre 1971 hat sich diese Untersuchungsmethode erheblich weiterentwickelt. Die früher verwendeten Fiberglasoptiken sind durch moderne, hochauflösende Videoendoskope ersetzt, die auch kleinste Schleimhautdetails exzellent erkennen lassen. Die **Videokoloskopie** hat die früher übliche Kolonkontrastuntersuchung bis auf wenige Ausnahmen vollständig ersetzt und ist auch in Zeiten computer- und magnetresonanztomografischer Alternativverfahren nach wie vor der Goldstandard der Kolondiagnostik. Dabei bietet die Koloskopie neben der Möglichkeit, Diagnosen histologisch abzusichern und neueren Methoden wie Chromoendoskopie und Zoomendoskopie insbesondere ein breites Spektrum an therapeutischen Interventionsmöglichkeiten, wie z. B. Polypektomie, Blutstillung, Ballondilatation oder die palliative Tumorthherapie mittels Stent oder Destruktionsverfahren. Erfahrenen Untersuchern gelingt es, in über 95% der Koloskopien das Zäkum zu erreichen und auch das terminale Ileum zu intubieren. Allerdings kann die Untersuchung auch in erfahrener Hand in bis zu 20% der Fälle technisch schwierig sein. Neben manuellem Geschick ist ein gutes Verständnis der anatomischen Grundlagen für die Entstehung von Schlingenbildung im Kolon erforderlich. Trotzdem ist die Koloskopie bei entsprechender Expertise des Untersuchers eine sichere und für den Patienten wenig belastende Untersuchung. Zur Durchführung einer Koloskopie besteht ein breites Spektrum an Indikationen, das sich in 3 Gruppen einteilen lässt (Tab. 7.2).

Tabelle 7.2 Indikationen zur Koloskopie.

<b>symptomatische Patienten</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ abdominelle Beschwerden</li> <li>▶ Diarrhoe oder Obstipation</li> <li>▶ perianaler Blutabgang</li> <li>▶ Gewichtsverlust</li> <li>▶ unklare Anämie</li> <li>▶ Tumorsuche</li> <li>▶ unklare Befunde in einem bildgebenden Verfahren (Sonografie, Kolonkontrastströntgen, CT, MRT)</li> </ul>
<b>Krebsvorsorge und -nachsorge</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Vorsorgekoloskopie                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– bei der Normalbevölkerung</li> <li>– bei Risikopatienten (Verwandte 1. Grades von Patienten mit kolorektalem Karzinom oder Adenom, Verwandte 1. Grades von Patienten mit FAP*, Verwandte 1. Grades von Patienten mit HNPCC**, Überwachung von Patienten mit Colitis ulcerosa)</li> </ul> </li> <li>▶ Sekundärprophylaxe bzw. Nachsorge bei Patienten nach                             <ul style="list-style-type: none"> <li>– Polypektomie eines kolorektalen Adenoms</li> <li>– operativer Entfernung eines Karzinoms</li> </ul> </li> </ul>
<b>geplanter interventioneller Eingriff</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Polypektomie</li> <li>▶ Behandlung einer akuten Blutung</li> <li>▶ Dekompression bei intestinaler Pseudoobstruktion</li> <li>▶ Ballondilatation einer Stenose</li> <li>▶ Behandlung einer benignen oder malignen Stenose</li> <li>▶ Entfernung von Fremdkörpern</li> </ul>

\* FAP: familiäre adenomatöse Polyposis coli;

\*\* HNPCC: hereditäres nicht polypöses kolorektales Karzinom

## Sonografie

Die Sonografie hat für die Beurteilung des Gastrointestinaltrakts, insbesondere als ergänzende Methode zur Endoskopie, an Bedeutung gewonnen. Dies verdankt sie dem technischen Fortschritt der letzten Jahre. Der historische Begriff der „Kokarde“ als Beschreibung einer verdickten Darmwand fokussierte ursprünglich nur auf die Wandveränderung. Heute sind die einzelnen Schichten der Darmwand sowie Lumen- und Umgebungsveränderungen darstellbar. Im Gegensatz zur Endoskopie und konventionellen Röntgendiagnostik erlaubt die Sonografie nicht nur die Beurteilung des Lumens, sondern kann gleichwertig in der Hand des erfahrenen Untersuchers den transmuralen Aspekt darstellen. Die transabdominale Sonografie vermag darüber hinaus auch funktionelle Abläufe zu beurteilen. Allerdings ist es nicht möglich, den gesamten Darmverlauf einzusehen. Deshalb sind sonografische Ausschlussdiagnosen entzündlicher, aber vor allem auch tumoröser Darmerkrankungen nicht möglich.

Voraussetzung für die sonografische Darstellung des Magen-Darm-Traktes ist der Einsatz höherfrequenter (5–15 MHz), hochauflösender Schallsonden. Die Ileozökalregion und das Colon sigmoideum sind sonografisch sicher darstellbar. Der übrige Kolonrahmen lässt sich in der Regel durch eine kontinuierliche Schallkopfführung ausreichend untersuchen. Hierbei variiert die Wanddicke mit der Peristaltik. Die messbaren Werte schwanken erheblich, wofür verschiedene Gründe verantwortlich gemacht werden:

- ▶ Untersuchungstechnik
- ▶ unterschiedlicher Applikationsdruck
- ▶ apparative Einflussgrößen
- ▶ Interobserver-Variabilität.

Unter dosierter Kompression misst die normale Darmwand nicht mehr als 2 mm. Bei Kontraktionen kann die Darmwand allerdings deutlich dicker gemessen werden. Bei älteren „gesunden“ Probanden kann die Darmwanddicke im Colon sigmoideum durch Muskelhypertrophie bei erhöhter Wandspannung (Divertikulose) bis zu 3 mm betragen. Als Kriterium für den entzündlichen Darmwandbefall wird die Dicke mit > 2–4 mm angegeben.

Tabelle 7.3 Sonografische Schichten der normalen Darmwand.

Sonomorphologie der Darmwand	Interpretation
stärker echogene innere Schicht	physikalisch bedingtes Eintrittsecho (Lumen/Mukosa)
schwächer echogene innere Schicht	Mukosa
stärker echogene mittlere Schicht	Lamina submucosa
schwächer echogene äußere Schicht	Muscularis propria
stärker echogene äußere Schicht	physikalisch bedingtes Austrittsecho (Serosa/Umgebung)

Mit hochauflösenden Sonden lassen sich auch transabdominell 5 Schichten der Kolonwand abgrenzen (Tab. 7.3). Bei aktiver Entzündung dominieren schwächer echogene Wandanteile ohne strenge Korrelation mit der Entzündungsaktivität. Bei chronischen Entzündungen finden sich häufiger stärker echogene Wandstrukturen. Durch einen Wassereinlauf (sog. Hydro-Kolon-Sonografie) kann die Darstellung entzündlicher oder tumoröser Wandveränderungen noch verbessert werden.

Die Sonografie wird heute routinemäßig zur Bildgebung bei einigen Erkrankungen des Gastrointestinaltrakts eingesetzt, z.B. beim Ileus und zur Abklärung tastbarer Resistenzen. Dies gilt insbesondere für Notfallsituationen (Appendizitis, Peridivertikulitis). Hier spielt sie heute eine vorrangige Rolle und erfährt bevorzugten Einsatz, nicht nur wenn sich Endoskopie und Kontrastmitteluntersuchungen verbieten.

### ■ Akute (Peri-)Divertikulitis

Neben der typischen Klinik kann die Sonografie bei der akuten Divertikulitis wertvolle Hilfe leisten. Sonografische Zeichen reichen von lokalen Entzündungen um das Divertikel (Peridivertikulitis) bis zu ausgedehnten entzündlichen Tumoren. Die vor allem im Bereich des gut einsehbaren Colon sigmoideum auftretende Peridivertikulitis zeigt neben einer typischen Verdickung der Muskularis und den echoreichen Divertikeln eine echoarme, akzentuierte, segmentale Verdickung der Kolonwand, perikolische Entzündungsreaktionen sowie entzündete echoarme Divertikel mit echoarmem Halo zentral im Fettgewebe (Abb. 7.1).

Typische sonografische Zeichen der Peridivertikulitis sind in Tab. 7.4 aufgeführt. Abszesse als Komplikation der Divertikulitis können sonografisch sicher diagnostiziert werden. In diesem Falle kann die Sonografie genutzt werden, um eine perkutane Drainage von lokalisierten Abszessen durchzuführen. Weiterhin ist diese Methode günstig in der Verlaufskontrolle einzusetzen. Angaben zur Sensitivität liegen bei 84–98%, zur Spezifität bei 93–99%. Einige Studien haben Sonografie und Computertomografie miteinander verglichen und konnten annähernd gleichwertige Ergebnisse aufzeigen [1].

Tabelle 7.4 Typische sonografische Zeichen der akuten Peridivertikulitis.

- ▶ echoreiche peridivertikuläre Entzündungsreaktion
- ▶ intramurale und peridivertikuläre Mikroabszesse mit und ohne Gasbläschen
- ▶ Darmwandverdickung an der Stelle der maximalen Empfindlichkeit
- ▶ normal imponierende Divertikel in den benachbarten Darmsegmenten

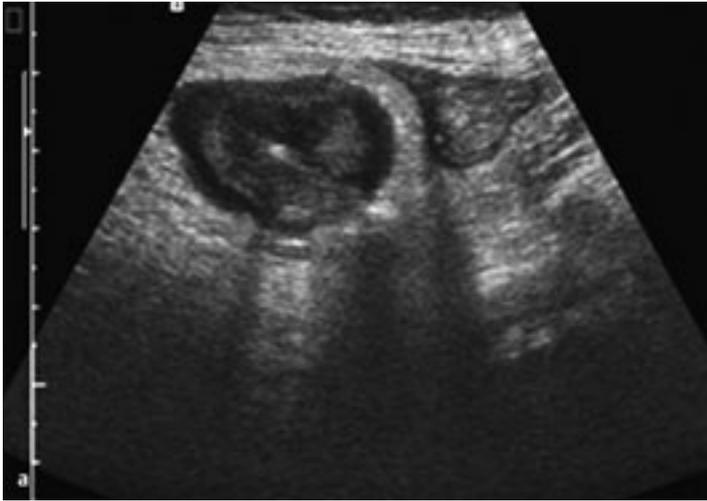


Abb. 7.1 Sonografisches Bild einer Divertikulitis mit echoarm ver dicktem Divertikel und entzündlicher Umgebungsreaktion.

### ■ Akute Appendizitis

Noch häufiger als die akute Divertikulitis ist im klinischen Alltag die akute Appendizitis, die jedoch oft nur klinisch gesichert wird, bevor sie einer Operation zugeführt wird.

Dabei sollte jedoch nicht vergessen werden, dass  $\frac{1}{3}$  aller Appendizitis-Patienten atypische klinische Zeichen aufweist und dass die Erkrankung der häufigste Grund für juristische Auseinandersetzungen mit Patienten im Rahmen der Notfalldiagnostik ist. Es ist bekannt, dass 8–30% aller operierten Patienten im pathologischen Präparat einen unauffälligen Appendix aufweisen.

Die Sonografie mit einfacher Handhabung und allgemeiner Verfügbarkeit spielt hier eine große Rolle im diagnostischen Repertoire. Problematisch ist ihre Interpretation bei ausgeprägt schmerzhafter Abwehrhaltung und bei Gasüberlagerung, aber auch bei stark übergewichtigen Patienten. Die akut entzündete Appendix ist deutlich verdickt ( $> 6$  mm) und im Querschnitt rund, insbesondere wenn das Lumen durch einen Kotstein bzw. Sekretstau aufgetrieben wird. Die Wandarchitektur bleibt im Krankheitsverlauf zunächst erhalten, die Schichtung geht jedoch bei

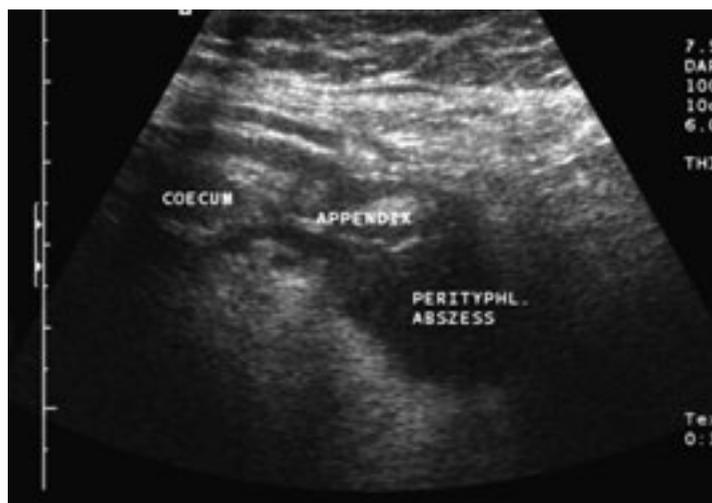


Abb. 7.2 Akute Appendizitis mit perityphlitischen Abszess.

Ausbildung von Nekrosen und daraus resultierenden Abszessen verloren (Abb. 7.2).

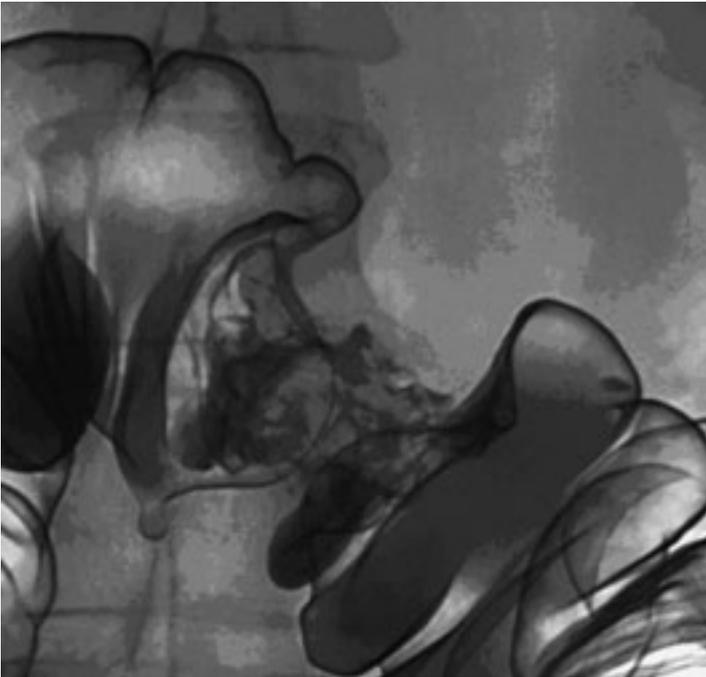
Auch aufgrund großer Geräteunterschiede, unterschiedlicher Erfahrung der Untersucher sowie der untersuchten Klientel schwankt die diagnostische Wertigkeit im sonografischen Nachweis der Appendizitis: Sensitivitäten von 44–94% und Spezifitäten von 47–95% werden berichtet. Eine Metaanalyse aus dem Jahr 1995 weist eine mittlere Sensitivität von 85% und eine mittlere Spezifität von 92% nach [2]. Besondere Bedeutung besitzt das Verfahren bei Kindern und Frauen in gebärfähigem Alter, bei denen eine Schwangerschaft nicht auszuschließen ist.

Für die Diagnostik und Differenzialdiagnostik neoplastischer Kolonveränderungen spielt die Sonografie dagegen keine wesentliche klinische Rolle. Neben den endoskopischen Techniken haben hier die anderen digitalen Schnittbildverfahren CT und MRT eindeutig größere Bedeutung erlangt.

### Röntgenverfahren – Mono- und Doppelkontrastuntersuchungen

Über Jahrzehnte stellten Durchleuchtungsuntersuchungen die einzige adäquate Möglichkeit zur Bildgebung des Darmes dar. Monokontrastuntersuchungen werden in der Regel mit wasserlöslichem jodhaltigem Kontrastmittel durchgeführt. Ionische jodhaltige Kontrastmittel werden dabei auch wegen ihrer osmolaren und somit abführenden Wirkung verabreicht. Die Darstellung des Kolons im Doppelkontrast ermöglicht gegenüber Monokontrastuntersuchungen die Beurteilung der Wandbeschaffenheit. Der Doppelkontrast wird durch die Kombination von Barium als positivem und Luft als negativem Kontrastmittel erreicht.

Voraussetzung für eine **Doppelkontrastuntersuchung** des Kolons ist eine gute Patientenvorbereitung bzw. Darmreinigung, analog zur Vorbereitung einer konventionellen Koloskopie. Einen entscheidenden Faktor für eine gute Untersuchung stellt die Erfahrung des Untersuchers dar. Ausgedehnte Befunde fallen bereits in den Übersichtsaufnahmen auf, subtile Veränderungen müssen jedoch durch eine geeignete Patientenlagerung herausgearbeitet



**Abb. 7.3** Doppelkontrastdarstellung des Kolons mit Nachweis eines stenosierenden Kolonkarzinoms.

werden. Die Sensitivität der Doppelkontrastuntersuchung für den Nachweis von Kolonkarzinomen (Abb. 7.3) liegt bei bis zu 96%. Weniger häufig wird die Kolon-**Monokontrastuntersuchung** für die Diagnostik von Neoplasien eingesetzt, da kleine Befunde hierbei leicht übersehen werden können. Noch immer findet sich die regelmäßige Kolonkontrastuntersuchung in den US-amerikanischen Empfehlungen zur Vorsorge des kolorektalen Karzinoms. Dabei muss abgewogen werden, ob der zeitliche Aufwand, die diagnostische Genauigkeit und die Strahlenbelastung in einem adäquaten Verhältnis stehen. In Deutschland werden außer der Mammografie generell keine Untersuchungen mit ionisierenden Strahlen im Rahmen der Prävention empfohlen. Aus den Studien der 80er- und 90er-Jahre des vergangenen Jahrhunderts kann man bei adäquater Durchführung der Untersuchung von einer 75- bis 90%igen Sensitivität im Nachweis von Polypen > 9 mm im Vergleich zur Koloskopie damaligen Standards ausgehen. Bei kleineren Polypen beträgt die Sensitivität immerhin noch 50–80%. Neben der Strahlenexposition muss sicher auch als nachteilig betrachtet werden, dass das Verfahren einer großen Inter-Observervariation unterliegt und recht aufwendig ist.

Doppelkontrastuntersuchungen unmittelbar im Anschluss an eine nicht vollständige Koloskopie sind aufgrund von zurückgelassener Luft und Wasser zwar schwieriger als ohne vorangegangene Intervention, jedoch durchaus möglich. In 77–94% solcher Fälle kann eine vollständige und diagnostische Untersuchung realisiert werden. Sie erspart dem Patienten eine erneute Darmreinigung.

### ■ Zukünftiger Stellenwert der Doppelkontrastuntersuchung

Trotz der passablen Datenlage wird die Doppelkontrastuntersuchung des Kolons nach unvollständiger Koloskopie in Zukunft nur mehr einen untergeordneten Stellenwert erlangen. Für den Patienten ist eine adäquate Untersuchung erst nach vollständigem Abklingen der Sedierung nach vorangegangener Koloskopie zumutbar, da er zu erheblicher Mitarbeit bei der komplexen Untersuchung gezwungen ist. Das Durchleuchtungsverfahren behält außerdem den immanenten Nachteil der zweidimensionalen Aufnahme modalität und des Summationseffekts in Richtung des Strahlengangs. Mit der CT und der MRT sind in der Radiologie Konkurrenzverfahren entstanden, die weniger aufwendig sind, weniger Geschick des Untersuchers fordern und reproduzierbarer sind. Die Schnittbildverfahren beurteilen nicht nur die intraluminäre Situation, sondern können auch pathologische Prozesse außerhalb des Darmes erfassen und unmittelbar an eine unvollständige Koloskopie angeschlossen werden.

Bei chronisch-entzündlichen Prozessen des Dickdarms wie der Colitis ulcerosa oder der Crohn-Colitis können mithilfe der Doppelkontrasttechnik bereits sehr frühe Veränderungen dargestellt werden (Abb. 7.4). In der Diagnostik der akuten Sigmadivertikulitis hat die Doppelkontrastuntersuchung nur noch einen geringen Stellenwert. Zwar lassen sich entzündliche Veränderungen sehr gut darstellen, jedoch verhindert die Gefahr einer Barium-Peritonitis bei Perforation oder dringender Operationsnotwendigkeit den Einsatz in der Akutsituation. Außerdem ist auch der Kolonkontrasteinlauf im Monokontrast zur Abklärung einer akuten Sigmadivertikulitis weitgehend durch die Computertomografie abgelöst worden. Dies ist begründet in der im Vergleich zur CT niedrigen Sensitivität des KE für perikolische Inflammation, Abszesse und Perforationen. Das CT zeigt darüber hinaus Lymphknoten und/oder Metastasen bei der Differenzialdiagnose zum kolorektalen Karzinom, es ist zudem schneller und weniger aufwendig.

Zwar sind Untersuchungen mit bariumhaltigen Kontrastmitteln den wasserlöslichen Kontrastmitteln in ihrer diagnostischen Aussagekraft überlegen, bei Perforationsverdacht verbietet sich aber die Bariumgabe wegen der Gefahr einer Barium-Peritonitis. Ebenso sollte auf eine Bariumgabe verzichtet werden, wenn ein chirurgischer Eingriff bevorsteht. Es gilt unverändert die Empfehlung, bis 10 Tage nach Bariumapplikation auf einen chirurgischen Eingriff oder eine tiefe Biopsie zu verzichten. Zur präoperativen Darstellung der Anatomie vor Rückverlagerung eines protektiven Stomas zum Ausschluss bzw. Nachweis einer Anastomoseninsuffizienz oder zur Fisteldiagnostik wird in der Regel lediglich eine rektale Füllung in Monokontrast-Technik durchgeführt. Ihre diagnostische Aussagekraft hinsichtlich des Ausschlusses von Strikturen, Fisteln und anatomischen Varianten ist für den Chirurgen ausreichend.



**Abb. 7.4** Doppelkontrastuntersuchung des Kolons bei einem Patienten mit Morbus Crohn. Nachweis einer aufgehobenen Haustrierung (Fahrradschlauch) im Bereich des linken Hemikolons.

## Computertomografie

Nachdem bis zum Ende des 20. Jahrhunderts die konventionellen Durchleuchtungsuntersuchungen die Darmbildgebung dominiert haben, hat in den letzten 10 Jahren auch in der intestinalen Diagnostik der Siegeszug der digitalen Schnittbildverfahren begonnen. Haben die Durchleuchtungsverfahren nur das kontrastmittelgefüllte Darmlumen bzw. die Darmwand darstellen können, so gelingt mit den Schnittbildverfahren auch eine direkte Darstellung des Mesenteriums und der benachbarten Strukturen, einschließlich der parenchymatösen Bauchorgane. Die Dichteauflösung der CT ist im Vergleich zur Röntgentechnik um den Faktor 1000 sensibler. Dagegen wird auch mit modernen Vielzeilengeräten nicht annähernd die Ortsauflösung erreicht.

Voraussetzung für eine suffiziente Darmdiagnostik mit der CT ist eine ausreichende Füllung des Darms mit Kontrastmittel. Für Fragen nach Raumforderung und Entzündung wird eine orale und rektale Kontrastierung mit Kontrastmittel empfohlen. Insbe-

sondere bei der Beurteilung von entzündlichen Veränderungen kann eine negative Kontrastierung des Darmlumens hilfreich sein, um entzündliche Wandveränderungen besser beurteilen zu können. Da bei der Fragestellung Sigmadivertikulitis stets auch eine mögliche Perforation ausgeschlossen werden muss, wird meist eine rektale Füllung mit einem stark verdünnten jodhaltigem Kontrastmittel bevorzugt.

Die CT ist heute das radiologische Standardverfahren für den Nachweis der Divertikelkrankheit (Abb. 7.5) und ihrer Komplikationen sowie für die Abgrenzung zum kolorektalen Karzinom. Obwohl bereits native Low-Dose-CT-Techniken ausreichende diagnostische Genauigkeit aufweisen, beinhaltet unser Standardprotokoll eine orale und rektale Kontrastierung nach intravenöser Bolusapplikation von ca. 100 ml nicht ionischem Kontrastmittel. Die Kriterien für die Diagnose einer Divertikulitis sind neben dem Nachweis von Divertikeln

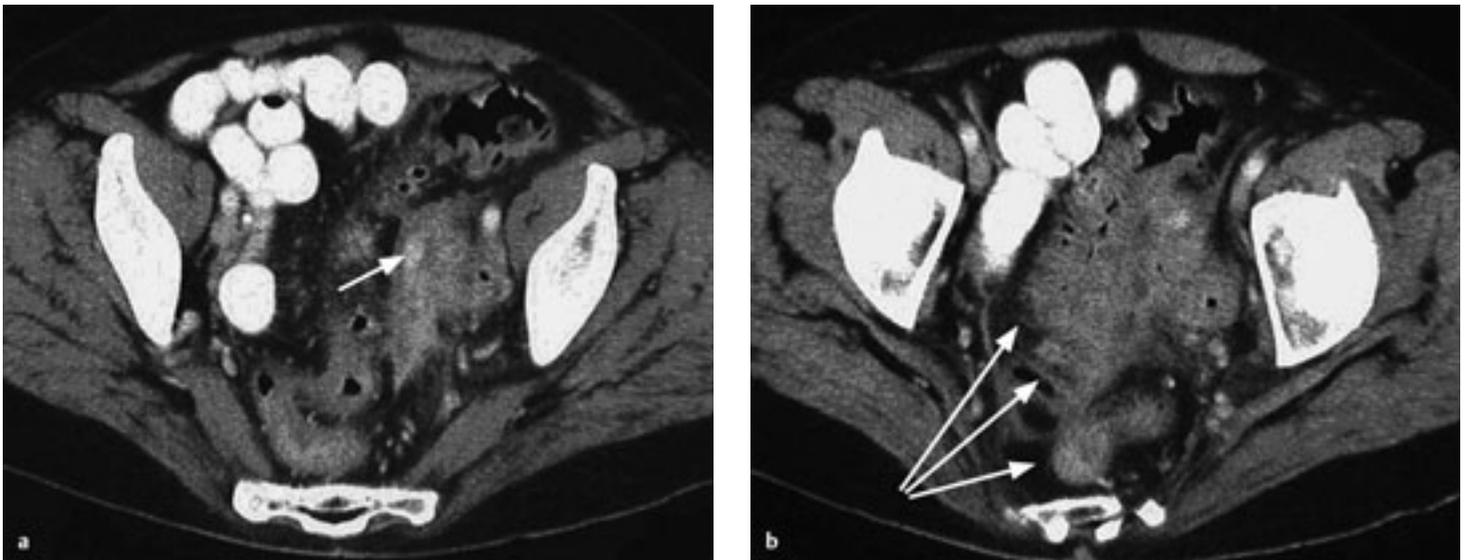
- ▶ eine Wandverdickung > 4 mm,
- ▶ eine entzündliche Verdichtung des parakolischen Fettgewebes,
- ▶ Flüssigkeit in der Mesenterialwurzel,
- ▶ der Nachweis von Begleitveränderungen wie Abszessen, Fisteln, Darmphlegmonen oder freier Luft nach Perforation.

Entzündliche Veränderungen lassen sich mittels CT mit einer Sensitivität von 90–100% erfassen [3]. Bei Verdacht auf ein akutes entzündliches Geschehen bei Sigmadivertikulitis ist die Computertomografie daher aufgrund ihrer hohen Aussagekraft, der Schnelligkeit auf dem Weg zur Diagnose und der frühen Erfassung von Komplikationen dem Kolonkontrasteinlauf vorzuziehen. Insbesondere bei Verdacht auf eine Abszedierung oder Perforation ist die CT die Methode der Wahl.

Differenzialdiagnostische Hinweise auf ein kolorektales Karzinom sind eine intraluminale, exzentrische Raumforderung und der Nachweis vergrößerter, perikolischer Lymphknoten. Perikolische Fettgewebsinfiltrationen und Ödem sprechen dagegen für eine (Peri-)Divertikulitis [4]. Eine genaue Bildanalyse ermöglicht in über 90% aller Fälle die Unterscheidung zwischen Entzündung und Tumor. Allerdings sollte bedacht werden, dass ein Kolonkarzinom in mehr als 25% aller Fälle bei Patienten mit Divertikeln auftritt.

Die CT stellt eine diagnostische Alternative zur Sonografie bei der akuten Appendizitis dar. Allerdings sollte das Verfahren bei Kindern und möglicherweise schwangeren Frauen mit großer Zurückhaltung eingesetzt werden. Hier liegt bei einer nicht ergiebigen Sonografie eher eine Indikation für die MRT vor. Über die adäquate Technik der CT-Untersuchung gibt es unterschiedliche Ansichten. Insbesondere ist strittig, ob orale und intravenöse Kontrastmittelapplikationen notwendig sind. Bereits für die native CT werden Sensitivitäten von deutlich über 90% bei fast 100%iger Spezifität berichtet [5]. Andere Autoren berichten Treffsicherheiten von 80–90%. Unter Verwendung sowohl oraler als auch intravenöser Kontrastverstärkung werden Sensitivitäten von 88–100% sowie Spezifitäten von 91–99% berichtet.

Bei chronisch entzündlichen Erkrankungen wie Morbus Crohn oder Colitis ulcerosa sollte auf die CT nur dann zurückgegriffen werden, wenn die Patientencompliance gering ist, eine Abszessdrainage geplant ist, oder sonstige Kontraindikationen für eine MRT bestehen.



**Abb. 7.5** Computertomografie mit Nachweis einer akuten Sigmadivertikulitis. **a** Nachweis einer gedeckten Perforation; **b** Entzündliche Infiltration des perikolischen Fettgewebes.

## CT-Kolonografie

Ziel der CT-Kolonografie (CTC) ist der frühe Nachweis von Dickdarmpolypen bzw. die Untersuchung von Darmabschnitten proximal einer endoskopisch nicht überwindbaren Stenose. Dabei kommt neben der Analyse von multiplanaren Rekonstruktionen von Datensätzen isotroper Voxel auch die Volume-Rendering-Technik für den sogenannten „Endoview“ zum Einsatz.

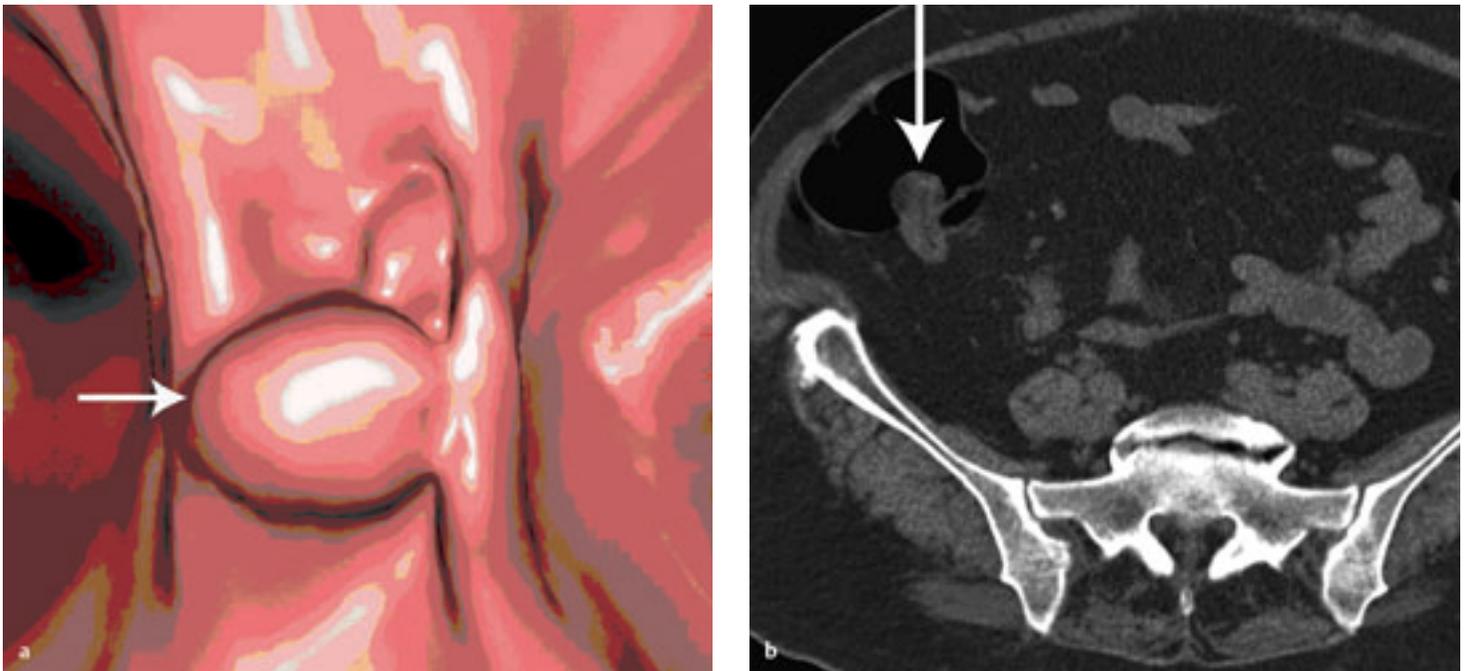
Die Einführung der Spiral-CT 1989 ermöglichte die Aufnahme eines kontinuierlichen Datensatzes mit anschließenden 3D-Rekonstruktionen. Bereits 1994 wurden die ersten Ergebnisse einer auf 3D-Rekonstruktionen basierenden virtuellen Koloskopie vorgestellt. Die Technik der CT-Kolonografie ist in den letzten Jahren weiter verfeinert worden; die Nachbearbeitungszeit konnte mit steigender Rechnerleistung weiter verkürzt werden. Heute stehen eigene Nachbearbeitungsrechner zur Verfügung, an denen in vertretbarer Zeit die Rekonstruktion und Auswertung der virtuellen Koloskopie durchgeführt werden können. Für eine virtuelle Koloskopie werden die Patienten ähnlich vorbereitet wie zu einer konventionellen Koloskopie, d.h. der Darm muss gut gereinigt sein. Um trotz der stets vorhandenen Restflüssigkeit im Kolon die gesamte Schleimhaut beurteilen zu können, wird eine Abdomen-CT in Rücken- und in Bauchlage durchgeführt. Direkt vor der Untersuchung erfolgt eine Distension bzw. Negativkontrastierung des Darms mit ca. 1,5–2,0 l Raumluft oder CO<sub>2</sub>, die über ein Darmrohr manuell oder maschinell insuffliert wird. Nach dem Umlagern und vor der zweiten CT wird noch einmal Gas appliziert. Sofern es sich um eine reine Vorsorgeuntersuchung handelt, wird in der Regel auf eine i.v. Kontrastmittelgabe verzichtet, und beide Abdomen-CT-Untersuchungen werden mit einem Niedrigdosisprotokoll durchgeführt. Aus beiden Datensätzen werden dann mit der Auswertesoftware getrennte virtuelle Koloskopien berechnet. Die Befundung erfolgt sowohl anhand der virtuellen Koloskopie als auch anhand der axialen Einzelschichten.

Die CT-Koloskopie im Rahmen der Darmkrebsvorsorge wird vor allem von amerikanischen Institutionen propagiert. In Europa

werden sie zur Vorsorge nicht empfohlen. Ein wichtiger Grund für diese unterschiedliche Einstellung liegt in der differentiellen Haltung zur Strahlenexposition, insbesondere im Bereich der präventiven Medizin. Obgleich die CT gegenwärtig die kostengünstigere und stabilere Methode der Bildgebung im Vergleich zur MRT ist, werden in Deutschland die MRT-basierten Techniken aus Gründen der Strahlenhygiene ausgebaut.

**Studienergebnisse.** Es gibt zahlreiche vergleichende Studien zur Frage der Polypendetektion mittels CT-Kolonografie (Abb. 7.6) oder Koloskopie, in deren unterschiedlichen Ergebnissen sich Studiendesign, verwendete Technik, aber auch berufspolitische Intentionen spiegeln. 2003 konnte Pickhardt [6] nachweisen, dass die CTC der Koloskopie unter Umständen sogar überlegen sein kann. Sein Studiendesign mit der sogenannten „segmentalen Entblindung“ wies bei 1233 Untersuchungen 55 zusätzliche Polypen gegenüber der Koloskopie und auch das einzige Karzinom in dieser Studienserie nach. Bei diesem Studiendesign wurde der Koloskopier Darmsegment für Darmsegment nach einem ersten Durchgang ohne weitere Information mit den Ergebnissen der vorangegangenen CTC konfrontiert und spiegelte dann ein zweites Mal. Auf diese Weise wurden einige primär nur in der CTC gesehene Befunde bestätigt, die nach klassischem Protokoll mit der Koloskopie als falsch-positiv gewertet worden wären. Sensitivitäten von über 90% brachten dem Verfahren der CTC den klinischen Durchbruch, auch wenn andere Veröffentlichungen die überragenden Resultate in Zweifel zogen [7, 8]. In der derzeit aktuellen Metaanalyse aus dem Jahr 2005 werden für Polypen < 6 mm 48% Nachweishäufigkeit, für die von 6–9 mm 70% und für die größeren 85% angegeben [9]. Dabei ist zu berücksichtigen, dass hier Ergebnisse eingeflossen sind, die mit CT-Geräten kleiner 16 Zeilen erarbeitet wurden.

Alle Veröffentlichungen bestätigen, dass die seltenen flachen Polypen in der CTC ebenso regelmäßig übersehen werden wie sehr kleine Läsionen unter 5 mm Größe. Dies stellt möglicherweise ein Problem dar, da flache oder leicht eingesunkene Läsionen



**Abb. 7.6** CT-Kolonografie mit Nachweis eines ca. 1,5 cm großen Polypen im Bereich der linken Flexur. **a** Virtuell endoskopisches Bild; **b** Transversale Schicht.

nicht nur in Japan, sondern auch in der westlichen Bevölkerung in bis zu 36% bei Screeningkoloskopien gefunden werden. Allerdings ist die Bedeutung solcher Läsionen umstritten, der Anteil harmloser hyperplastischer Polypen ist in diesem Subkollektiv hoch.

Unstrittig ist der Einsatz virtueller Verfahren bei Patienten, bei denen das Kolon nicht komplett endoskopisch einsehbar ist (z. B. im Falle eines Sigma elongatum oder einer nicht passierbaren Stenose), bei erhöhtem Risiko bei Marcumar-Therapie oder bei Personen, die eine Endoskopie trotz adäquater Aufklärung ablehnen. Auf die klassische Doppelkontrastuntersuchung sollte in diesen Fällen verzichtet werden.

### Kolonkapselendoskopie

Die Kolonkapselendoskopie (Abb. 7.7) ist eine neue Methode den Dickdarm in einer guten Bildqualität zu untersuchen. Das Prinzip beruht auf einer Weiterentwicklung der bereits etablierten Dünndarmkapsel. Im Gegensatz zu dieser hat die Kolonkapsel zwei Kameraköpfe, um in beide Richtungen des Darmes Bilder zu erzeugen. Nach einer streng einzuhaltenden Vorbereitung des Darmes und dem Schlucken der Kapsel schaltet sich diese zunächst für den Zeitraum der Dünndarmpassage aus, um Batterieleistung einzusparen. Die im Kolon erzeugten Bilder werden an ein extern auf dem Körper des Patienten getragenes Aufzeichnungsgerät gesendet. Nach Beendigung der Aufzeichnung erfolgt die Übertragung der Daten auf einen Computer; die Auswertung erfolgt dann mit einer speziell entwickelten Software. Bisher liegen nur wenige Daten im Vergleich zur Koloskopie vor, die jedoch sehr vielversprechend sind. Nachteilig ist noch die sehr aufwendige Vorbereitung, da während der Untersuchung Stuhlreste nicht entfernt werden können.

### Positronenemissionstomografie (PET, PET/CT)

Die Positronenemissionstomografie (PET) ist sowohl als alleinige Technik als auch in Kombination mit einer Ganzkörper-CT (PET/CT) eine ebenfalls noch junge Methode, den Dickdarm zu untersuchen. Das Prinzip beruht darauf, dass dem Körper ein radioaktiv markierter Tracer intravenös appliziert wird, der zu einem Protonenzerfall führt und dessen Konzentration ortskodiert nachgewiesen werden kann. Dieser Tracer lagert sich z. B. an Zuckerbausteine an (Fluordesoxyglukose) und wird in Zellen bzw. Geweben akkumuliert, die diese Substanz verstoffwechseln. Insbesondere für die Tumordiagnostik hat die Methode große Bedeutung erlangt. Für das kolorektale Karzinom hat sich das Verfahren einen gewissen Stellenwert für das Rektumkarzinom und für die Ganzkörper- (Rezidiv-)Diagnostik beim Kolonkarzinom erarbeitet, in der Differenzialdiagnostik und dem Staging des Kolonkarzinoms spielt die PET(/CT) dagegen keine Rolle.