

- 10.00 Uhr: 1 l Tee trinken, im weiteren Verlauf uneingeschränkte Nahrungsaufnahme (keine Enzym- oder Vitaminpräparate einnehmen)
- 17.00 Uhr: Blase ein letztes Mal entleeren
- 3. (übernächster) Tag:
 - identischer Versuch mit 0,5 mmol freiem Fluorescein (= 2 rote Kps.).
- **Auswertung:** Messung der Fluorescein-Urinkonzentration am Testtag (T = 1. Tag) und am Kontrolltag (K = 3. Tag). Bestimmung des *T/K-Quotienten*. Un auffällig: $T/K > 30\%$, grenzwertig: $T/K = 20 - 30\%$, pathologisch $T/K < 20\%$.

Schillingtest

- **Indikation:** Nachweis einer Resorptionsstörung im Ileum. Bei Vitamin B₁₂-Mangel Differenzierung zwischen intrinsic-factor-Mangel und Malabsorption im Ileum.
- **Prinzip:** normalerweise wird radioaktiv markiertes Vitamin B₁₂ bei Anwesenheit des intrinsic-factor im Ileum resorbiert und mit dem Urin ausgeschieden. Bei intrinsic-factor-Mangel oder bei Malabsorption im Ileum ist die Vitamin B₁₂-Ausscheidung im Urin vermindert.
- **Durchführung:** Nach oraler Gabe von radioaktiv markiertem Vitamin B₁₂ wird dessen Ausscheidung im Urin gemessen. Nach ca. 1 Woche Wiederholung des Tests mit zusätzlicher Gabe von intrinsic-factor.
- **Auswertung:**
 - Erniedrigte Vitamin B₁₂-Ausscheidung ohne und mit intrinsic-factor: Malabsorption
 - Erniedrigte Vitamin B₁₂-Ausscheidung ohne intrinsic-factor, normale Werte nach Gabe von intrinsic-factor: intrinsic-factor-Mangel bei perniziöser Anämie.

¹⁴C-Glykocholat-Atemtest und ⁷⁵SeHCAT-Test

- **Indikation:** Diagnostik bei Maldigestion, Nachweis eines fehlenden enterohepatischen Kreislaufs bzw. eines Gallensäureverlustsyndroms.
- **¹⁴C-Glykocholat-Atemtest:** orale Gabe von radioaktiv markierter Gallensäure (¹⁴C-Glykocholat). Bei mangelhafter Resorption im terminalen Ileum wird ¹⁴C-Glykocholat im Kolon bakteriell dekonjugiert, wobei ¹⁴CO₂ entsteht und über die Lunge abgeatmet wird. Pathologisch: erhöhte Aktivität in der Atemluft.
- **⁷⁵SeHCAT-Test:** orale Gabe von radioaktiv markierter Gallensäure (⁷⁵Se-Homotaurocholsäure), Messung der Ganzkörperaktivität. Pathologisch: fehlende oder nur unwesentliche Aktivitätssteigerung infolge enteraler Ausscheidung nicht resorbierter Gallensäure.

¹³C-Atemtest und Helicobacter-pylori-Diagnostik: S. 338

3.1 Blutdruckmessung

Blutdruckmessung nach Riva-Rocci (RR)

- **Utensilien:** Blutdruckmeßgerät mit Manometer und passend breiter Manschette (Verhältnis Manschettenbreite : Oberarmumfang = 0,4 : 1), Stethoskop.
- **Durchführung:**
 - Manschette eng anlegen, Ventilschraube schließen
 - Aufpumpen über vermuteten systolischen Druck
 - Stethoskop in der Ellenbeuge (über A. brachialis) aufsetzen
 - durch Öffnen der Ventilschraube Manschettendruck langsam lockern (ca. 5 mmHg/s)
 - *systolischer Blutdruck:* Druck beim ersten hörbaren Herzton (ggf. auch durch Palpation der A. radialis meßbar)
 - *diastolischer Blutdruck:* letzter hörbarer Herzton oder deutliches Leiserwerden der Herztöne.
- ☑ **Beachte:**
 - erste Blutdruckmessung im Seitenvergleich sowie im Liegen und Stehen
 - bei zu geringer Manschettenbreite (s. o.) sind die gemessenen Werte zu hoch und umgekehrt.
- **Ursachen von Blutdruckdifferenzen zwischen dem rechten und linken Arm > 25 mmHg:** Meßfehler, Weichteilunterschiede, Herzrhythmusstörungen, Aortenisthmusstenose, Aortenbogensyndrom, AVK, Subclavian-steal-Syndrom, Aneurysmen, Panarteriitis nodosa, Mediastinalerkrankungen, retrosternale Struma, Lungentumoren, Hemiplegie und seltene andere.

Langzeitblutdruckmessung

- **Indikationen:**
 - V. a. „Praxishochdruck“ („white coat hypertension“)
 - Diskrepanz zwischen der Höhe des Gelegenheitsblutdrucks und dem Ausmaß von Organschäden
 - V. a. aufgehobenen Tag-Nacht-Rhythmus z. B. bei sekundärer oder maligner Hypertonie
 - V. a. krisenhafte Blutdruckanstiege bei normalen Gelegenheitswerten
 - Kontrolle der antihypertensiven Therapie.
- **Normwerte:**
 - 24-h-Mittelwert: obere Normgrenze 130/85
 - Tagesmittelwert: obere Normgrenze 135/85 mmHg (äquivalenter Gelegenheitsblutdruck: 140/90 mmHg)
 - maximal 20% der Werte > 140/90 mmHg
 - nächtlicher Blutdruck-Abfall mindestens 10% systolisch und diastolisch.

Durchführung

► Standardableitungen (Routineprogramm):

- Extremitätenableitungen (Frontalebene): I, II, III, aVR, aVL, aVF (Abb. 7), bei der EKG-Ableitung befindet sich (an Äpfel und Uhrzeigersinn denken)
 - das rote Kabel am rechten Arm
 - das gelbe Kabel am linken Arm
 - das grüne Kabel am linken Bein
 - das schwarze Kabel am rechten Bein
- Brustwandableitungen (Horizontalebene): V₁ – V₆ (Ableitungspunkte: Abb. 5)

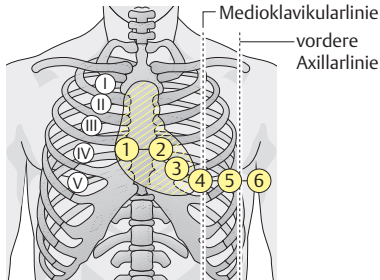


Abb. 5 Ableitungspunkte der Brustwandelektroden:

- V₁: IV. ICR am rechten Sternalrand,
- V₂: IV. ICR am linken Sternalrand,
- V₃: 5. Rippe zwischen V₂ und V₄,
- V₄: V. ICR linke Medioklavikularlinie,
- V₅: V. ICR vordere linke Axillarlinie,
- V₆: V. ICR mittlere linke Axillarlinie.

► Wichtige Zusatzableitungen:

- Brustwandableitungen V₇ – V₉ links
- Brustwandableitungen V_{r3} – V_{r6} rechts
- Ableitung nach *Nehb* D (dorsal), A (anterior), I (inferior).

► Zuordnung der EKG-Ableitungspunkte zur Herzwandlokalisation:

- Herzvorderwand (anterior): I, aVL, V₁ – V₆
 - Region oberhalb der Spitze und Ventrikelseptum (supraapikal, antero-septal): V₁ – V₃
 - Herzspitze (apikal): I, aVL, V₃, V₄
 - Herzseitenwand (lateral): I, aVL, V₅, V₆
- Herzunterwand (inferior, diaphragmal): II, III, aVF
- Herzhinterwand (posterior): V₇ – V₉, spiegelbildliche Veränderungen in V₁ – V₃
- Rechter Ventrikel: V_{r3} – V_{r6}.

Beurteilung

- ☑ **Beachte:** Beurteilung der einzelnen Kriterien immer in der gleichen (z. B. der folgenden) Reihenfolge:

► **Lagetyp** der elektrischen Herzachse (Abb. 6):

Extremitäten-ableitung	überdrehter Rechtstyp	Rechtstyp	Steiltyp	Indifferenztyp	Linkstyp	überdrehter Linkstyp
I						
II						
III						
aVR						
aVL						
aVF						
Lage der Herzachse	jenseits von +120°	+90° bis +120°	+60° bis +90°	+30° bis +60°	-30° bis +30°	jenseits von -30°

Abb. 6 wichtige Lagetypen im EKG

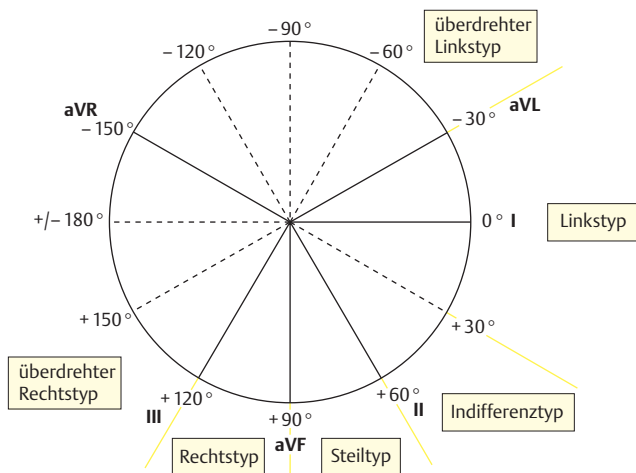


Abb. 7 Lagetypen und EKG-Ableitungen der Frontalebene im Cabrera-Kreis

- *Linkstyp*: physiologisch bei Erwachsenen > 50 Jahren und bei Adipösen, pathologisch bei verstärkter Linksherzbelastung (z. B. arterielle Hypertonie, Aortenklappenfehler, Mitralklappeninsuffizienz)
 - *Mittellagertyp* = Indifferenztyp: physiologisch
 - *Steiltyp*: physiologisch bei Jugendlichen und Asthenikern. Bei älteren oder adipösen Patienten evtl. Hinweis auf eine verstärkte Rechtsherzbelastung
 - *Rechtstyp*: physiologisch bei Kleinkindern und asthenischen Jugendlichen, pathologisch bei verstärkter Rechtsherzbelastung (z. B. akutes oder chronisches Cor pulmonale, sekundär z. B. bei Mitralklappenstenose)
 - *überdrehter Rechtstyp*: immer pathologisch, meist angeborene Herzfehler oder linksposteriorer Hemiblock
 - *überdrehter Linkstyp*: meist linksanteriorer Hemiblock
 - *Sagittaltyp*: häufig bei erhöhter Rechtsherzbelastung (z. B. Lungenembolie):
 - $S_{I}Q_{III}$ -Typ: S-Zacke am Ende des QRS-Komplexes in Ableitung I entspricht in ihrer Größe in etwa der Q-Zacke in Ableitung III
 - $S_{I}S_{II}S_{III}$ -Typ: S-Zacken am Ende des QRS-Komplexes in den Ableitungen I, II und III.
- **Niedervoltage**: Kammerkomplex < 0,6 mV (< 6 mm), z. B. bei Perikarderguß, Lungenemphysem, Adipositas
- *periphere Niedervoltage*: Extremitätenableitungen betroffen
 - *totale Niedervoltage*: Extremitäten- und Brustwandableitungen betroffen.

Tabelle 7 Herzrhythmus im EKG (orientierende Beurteilung bei Normofrequenz)

regelmäßiger Grundrhythmus	unregelmäßiger Grundrhythmus
schmale QRS-Komplexe	
<i>normales P</i> : Sinusrhythmus	<i>deformiertes P</i> : supraventrikuläre Extrasystolie
<i>negatives P, PQ kürzer</i> : ektooper Vorhoffrhythmus, oberer AV-Knoten-Rhythmus	<i>Flimmerwellen</i> : absolute Arrhythmie bei Vorhofflimmern
<i>negatives P hinter dem QRS-Komplex</i> : unterer AV-Knoten-Rhythmus	<i>Flutterwellen</i> : Vorhofflattern mit wechselnder Überleitung
<i>fehlendes P</i> : mittlerer AV-Knoten-Rhythmus, Vorhofflimmern/-flattern mit regelmäßiger Überleitung (Flimmer/-flutterwellen)	<i>PQ-Dauer periodisch zunehmend</i> : AV-Block II° Typ Wenckebach <i>P-Morphologie und PQ-Dauer wechselnd</i> : wandernder Schrittmacher (bei Sick-Sinus-Syndrom oder vegetativer Labilität)
verbreiterte QRS-Komplexe	
<i>P wie oben</i> : o. g. Rhythmusstörungen bei Schenkelblock	<i>P wie oben</i> : o. g. Rhythmusstörungen bei Schenkelblock
<i>PQ verkürzt, Deltawelle</i> : WPW-Syndrom	
wechselnde QRS-Komplexe	
<i>P wie oben</i> : o. g. Rhythmusstörung bei intermittierendem Schenkelblock	<i>deformiertes P</i> : supraventrikuläre Extrasystolie mit Schenkelblock <i>fehlendes P</i> : ventrikuläre Extrasystolie

3.2 EKG

- **Rhythmus** (Tab. 7, Herzrhythmusstörungen S. 263ff):
 - Grundrhythmus regelmäßig oder arrhythmisch
 - nomotope (= Sinusknoten) oder heterotope Erregungsbildung
- **Frequenz**:
 - Bradykardie: Frequenz < 60/min
 - Tachykardie: Frequenz > 100/min.
- **Zeitwerte** (Abb. 8):
 - P-Welle: Beginn bis Ende der P-Welle, Norm: bis 0,1 Sek. (s. u.)
 - PQ-Dauer: Beginn der P-Welle bis zu Beginn des QRS-Komplexes, Norm: 0,12–0,2 Sek.
 - verkürzt: Tachykardie, WPW-Syndrom, LGL-Syndrom
 - verlängert: AV-Block (S. 271)
 - periodisch zunehmend, dann Überleitungsausfall: AV-Block II° Typ Wenckebach
 - QRS-Dauer: Beginn der Q- oder R-Zacke (wenn keine Q-Zacke vorhanden ist) bis zum Ende der S-Zacke oder R-Zacke (wenn keine S-Zacke mehr folgt), Norm: 0,06–0,1 Sek.
 - QRS-Dauer 0,1–0,11 Sek.: *inkompletter* Schenkelblock
 - QRS-Dauer \geq 0,12 Sek.: *kompletter* Schenkelblock (s. u.)
 - QT-Dauer (Tab. 8): Beginn der Q-Zacke bis zum Ende der T-Welle
 - verkürzt: Hyperkalzämie, Digitalis
 - verlängert: Antiarrhythmika, angeborenes QT-Syndrom.

Tabelle 8 Obere Normwerte der QT-Dauer in Abhängigkeit von der Herzfrequenz

Herzfrequenz/min	QT-Dauer	Herzfrequenz/min	QT-Dauer
40	0,48	90	0,32
50	0,40	100	0,30
60	0,38	110	0,29
70	0,36	120	0,28
80	0,34	130	0,26

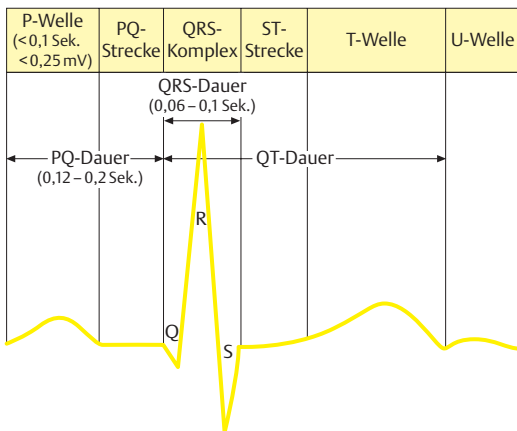


Abb. 8 Normales EKG

► **Hypertrophiezeichen** (S. 245)

- Sokolow-Lyon-Index für rechtsventrikuläre Hypertrophie: R in V_1 + S in V_5 $> 1,05$ mV
- Sokolow-Lyon-Index für linksventrikuläre Hypertrophie: S in V_1 + R in V_5 $> 3,5$ mV

► **Erregungsausbreitung:**

- Formveränderungen der P-Wellen.
 - *P-pulmonale (dextroatriale)*: überhöhte ($> 0,25$ mV in Ableitung II), nicht verbreiterte, spitze P-Welle bei Belastung des rechten Vorhofs (z. B. Cor pulmonale)
 - *P-mitrals (sinistroatriale)*: doppelgipflig verbreiterte P-Welle ($> 0,1$ Sek.) bei Belastung des linken Vorhofs (z. B. Mitralklappenstenose)
 - *P-kardiale (biatriale)*: verbreiterte ($> 0,1$ Sek.) und überhöhte ($> 0,25$ mV) doppelgipflige P-Welle bei Belastung beider Vorhöfe
- Formveränderungen der QRS-Komplexe (Abb. 9, komplett – inkomplett s. o.):
 - *Rechtsschenkelblock*: R in V_1 M-förmig aufgesplittert, S in I, aVL, V_5 und V_6 breit und plump (Vorkommen z. B. bei chronischem Cor pulmonale, Lungenembolie, Vorhofseptumdefekt, KHK, als inkompletter Block auch bei Gesunden)
 - *Linksschenkelblock*: in I, aVL, V_5 und V_6 aufgesplittertes R, ST-Senkung und negatives T; S in III, aVF, V_1-3 tief und breit (Vorkommen v. a. bei KHK)
 - *bifaszikulärer Block*: Rechtsschenkelblock + linksanteriorer Hemiblock (überdrehter Linkstyp, s. o.).

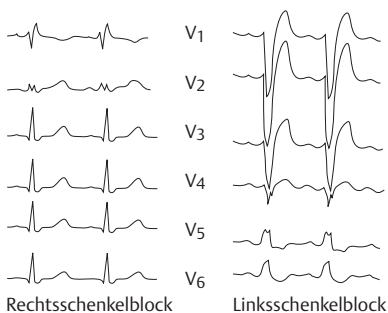


Abb. 9 Rechts- und Linksschenkelblock im EKG

- *pathologische Q-Zacke*: Breite $> 0,03$ Sek. und Tiefe $> \frac{1}{4}$ der nachfolgenden R-Zacke, z. B. Infarktnarben
- *elektrischer Alterans*: Amplitude der R-Zacke wechselt von einer Aktion zur anderen: z. B. Perikarditis, schwere Linksherzdekompensation.
- **Erregungsrückbildung:**
 - ST-Strecken-Veränderungen (Abb. 10):
 - *ST-Strecken-Hebung*: z. B. Herzinfarkt (eher konvexbogig), Herzwandaneurysma, Perikarditis (eher konkavbogig), auch bei ausgeprägter Vagotonie (meist in V_{2-4})
 - *horizontale ST-Strecken-Senkung*: z. B. Koronarinsuffizienz, Digitalis
 - *deszendierende ST-Strecken-Senkung*: z. B. Koronarinsuffizienz, Hypokaliämie, Digitalis
 - *mulden-/bogenförmige ST-Strecken-Senkung*: typisch für Digitalis
 - *aszendierende ST-Strecken-Senkung*: meist nicht pathologisch.

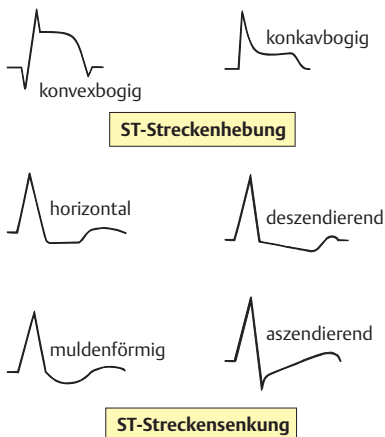


Abb. 10 ST-Streckenveränderungen

- T-Wellen-Formveränderungen (Abb. 11):
 - *überhöhte T-Welle*: z. B. bei asthenisch jungen Patienten, vegetativer Dys-tonie, Hyperkaliämie, „Erstickungs-T“ beim Herzinfarkt
 - *abgeflachte T-Welle*: z. B. Hypokaliämie, Koronarinsuffizienz, Digitalis
 - *präterminal negative T-Welle* (winkelhalbierender Pfeil in Abb. 11 zeigt zum QRS-Komplex hin): z. B. KHK, Linksherzhypertrophie, Hyperventilation, häufig auch bei gesunden Kindern und Jugendlichen (V₁₋₄)
 - *terminal negative T-Welle* (winkelhalbierender Pfeil in Abb. 11 zeigt weg vom QRS-Komplex): z. B. frische oder früher durchgemachte koronare Ischämie, Myokarditis oder Perikarditis.

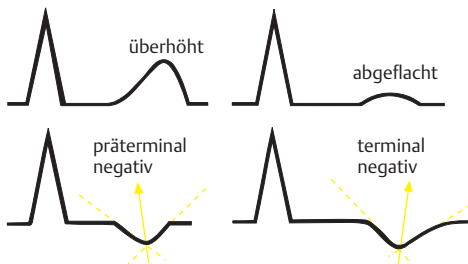


Abb. 11 T-Wellen-Veränderungen (Erläuterungen siehe Text)

- U-Welle: gelegentliche Potentialschwankung nach der T-Welle, Ursachen:
 - *hohe U-Wellen*: Vagotonie, Bradykardie, nach körperlicher Anstrengung (Belastungs-EKG), Sportlerherz, Erkrankungen des ZNS, Hypokaliämie

3.2 EKG

- *negative oder biphasische U-Wellen*, immer pathologisch: Rechts- oder Linksherzbelastung, Angina pectoris, Z. n. Herzinfarkt oder Lungenembolie.

EKG-Befundformulierung (Beispiele)

- **Normalbefund:** Indifferenztyp, normofrequenter regelmäßiger Sinusrhythmus mit einer Frequenz von 72/min, normale Zeitwerte, unauffällige Erregungsausbreitung und -rückbildung.
- **Pathologischer Befund:** Linkstyp, normofrequenter Sinusrhythmus mit einer Frequenz von 88/min, vereinzelte monoforme linksschenkelblockartige ventrikuläre Extrasystolen, AV-Block I.°, anteroseptale Infarktnarbe, ischämietypische Erregungsrückbildungsstörungen im Lateralbereich.

Belastungs-EKG

- **Indikationen:**
 - V. a. koronare Herzkrankheit: rezidivierende Stenokardien, Risikofaktoren, verdächtige EKG-Veränderungen
 - V. a. Belastungshypertonie
 - Beurteilung von Herzrhythmusstörungen unter körperlicher Belastung
 - Beurteilung der medikamentösen Therapie bei koronarer Herzkrankheit und arterieller Hypertonie
 - Abklärung der Belastbarkeit nach Herzinfarkt, nach Herzoperationen und präoperativ. Übertragung ergometrischer Leistungen auf den Alltag:
 - 25–50 Watt: normales Gehen
 - 75–100 Watt: zügiges Gehen, Treppensteigen, langsames Radfahren und Schwimmen
 - 150 Watt: Jogging, schnelles Radfahren
- **Kontraindikationen:**
 - instabile Angina pectoris, akuter Herzinfarkt
 - Ruhe-Blutdruck > 220/110 mmHg
 - manifeste kardiale Dekompensation
 - Cor pulmonale mit Ruhedyspnoe
 - maligne Herzrhythmusstörungen in Ruhe (z. B. Tachyarrhythmie, ventrikuläre Extrasystolie Lown IVb)
 - akute Endokarditis, Myokarditis, Perikarditis
 - hochgradige Aortenstenose (mittlerer Gradient > 50 mmHg, maximaler Gradient > 80 mmHg) oder hypertrophische obstruktive Kardiomyopathie
 - frische Thrombose oder Embolie
 - fieberhafter Infekt.
- **Komplikationen:**
 - Lungenödem, Herzinfarkt, Kammerflimmern (ca. 0,1%)
 - Exitus letalis (ca. 0,02%).
- **Durchführung:**
 - *Voraussetzungen:*
 - Patientenaufklärung
 - vorher Ruhe-EKG schreiben
 - kontinuierliche ärztliche Überwachung
 - EKG-Monitoring
 - Defibrillations- und Reanimationsbereitschaft

- Herzmedikamente (je nach Fragestellung) möglichst vorher absetzen: Digoxin: 1 Woche, Digitoxin: 2 Wochen, Betablocker: je nach HWZ 1–3 Tage, cave Rebound! daher ausschleichen, Nitrate und Kalziumantagonisten: 1 Tag
- *Methoden*: Fahrradergometrie (sitzend, liegend), Laufband u. a.
- *Belastungsintensität*: Steigerung meist alle 2 Min. um 25–50 Watt
- *maximale Ausbelastung*: Herzfrequenz = 220 – Lebensalter (submaximale Ausbelastung: Herzfrequenz = 200 – Lebensalter)
- *Erholungsphase*: 6(–10) Min. nach Belastungsende
- *EKG und RR-Registrierung*: mindestens am Ende jeder Belastungsstufe, 2-minütlich in der Erholungsphase, zusätzlich bei Beschwerden oder sonstigen Auffälligkeiten.
- **Abbruchkriterien**:
 - typische Angina pectoris
 - atypische Stenokardien bei gleichzeitigen EKG-Veränderungen
 - neu auftretende EKG-Veränderungen:
 - horizontale oder deszendierende ST-Streckensenkung $> 0,2$ mV in den Brustwandableitungen bzw. $0,1$ mV in den Extremitätenableitungen
 - ST-Streckenhebungen
 - absolute Arrhythmie, zunehmende ventrikuläre Arrhythmien
 - Leitungsblockierungen (kompletter Schenkelblock)
 - Blutdruckerhöhung auf über 240 systolisch oder 120 mmHg diastolisch
 - fehlende Blutdruckerhöhung oder Blutdruckerniedrigung unter Belastung
 - inadäquate Dyspnoe, Blässe, Zyanose, Schweißausbruch, Schwindel
 - muskuläre Erschöpfung
 - sonstige stärkere Beschwerden (z. B. Arthralgien).
- **Beurteilung**, Hinweise für koronare Herzkrankheit:
 - horizontale und deszendierende ST-Streckensenkung (S. 28)
 - in den Extremitätenableitungen $> 0,1$ mV (> 1 mm)
 - in den Brustwandableitungen $> 0,2$ mV (> 2 mm)
 - langsam aszendierende ST-Streckensenkung, die noch 80 ms nach dem J-Punkt $> 0,1$ mV beträgt (Abb. 12) oder J-Punkt-Senkung $> 0,2$ mV
 - ST-Hebung (S. 28) $> 0,1$ mV (> 1 mm)
 - neu aufgetretener Schenkelblock
 - neu aufgetretene oder progrediente Herzrhythmusstörungen
 - EKG-Veränderungen im Zusammenhang mit kardialen Beschwerden
 - typische Angina pectoris unter Belastung.
- **Aussagefähigkeit** (bei Ausbelastung):
 - Sensitivität: bei signifikanter Koronarstenose 80–90%
 - Spezifität: ca. 75%:
 - falsch positive Reaktion: z. B. Digitalis, Hypokaliämie
 - falsch negative Reaktion: z. B. Betablocker, Nitrate.

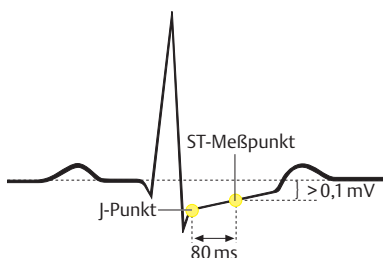


Abb. 12 J-Punkt

Langzeit-EKG

- **Indikation:** Erkennung von Herzrhythmusstörungen z. B. bei Schwindel, Synkopen, gefährdeten Patienten (z. B. nach Herzinfarkt, Klappenvitien), Kontrolle einer antiarrhythmischen Therapie oder nach Schrittmacheranlage, Beurteilung einer koronaren Herzkrankheit (ST-Streckenanalyse).
- **Durchführung:** mindestens 2 Brustwandableitungen über meist 24 h, Speichermedium (z. B. Magnetband), Patientenprotokoll (Beschwerden, Tätigkeiten).
- **Beurteilung:** minimale/maximale Herzfrequenz, Beurteilung des Herzrhythmus (vgl. Tab. 7, Herzrhythmusstörungen: S. 263ff), Klassifikation ventrikulärer Arrhythmien nach Lown (S. 265), Pausen (Anzahl, Dauer), ggf. ST-Streckenveränderungen.

Spirometrie

► **Indikation:**

- ergänzende Diagnostik und Therapieüberwachung bei Atemwegs- oder Lungenerkrankungen
- Überprüfung der Lungenfunktion z. B. präoperativ.

► **Meßgrößen** (Abb. 13):

- *statische Lungenvolumina:*
 - **AZV = Atemzugvolumen:** ein-/ausgeatmetes Volumen bei normalem Atemzug
 - **IRV = inspiratorisches Reservevolumen:** Volumen, das nach normaler Inspiration noch zusätzlich eingeatmet werden kann
 - **IC = inspiratorische Kapazität:** Volumen, das nach normaler Expiration maximal eingeatmet werden kann (= AZV + IRV)
 - **ERV = expiratorisches Reservevolumen:** Volumen, das nach normaler Expiration noch zusätzlich ausgeatmet werden kann
 - **VC = Vitalkapazität:** Volumen, das nach maximaler Inspiration maximal ausgeatmet werden kann (IC + ERV)
 - **RV = Residualvolumen:** intrapulmonales Luftvolumen nach maximaler Expiration (Messung durch Bodyplethysmographie, s. u.)
 - **FRC = funktionelle Residualkapazität:** intrapulmonales Luftvolumen nach normaler Expiration (ERV + RV)
 - **TC = Totalkapazität:** intrapulmonales Luftvolumen nach maximaler Inspiration (VC + RV)
- *dynamische Lungenvolumina*
 - **FEV₁ = Einsekundenkapazität, Tiffeneau-Test:** Volumen, das nach maximaler Inspiration in 1 Sek. maximal ausgeatmet werden kann
 - **FEV₁%VC = relative Einsekundenkapazität:** FEV₁ in % der Ist-Vitalkapazität
 - **FVC = forcierte Vitalkapazität:** Volumen, das nach maximaler Inspiration maximal forciert ausgeatmet werden kann.

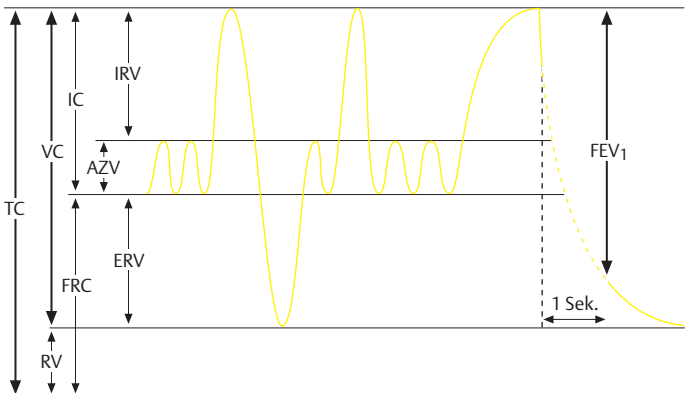


Abb. 13 statische und dynamische Lungenvolumina

3.3 Lungenfunktionsdiagnostik

- Meßgrößen im *Flußvolumendiagramm* bei forcierter Ausatmung (Abb. 14)
 - *PEF* = *Peak Flow*: expiratorischer Spitzenfluß in l/s (auch mit einfachem Peak-Flow-Meter vom Patienten selbst bestimmbar)
 - *MEF_{25,50,75}* = *maximaler expiratorischer Flow*: maximaler expiratorischer Spitzenfluß bei 25, 50 oder 75% der FVC in l/s. *MEF₅₀* und *MEF₂₅* charakterisieren die Obstruktion in der von der Patientenmitarbeit oder Ausatemungskraft unabhängigen Endphase der Expiration. Eine isolierte *MEF₂₅*-Verminderung spricht für eine Obstruktion der peripheren kleinen Atemwege.
- **Auswertung:** die Meßgrößen sind von Körpergröße, Geschlecht und Alter abhängig (orientierende VC-Normwerte: Körpergröße in cm bei Männern × 25, bei Frauen × 20 in ml). Moderne Geräte drucken die Werte absolut und in % der Normwerte aus. Wichtigste Größen zur Unterscheidung obstruktiver, restriktiver und kombinierter Ventilationsstörungen sind die VC und die FEV₁:
 - *Restriktion*: VC < 80% der Norm; z. B. Thoraxdeformierung, Adipositas, Lungenfibrosen, neuromuskuläre Erkrankungen, nach Lungenresektion, Tumoren
 - *Obstruktion*: FEV₁ < 70% der VC (FEV₁%VC < 70%), VC meist durch Lungenüberblähung (RV erhöht) ebenfalls vermindert; z. B. Asthma bronchiale, chronisch obstruktive Bronchitis
 - *reversible Obstruktion*: nach Inhalation von 2 Hub eines Beta₂-Sympathomimetikums (S. 307) bessert sich die FEV₁ um mindestens 15% (*Bronchospasmodolysetest*).

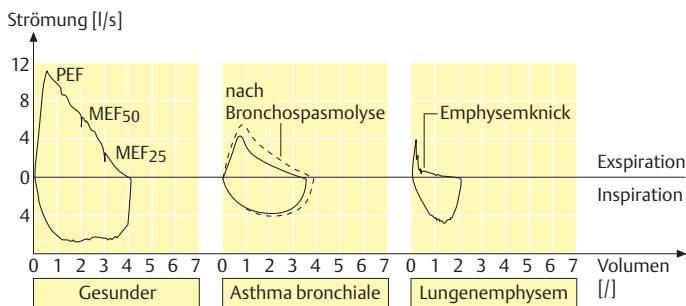


Abb. 14 Flußvolumendiagramme

Bodyplethysmographie

- Der Bodyplethysmograph (= *Ganzkörperplethysmograph*) besteht aus einer geschlossenen Kammer von etwa 1 m³ Rauminhalt, in der der Patient sitzt.
- Ermöglicht eine Analyse der gesamten pulmonalen Atemmechanik. Neben allen o. g. Meßgrößen kann die *Resistance* (= Atemwegswiderstand, sensibler in der Erfassung obstruktiver Ventilationsstörungen) sowie die *Lungen-Compliance* (= Lungendehnbarkeit, z. B. bei Lungenfibrose erniedrigt, bei Lungenemphysem erhöht, Normalwert: 0,03–0,05 l/kPa) gemessen werden.
- Ein weiterer Vorteil besteht in der Unabhängigkeit von der Patientenmitarbeit und in der höheren Sensitivität bei der Bestimmung von atemmechanischen Parametern.

Blutgasanalyse (BGA)

- Indikation: Beurteilung der respiratorischen Situation und des Säure-Basen-Haushaltes.
- Blutabnahme *kapillär* (hyperämisiertes Ohrläppchen), *arteriell* (S. 70) und (meist versehentlich) *venös* (Tab. 9).
- Unterscheidung zwischen latenter und manifester Störung durch Blutgasanalyse in Ruhe sowie unter Belastung (z. B. im Rahmen eines Belastungs-EKGs).

Tabelle 9 Blutgasanalyse – Normwerte

Bestimmung	Einheit	arteriell	kapillär	venös
pH		7,36–7,44	7,36–7,44	7,36–7,40
pO ₂	mmHg	90–100	> 80	35–45
	kPa	12–13,3	> 10,6	4,6–6,0
pCO ₂	mmHg	35–45	38–45	40–50
	kPa	4,6–6,0	5,1–6,0	5,3–6,6
SO ₂ (Sauerstoffsättigung)	%	92–96	92–96	55–70
HCO ₃ ⁻ (Standardbikarbonat)	mmol/l	22–26	22–26	24–30
BE (Basenüberschuß)	mmol/l	-2 – +2	-2 – +2	-2 – +2

➤ Auswertung:

- *respiratorische Partialinsuffizienz*: Hypoxämie, Ursachen:
 - Diffusions- oder Ventilations-Perfusions-Verteilungsstörungen: z. B. bei Lungenödem, Lungenembolie, Pneumonie, Lungenfibrosen, Lungenemphysem (O₂-Gabe führt zu einer adäquaten Erhöhung des pO₂)
 - anatomische Shuntverbindungen: z. B. Vitien mit Rechts-Links-Shunt (O₂-Gabe führt zu keiner wesentlichen Erhöhung des pO₂)
- *respiratorische Globalinsuffizienz*: Hypoxämie + Hyperkapnie (pCO₂ = direktes Maß für die alveoläre Ventilation), Ursachen:
 - alveoläre Hypoventilation durch Störung des Atemantriebs oder Versagen der Atemmuskulatur: z. B. nach apoplektischem Insult, Schädel-Hirn-Trauma, Myasthenia gravis, Intoxikationen, auch bei fortgeschrittenen Lungenerkrankungen infolge Ermüdung der Atemmuskulatur oder zusätzlichen extrapulmonalen Störungen
- Störungen im Säure-Basen-Haushalt: S. 431.

3.4 Sonographie

Grundlagen

- Beachte:** Damit nichts übersehen wird, empfiehlt sich eine schematisierte Untersuchung in stets gleicher Reihenfolge (auch bei Notfalluntersuchungen). Möglicher Untersuchungsablauf einer Abdomensonographie und Standardebenen mit entsprechender Schallkopfposition: Abb. 15
- ▶ Untersuchung aller Organe in 2 Ebenen. Die Darstellung der Organe kann durch Atemmanöver des Patienten (z. B. tief einatmen und Luft anhalten lassen) und einen dosierten, langsam zunehmenden Anpreßdruck des Schallkopfes verbessert werden.
- ▶ Je höher die Ultraschallfrequenz, desto höher das Auflösungsvermögen und desto geringer die Eindringtiefe und umgekehrt:
 - *Abdomensonographie*: meist 3,5-MHz-Schallkopf
 - *Schilddrüsenultrasonographie*, Gefäße: 5- oder 7,5-MHz-Schallkopf.
- ▶ Da bei der Abdomensonographie Darmgasüberlagerung die Untersuchungsbedingungen einschränkt und eine gefüllte Gallenblase erwünscht ist, Untersuchung möglichst morgens im nüchternen Zustand. Der Wert sog. Entschäumungsmittel ist zweifelhaft.

Abdomensonographie – Beurteilung

- ▶ **Gefäße:**
 - *Aorta*: normale Lumenweite: kranialer Teil < 2,5 cm, kaudaler Teil < 2 cm
 - Ektasie: Lumenweite 2,5 – 3,0 cm
 - Aneurysma: Lumenweite > 3,0 cm (evtl. mit wandständigem Thrombus)
 - Arteriosklerose: Verkalkungen, Kaliberschwankungen, Kinking (= Knickbildung)
 - *Vena cava inferior* normal: Lumenweite < 2,5 cm sowie atem- und pulsvariable Lumenschwankung (sonst V. a. Rechtsherzinsuffizienz)
 - *Femoralvenen* normal: komprimierbares, echofreies Venenlumen (sonst V. a. Thrombosierung).
- ▶ **Lymphknoten:** Beurteilung zusammen mit Gefäßen. Jeder gut sichtbare Lymphknoten ist zunächst als suspekt anzusehen. Typischer Befund: rundliche, echoarme bis echofreie Gebilde, die bei Bewegung des Schallkopfes „kurz aufblincken“ (im Gegensatz zu den Gefäßen).



Sagitaler Oberbauchschnitt (median): Aorta (links paramedian), V. cava inferior (rechts), Leber (linker Lappen und Lobus caudatus), Magen, Pankreaskorpus, V. portae (confluens), Truncus coeliacus, A. und V. mesenterica superior, Lig. teres hepatis (median), M. rectus und Rektusscheide (paramedian), Wirbelkörper + Bandscheiben (dorsal), ggf. paravasale Lymphome



Unterbauch-Schrägschnitt (parailiakkal rechts und links): Iliakalgefäße, M. Iliopsoas, evtl. Ovarien, evtl. Dünndarm und Colon sigmoideum (links), ggf. paravasale Lymphome



Suprapubischer Unterbauch-Querschnitt: Mm. recti, Iliakalgefäße, Harnblase, bei gefüllter Harnblase auch Uterus, Ovarien, Prostata, evtl. Ileum und Rektum



Suprapubischer Unterbauch-Längsschnitt: Harnblase, bei gefüllter Harnblase auch Uterus, Ovarien, Prostata, evtl. Ileum und Rektum



Oberbauch-Querschnitt: Aorta, V. cava inferior, Truncus coeliacus, Leber, Magen, Duodenum, Pankreas (Kopf, Korpus und Schwanzabschnitt), Lig. teres hepatis, A. und V. lienalis, V. portae, A. und V. mesenterica superior, A. hepatica, A. und V. renalis, Ductus choledochus, Bursa omentalis (zwischen Magen und Pankreaskorpus), ggf. paravasale Lymphome



Mittelbauch-Querschnitt links: Aorta, Wirbelsäule, kraniale Anteile der linken Niere, linke Nebennierenloge, evtl. Jejunum und Colon transversum



Subkostaler Schrägschnitt rechts: Lebervenenstern, V. cava inferior, Leber, Gallenblase, Duodenum, Wirbelsäule, Zwerchfell



Oberbauch-Schrägschnitt rechts: Lebervorte mit A. hepatica, Ductus choledochus und V. portae, Leber, Gallenblase, Pankreaskopf, V. cava inferior, Aorta, Wirbelsäule



Sagittalschnitt in der rechten Medioklavikularlinie: Position zur Größenbestimmung der Leber, Gallenblase, Zwerchfell (Beweglichkeit?), kraniale Nierenanteile, evtl. rechte Kolonflexur und Dünndarm, ggf. Pleuraerguß und Aszites



Interkostaler Flankenschnitt rechts (leichte Linksseitenlagerung): rechte Niere, rechte Nebennierenloge, Leber (kaudale Anteile), Zwerchfell, evtl. Colon ascendens, ggf. Pleuraerguß und Aszites (zwischen Leber und rechter Niere auch geringe Mengen sichtbar)



Interkostaler Flankenschnitt links (leichte Rechtsseitenlagerung): linke Niere, linke Nebennierenloge, Milz (kaudale Anteile), Zwerchfell, evtl. Colon descendens, ggf. Pleuraerguß und Aszites



Hoher Flankenschnitt links (leichte Rechtsseitenlagerung): Position zur Größenbestimmung der Milz, Pankreasschwanz, Zwerchfell (Beweglichkeit?), linke Nebennierenloge, evtl. linke Kolonflexur, ggf. Pleuraerguß und Aszites

Abb. 15 Standardebenen mit entsprechender Schallkopfposition bei der Abdomensonographie (jede Ebene durch Schwenkbewegungen durchmustern)

3.4 Sonographie

➤ **Leber:** Tab. 10 und 11.

Tabelle 10 Sonographische Beurteilung diffuser Leberparenchymveränderungen

	Größe (cm) in der MCL	kaudaler Leberrand	Binnenreflex- muster	Palpation
Normalbefund	12 cm ± 2	spitzwinklig	fein, homogen	verformbar
akute Hepatitis/Stauung	> 12 cm	abgerundet	wenig verändert	verformbar
Fettleber	> 12 cm	stumpfwinklig	verdichtet, homogen	verformbar
Leberzirrhose	> 12 cm (später < 12 cm)	verplumpt, wellige Kontur	verdichtet, inhomogen	kaum verformbar

Tabelle 11 Sonographische Beurteilung fokaler Leberparenchymveränderungen

	Begrenzung	Form	Binnenreflex- muster	dorsale Reflexe
dysontogenet. Zysten	glatt	rundlich	echofrei, homogen	Schallverstärkung
Hämatom, Abszeß	oft unscharf	unregelmäßig	echoarm, inhomogen	evtl. leichte Schallverst.
fokale Verfettung	oft unscharf	unregelmäßig	echodicht, homogen	Schallabschwächung
Metastasen	meist unscharf	rundlich oder unregelmäßig	echodicht/-arm inhomogen	unterschiedlich
Leberzellkarzinom	unscharf	unregelmäßig	inhomogen	Schallabschwächung
Hämangiom	glatt	rundlich	echodicht, homogen	Schallverstärkung
Adenome	glatt	rundlich	echodicht/-arm homogen	Schallabschwächung
FNH (S. 389)	meist glatt	rundlich	echodicht/-arm homogen	Schallabschwächung

➤ **Pfortader:** max. Durchmesser < 15 mm (sonst V. a. portale Hypertension).

➤ **Gallenblase:**

- Normalbefund: Länge < 10 cm, Dicke < 4 cm, Wand < 3 mm, echofrei
- pathologische Befunde: S. 391ff

📌 **Beachte:** Bei schwieriger Darstellung: unter maximaler Inspiration des Patienten Leber von subkostal langsam durchfächern, Versuch von interkostal, ggf. Wiederholungsuntersuchung in nüchternem Zustand.

► **Gallenwege:**

- Ductus choledochus: Durchmesser < 7 mm an der weitesten Stelle, nach Cholezystektomie < 10 mm
- intrahepatische Gallenwege: nur bei Obstruktion der Gallenwege sichtbar
- pathologische Befunde: S. 391ff

☑ **Beachte:** Darstellung des Ductus choledochus im Längsschnitt (z. B.): zunächst Darstellung der Pfortader vom Leberhilus bis zum Pankreas im Längsschnitt, dann Schallkopf leicht im Uhrzeigersinn drehen und gegen die Bauchdecke nach kranial kippen.

► **Pankreas:**

- Normalbefund (Abb. 16): Durchmesser Pankreaskopf < 3 cm, Korpus < 2 cm, Schwanzabschnitt < 3 cm, Ductus pancreaticus < 3 mm; Binnenreflexmuster entspricht etwa dem der gesunden Leber, im Alter wird es echoreicher
- pathologische Befunde: S. 364ff

☑ **Beachte:** Bei schlechter Abgrenzbarkeit Patienten leicht einatmen oder Bauchdecke „herausdrücken“ lassen, zunächst Pfortader vom Leberhilus aus, dann V. lienalis darstellen, Schallkopf im Uhrzeigersinn drehen bis er genau quer im Oberbauch aufliegt und Vena lienalis längs sowie A. mesenterica superior quer sichtbar sind. Ggf. Versuch in Seitenlage oder im Stehen.

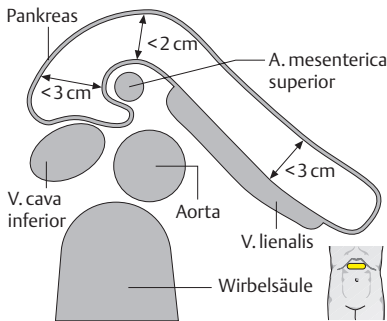


Abb. 16 Sonographie des Pankreas

► **Milz:**

- Normalbefund: Dicke < 4 cm, Breite < 7 cm, Länge < 11 cm („4711“)
- *Splenomegalie*: mindestens 2 Parameter vergrößert
- *Milzinfarkt*: zunächst echoarme, später echoreichere häufig keilförmige Parenchymveränderung
- *Nebennilz*: häufige Normvariante mit rundlicher Form, meist im Milzhilus gelegen.

► **Nieren:**

- Normalbefund: Länge 9–12 cm, Parenchymbreite > 1,5 cm (altersabhängig)
- häufige Zufallsbefunde:
 - *Nierenzysten*: wie Leberzysten (Tab. 11)
 - *Angiomyolipom*: gutartiger Nierentumor, sehr echoreich und glatt begrenzt, meist < 2 cm groß
 - *einseitige Nierenagenesie* (meist links) oder Hypoplasie
 - *ektope Niere*: meist Beckenniere

3.4 Sonographie

- *Hufeisenniere*: Parenchymbrücke zwischen beiden Nierenunterpolen
- *Doppelbildungen*: sog. Parenchymbrücke als Zeichen eines doppelt angelegten Nierenbeckens.
- weitere Befunde: S. 396ff; Nephrolithiasis, Harnstau: S. 412.
- **Harnblase** (Untersuchung in gefülltem Zustand):
 - Normalbefund: im Querschnitt meist ovale, im Längsschnitt dreieckige Form
 - *Divertikel*: umschriebene Wandaussackung
 - *Konkremente*: echodicht mit Schallschatten, bei Positionswechsel des Patienten beweglich
 - *Harnblasentumor*: unregelmäßig begrenzt, evtl. polypenartige Form, ggf. Harnstau nachweisbar
 - ☑ *Restharnbestimmung* (nach spontaner Miktion) nach der vereinfachten Volumenformel: Restharn = Länge × Breite × Höhe × 0,5 ml (normal < 30 ml).
- **Prostata** (Untersuchung bei gefüllter Harnblase):
 - Normalbefund: Durchmesser quer < 5 cm, kraniokaudal < 3 cm, tief bzw. sagittal < 3 cm; Volumen < 25 ml (vereinfachte Volumenformel: s. o.)
 - *Adenom*: diffuse oder lokalisierte (z. B. Mittellappen) Organvergrößerung, homogene oder inhomogene Struktur evtl. mit Verkalkungen, bei Stenosierung der Urethra verdickte Harnblasenwand
 - *Karzinom*: meist im Außenbereich entstehend, inhomogene Struktur, evtl. Infiltration der Harnblasenwand oder knolliges Vorwachsen in das Harnblasenlumen.
- **Uterus** (Untersuchung bei gefüllter Harnblase):
 - Normalbefund bei Nullipara: Durchmesser längs < 8 cm, quer < 3 cm.
 - *Schwangerschaft*: verdicktes Endometrium, sichtbare Fruchthöhle mit Flüssigkeitsansammlung
 - *Uterus myomatosus, maligner Tumor*: inhomogene Raumforderung (ggf. gynäkologische Untersuchung)
 - *Intrauterinpeppar*: sehr heller länglicher Reflex im Cavum uteri.
- **Adnexe** (Untersuchung bei gefüllter Harnblase): bei zufälligem Nachweis parauterin gelegener bis 3 cm großer zystischer Strukturen Kontrolle in einer anderen Zyklusphase, sonst gynäkologische Untersuchung.
- **Darm**:
 - Normalbefund: Wandstärke Dünndarm < 3 mm, Dickdarm < 5 mm
 - *Ileus*: dilatierte, vermehrt flüssigkeitsgefüllte Darmschlingen mit Pendelperistaltik bei mechanischem oder fehlender Peristaltik bei paralytischem Ileus
 - Darmwandverdickungen (= pathologisches *Kokardenphänomen*): bei *Kolon-tumoren* kurzstreckig bei *entzündlichen Darmerkrankungen* langstreckig, bei *Morbus Crohn* evtl. auch „Kokarden-Konglomerate“ sichtbar
 - *akute Appendizitis*: Punkt des Druckschmerzmaximums aufsuchen, dort bei entsprechenden Untersuchungsbedingungen kleine, aperistaltische, wandverdickte Darmschlinge mit echoarmem Saum sichtbar.
- **Ergüsse, Aszites**: zu jeder Abdomensonographie gehört der Ausschluß von Aszites, Perikard- und Pleuraergüssen. Kleinere Aszitesmengen finden sich in den abhängigen Regionen, insbesondere zwischen Niere und Leber sowie an der lateralen Bauchwand.

Abdomensonographie – Diktatbeispiel

Tabelle 12 Abdomensonographie-Diktatbeispiel bei unauffälligem Befund

- 1) *Gefäße*: Aorta und große arterielle Beckengefäße normal weit, unauffällige Wandstruktur, kein Kinking. Vena cava inferior unauffällig mit normaler Atem- und pulsvariabler Lumenschwankung. Keine paravasalen Lymphome sichtbar.
- 2) *Leber* 12 cm in der re. MCL messend, glatte Organkontur, unauffällige Form, homogenes unauffälliges Binnenreflexmuster ohne Nachweis fokaler Veränderungen.
- 3) *Gallenblase* 7 × 3 cm messend, unauffällige Wandstruktur, im Lumen keine Binnenechos enthaltend, Gallenwege extra- und intrahepatisch nicht gestaut.
- 4) *Pankreas* gut einsehbar, Kopf, Korpus und Schwanzabschnitt von regelrechter Größe, Form und Binnenstruktur, Pfortader normal weit.
- 5) *Milz* mit 10 × 5 × 3 cm von regelrechter Größe, Form und Binnenstruktur.
- 6) *Nieren* beidseits längs 10 cm messend, regelrechte Organkontur, unauffälliger Parenchymsaum, regelrechter Pyelonkomplex ohne Zeichen des Harnstaus, keine steinverdächtigen Binnenechos sichtbar.
- 7) *Harnblase* gut gefüllt, unauffällige Wandstruktur, keine Binnenechos enthaltend, Prostata von regelrechter Größe, Form und Binnenstruktur (bzw. Uterus und Adnexe).
- 8) Keine Pleuraergüsse, kein Perikarderguß, kein Aszites und kein pathologisches Kokardenphänomen nachweisbar.

Urteil: unauffälliger abdomensonographischer Befund

Schilddrüsenultraschall

- **Durchführung:**
 - Schallkopf: 5, besser 7,5 MHz
 - Lagerung: Rückenlage, Kopf nach dorsal rekliniert (kleines Kissen unter die Schultern legen).
- **Normalbefunde** (Abb. 17):
 - Größe eines SD-Lappens: quer (transversal) 1–3 cm, tief (sagittal) 1–2 cm, kraniokaudal 4–7 cm
 - Gesamtvolumen: für jeden SD-Lappen 0,5 × quer × tief × kraniokaudal in ml (Männer < 24 ml, Frauen < 18 ml)
 - Organkontur glatt
 - homogenes, dichtes Binnenreflexmuster.
- **Pathologische Befunde:**
 - diffuse Veränderungen:
 - *Struma diffusa*: Organvergrößerung, homogene Binnenstruktur
 - *regressive Knotenstruma*: Organvergrößerung, inhomogene Binnenstruktur, häufig Zysten (s. u.) sowie Verkalkungen (echodichte Strukturen mit Schallschatten) nachweisbar
 - *Morbus Basedow*: diffuse echoarme Binnenstruktur, evtl. Organvergrößerung
 - *Hashimoto-Thyreoiditis*: diffuse echoarme Binnenstruktur, oft Organverkleinerung (kann jedoch auch vergrößert sein)

3.4 Sonographie

- fokale Veränderungen:
 - *Zysten*: glatt begrenzt, echofrei, dorsale Schallverstärkung
 - *Adenome*: glatt begrenzt, echoarm oder echoreich
 - *Karzinom*: unscharf begrenzt, meist echoarm, selten echoreich, evtl. parathyreoidale Lymphknotenvergrößerungen.

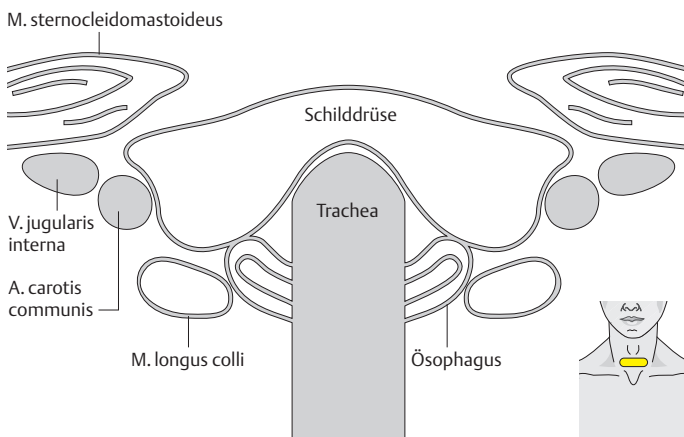


Abb. 17 Schilddrüsenultraschall

Doppler-Sonographie der Extremitätenarterien

- **Dopplerdruckmessung:** einfaches Screening-Verfahren in der Routinediagnostik der arteriellen Verschlusskrankheit.
 - Messungen der Drucke über der A. tibialis posterior (dorsal vom Innenknöchel) und der A. dorsalis pedis (zwischen bzw. proximal der Ossa metatarsalia I und II) z. B. mit einfachem tragbarem Dopplergerät und supramalleolär angelegter Blutdruckmanschette: beim Ablassen der Luft (wie bei der normalen RR-Messung) entspricht der Doppler-Druck dem Wert, bei dem erstmals mit der über dem Gefäß schräg (!) aufgesetzten Dopplersonde ein Strömungsgeräusch registriert wird
 - erweiterte Information über die Verschlusslokalisation durch Druckmessungen über der A. poplitea in der Kniekehle (mit breiter Spezialmanschette am Oberschenkel), Differenzierung zwischen AVK vom Oberschenkel- oder Unterschenkeltyp
 - für die Beurteilung therapeutischer Konsequenzen sind v. a. die absolut gemessenen Druckwerte wichtig (falsch hohe Werte bei ausgeprägter *Mediasklerose*, daher Vergleich mit der Klinik):
 - > 80 mmHg: entspricht etwa dem klinischen Fontaine-Stadium (S. 290) I–II
 - 60–80 mmHg: IIb(–III)
 - 30–60 mmHg: III–IV, drohende Nekrose
 - 0–30 mmHg: IV, akute Ischämie, Amputationsgefähr

- wegen häufig hypertoner RR-Werte erfolgt die dopplersonographische Schweregradbestimmung auch durch Berechnung des *Dopplerindex* (DI) = Dopplerdrucke am Fuß dividiert durch den am Arm gemessenen systolischen RR-Wert (cave: Mediasklerose s. o.):
 - DI > 0,9: normal
 - DI 0,9–0,75: entspricht etwa dem klinischen Fontaine-Stadium (S. 290) I–II
 - DI 0,75–0,5: II–III
 - DI < 0,5: III–IV, drohende Nekrose
- im klinischen Stadium II Untersuchung auch nach Belastung: z. B. 20 Zehenstände oder 100 m Gehen (z. B. 3 × Klinikflur)
- analog ist die Dopplerdruckmessung auch auf die Diagnostik der arteriellen Verschlusskrankheit, z. B. der oberen Extremitäten, übertragbar.

Doppler-Sonographie der hirnversorgenden Arterien _____

- Nachweis oder Ausschluß einer Stenosierung der hirnversorgenden Arterien (v. a. A. carotis interna) nach zerebralem Insult (v. a. TIA, PRIND), unklaren Synkopen, Schwindel und präoperativ.

Farbkodierte Duplexsonographie _____

- Kombination von zweidimensionalem Ultraschallbild (B-Bild) und Dopplersonographie einschließlich Farbkodierung (vgl. Echokardiographie: S. 44).
- Ermöglicht im Vergleich zur konventionellen Doppler-Untersuchung eine schnellere anatomische Orientierung sowie zusätzliche Informationen bei der ätiologischen Einordnung von arteriellen und venösen Durchblutungsstörungen, der Beurteilung hämodynamischer Auswirkungen sowie der Erfolgskontrolle nach gefäßchirurgischen Eingriffen oder medikamentösen Behandlungsmaßnahmen (z. B. Thrombolyse).

3.5 Echokardiographie

Methoden

➤ Standard-Echokardiographie:

- *M-Mode*: eindimensionale Ultraschallmessung (Y-Achse) in Beziehung zur Zeit (X-Achse), ermöglicht Darstellung schneller Bewegungsabläufe
- *B-Mode*: zweidimensionale Darstellung anatomischer Strukturen wie bei der Abdomensonographie
- *Doppler-Methode*: ermöglicht den Nachweis und die Quantifizierung von Klappenfehlern sowie intrakardialer Blutfluß- und Druckverhältnisse. Methoden:
 - CW-(continuous-wave-)Doppler: ermöglicht die Analyse hoher Flußgeschwindigkeiten ohne Aussage über die Entstehungstiefe
 - PW-(pulsed-wave-)Doppler: ermöglicht die Analyse in einem wählbaren Tiefenbereich, ist aber bei hohen Flußgeschwindigkeiten dem CW-Doppler unterlegen
- *Farb-Doppler-Methode*: farbkodierte, flächenhafte PW-Analyse. Normalerweise wird der Fluß auf den Schallkopf zu *rot* und der Fluß vom Schallkopf weg *blau* kodiert. Ermöglicht die bessere Erkennung von Klappeninsuffizienzen und Shuntvitien.

➤ Kontrastmittelechokardiographie: Verstärkung der Echogenität des strömenden Blutes durch Beimengung von ultraschallreflektierenden Substanzen (z. B. physiologische NaCl-Lösung, HAES, Echovist®). Durchführung bei V. a. Shuntvitien, Klappeninsuffizienzen, komplexen kongenitalen Vitien als Ergänzung zur Farb-Doppler-Methode oder wenn diese nicht verfügbar ist.

➤ Belastungs(= Streß)-Echokardiographie: Untersuchung unter gleichzeitiger Steigerung der Herzarbeit (z. B. durch Ergometerbelastung oder pharmakologisch). Ermöglicht z. B. die bessere Erkennung und Quantifizierung regionaler belastungsabhängiger Kontraktionsstörungen bei KHK.

➤ Transösophageale Echokardiographie: invasive Methode (wie Gastroskopie) mit besserer Darstellung v. a. der dorsalen Herzabschnitte (z. B. bei V. a. Endokarditis oder Vorhofthromben) und der thorakalen Aorta.

Durchführung einer Standard-Echokardiographie

- **Lagerung des Patienten:** Oberkörper leicht angehoben (ca. 30°), der linke Arm wird hinter dem Kopf plaziert. Bei parasternaler Untersuchung 90°-Linksseitenlage, bei apikaler und subxiphoidaler Untersuchung 30–45°-Linksseitenlage. Bei suprasternaler Untersuchung (Schallkopf im Jugulum) Rückenlage bei erhöhtem Oberkörper oder im Sitzen, wobei der Kopf maximal rekliniert ist.
- Kontinuierliche EKG-Registrierung während der Untersuchung.

➤ Beispiel eines schematisierten Untersuchungsablaufs:

- *parasternal* (meist 3.–4. ICR links) lange Achse (Längsschnitt), kurze Achse (Querschnitt): Untersuchung im B-Mode sowie M-Mode-Messungen
- *apikale* Untersuchung (Bereich des Herzspitzenstoßes, 5. ICR links):
 - B-Mode: 4-Kammer-Blick, Kippen des Schallkopfes führt zum 5-Kammerblick und Drehen um die eigene Achse zum 2- und 3-Kammerblick
 - PW-, CW- und Farbdoppleruntersuchung der apikalen Kammerblicke.

B- und M-Mode-Echokardiographie

- **Normale B- und M-Mode-Echokardiographie** (Abb. 18 und Tab. 13):

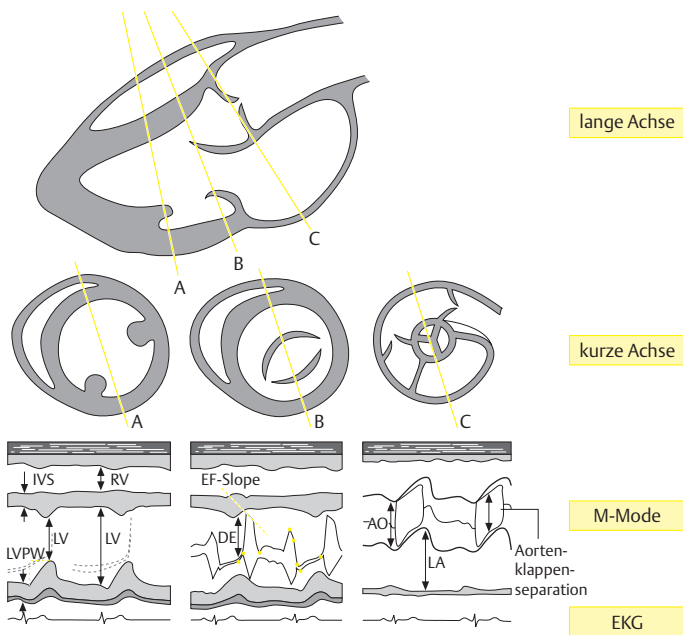


Abb. 18 B-Mode in der langen und kurzen Achse sowie M-Mode parasternal (vgl. Tab. 13)

Tabelle 13 Normwerte in der M-Mode-Echokardiographie (vgl. Schnittebenen A-C Abb. 18)

A (Papillarsehnebene)	B (Mitralsegelebene)	C (Aortenklappenebene)
<i>enddiastolisch:</i> Septum (IVS) 6–12 li. Ventrikel (LV) 33–56 Hinterwand (LVPW) 6–12 re. Ventrikel (RV) < 30	DE-Amplitude (= Öffnungsamplitude) 18–35 EF-Slope (= mesodiastolische Rückschlagbewegung des vorderen Mitralsegels) > 70 mm/s E-Septum-Abstand < 10	<i>enddiastolisch</i> Aortenwurzel (AO) < 38 <i>endsystolisch</i> li. Vorhof (LA) < 40 Aortenklappenseparation > 15 Verhältnis LA/AO < 1,3
<i>endsystolisch:</i> li. Ventrikel (LV) 26–42 Verkürzungsfraction (FS = Maß für die linksventrikuläre Funktion) > 25% (berechnet)		

soweit nicht anders angegeben, Angabe in mm

Thoraxübersicht

► Methoden:

- Thorax in 2 Ebenen, p. a. und seitlich in Inspiration: Standarduntersuchung
- Thorax im Liegen, a. p. in Inspiration: bei immobilen Patienten, z. B. Intensivstation
- Thorax in Expiration: Ausschluß oder V. a. Pneumothorax
- Thoraxdurchleuchtung: Lagebeurteilung unklarer Herde, Beurteilung der Zwerchfellbeweglichkeit (z. B. bei V. a. Zwerchfellparese).

► Beurteilung (Abb. 19, 20 und 21):

- *Zwerchfelle*: Begrenzung (glatt?), Höhe, Wölbung, Adhäsionen
- *Sinus phrenicocostales*: einsehbar? (Ergüsse, Verschwartungen?)
- *Herzsilhouette*:
 - Herzgröße (orientierend): Durchmesser Herz/Thorax: normal < 50%
 - linker Herzrand (linker Ventrikel), rechter Herzrand (rechter Vorhof)
 - Herztaile: verstrichen bei vergrößertem linkem Vorhof
 - Pulmonalisbogen, Aortensilhouette (Sklerose, Ektasie?)
 - Retrokardialraum (linker Vorhof) und Retrosternalraum (rechter Ventrikel) in der seitlichen Aufnahme
- *Lungenhili*: Pulmonalarterien, Pulmonalvenen, Lymphknoten, Bronchien
 - Breite, Konfiguration
- *Lungenperipherie*:
 - Verschattungen? (flächenhaft, retikulär, fleckförmig, Rundherde?)
 - Aufhellungen?
 - Pneumothorax? (S. 678)
- *Mediastinum*: Breite, Verlagerung?, Tracheaverlauf, retrosternale Struma?, Hiatushernie?
- *Skelettsystem*: Deformitäten, degenerative Veränderungen (WS), Osteoporose, Osteolysen, Frakturen?

► Häufige pathologische Befunde:

- *einseitige flächige Verschattung*:
 - Pneumonien: S. 318, Abb. 79, Abb. 80
 - Pleuraerguß (Abb. 60, S. 247): bei diffusen homogenen Verschattungen an große oder bei Liegendaufnahme an „auslaufende“ Ergüsse denken (Sonographie!)
 - Atelektase (Abb. 81, S. 326): homogene nicht mit Luft gefüllte Lungenabschnitte, bei entsprechender Ausdehnung gleichseitiger Zwerchfellochstand und Verlagerung des Mediastinums zur kranken Seite. Vorkommen bei Verlegung der Bronchien durch Tumor, Schleimpfropf oder Fremdkörper
- *beidseitige flächige Verschattungen*:
 - kardiales Lungenödem (Abb. 59, S. 246): kleinfleckig konfluierend, Herzvergrößerung
 - beidseitige Pneumonie
 - ARDS
 - interstitielle Lungenerkrankungen (S. 312), Lymphangiosis carcinomatosa, Sarkoidose, Strahlenpneumonitis, toxisches Lungenödem u. a.
- *isolierter Lungenrundherd*: Mamillenschatten (symmetrisch auf der kontralateralen Seite auftretend), Bronchialkarzinom, Metastase, Tuberkulom, Chondrom, Neurinom, Fibrom, Adenom u. a. Weitere Diagnostik (S. 325, Tumorsuche) bei Hinweisen für Malignom: Alter > 40 Jahre, Raucheranamnese, Durchmesser > 2 cm, Größenzunahme im Verlauf

- *multiple Lungenrundherde*: meist Metastasen
- *pulmonaler Ringschatten*: Emphyseblase, Bronchiektasen, tuberkulöse Kaverne, dysontogenetische Lungenzysten, Lungenabszeß, zerfallender Tumor, Echinokokkuszyste, Aspergillom, auch als Summationseffekt normaler Streifenzeichnung auftretend
- *Hilusverbreiterung*: zentrales Bronchialkarzinom, Lymphknotenvergrößerung (z. B. Tbc, malignes Lymphom, Bronchial-Ca, Sarkoidose), zentrale Stauung
- *Zwerchfellhochstand*:
 - rechts: Hepatomegalie, Chilaiditi-Syndrom (= Koloninterposition zwischen Leber und Zwerchfell)
 - links: Splenomegalie
 - beidseits, rechts und/oder links: Adipositas, Aszites, Gravidität, subphrenischer Abszeß, Phrenikusparese
- *weitere pathologische Befunde*: Herz: S. 222ff, Lunge: S. 302ff.

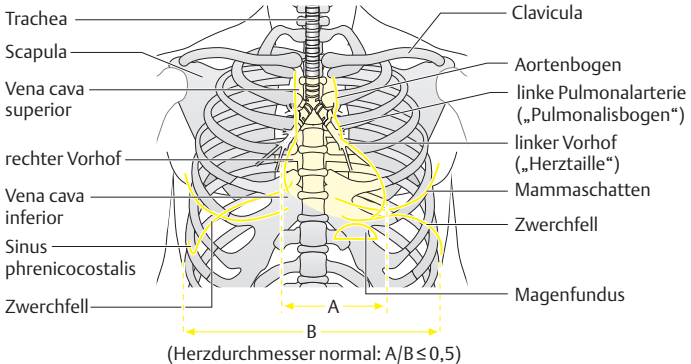


Abb. 19 Röntgen-Thorax p. a.

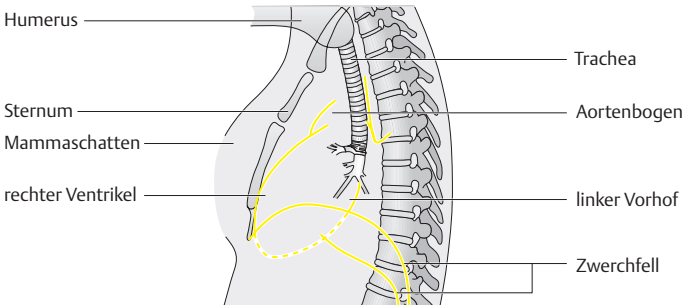


Abb. 20 Röntgen-Thorax seitlich

3.6 Röntgenuntersuchungen

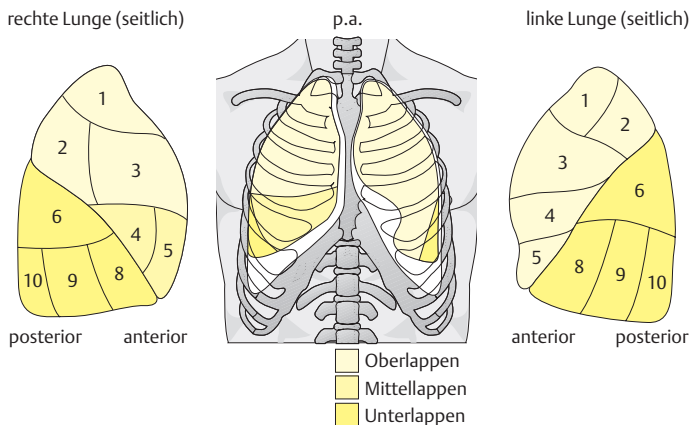


Abb. 21 Lungenlappen und -segmente

Abdomenübersicht

- **Durchführung:**
 - im Stehen: Standarduntersuchung
 - in Linksseitenlage: besserer Nachweis kleiner Mengen freier Luft.
- **Hauptfragestellungen:**
 - *freie Luft*: Luftsicheln subdiaphragmal bzw. unter der seitlichen Bauchwand bei freier Perforation oder postoperativ
 - *Flüssigkeitsspiegel* im Darmlumen (S. 171): Hinweis für Ileus.
- **Weitere häufige pathologische Befunde:**
 - *Verkalkungen*: Gallen- oder Nierensteine, Pankreasverkalkungen (nach chronischer Pankreatitis), Lymphknotenverkalkungen (z. B. nach Tbc), Gefäßverkalkungen (Arteriosklerose), Hämatome, Tumoren, Zysten, Abszesse
 - *Psoasrandkontur unscharf*: retroperitoneale Hämatome, Abszeßbildungen und Fibrose
 - sonstiges: verschluckte Fremdkörper, Kontrastmittelreste
 - pathologische Veränderungen in den abgebildeten Skelettanteilen.

Röntgenuntersuchung des Skeletts

- **Durchführung:**
 - Aufnahmen in 2 Ebenen, je nach Untersuchungsregion zusätzlich Spezialaufnahmen.
- **Allgemeine pathologische Knochenveränderungen** (Beispiele):
 - vermehrte Transparenz der Knochenstrukturen:
 - *diffus*: Osteoporose, Osteomalazie, diffuse Veränderungen maligner Genese (z. B. bei Plasmozytom, diffuse Knochenmetastasen)
 - *umschrieben*: Zysten (scharf abgegrenzt), akute Osteomyelitis (verwaschene diaphysäre Aufhellung, unscharfe Randkonturen, später sklerotische Umbaureaktionen), Sudeck-Syndrom (fleckige Aufhellung nach

Trauma), osteolytische Metastasen und Plasmozytom (unregelmäßig begrenzte lochförmige Defekte), primäre Knochentumoren (evtl. zusätzliche Knochenauftreibung)

- verminderte Transparenz der Knochenstrukturen:
 - *diffus*: Fluorintoxikation, A- und D-Hypervitaminosen, Osteomyelosklerose, diffuse osteoplastische Metastasierung
 - *umschrieben*: Kompaktinsel (glatt abgegrenzt), osteoplastische Metastasen (unscharf begrenzt z. B. bei Prostatakarzinom), Knocheninfarkt (schollige Verkalkungen), chronische Osteomyelitis
- Frakturen:
 - Extremitäten: Frakturspalt, Dislokation der Knochenfragmente
 - Wirbelsäule: Kompression des Wirbelkörpers mit Einbruch der Deck- und Bodenplatten.
- **Veränderungen an den peripheren Gelenken und Bandscheiben** (Beispiele):
 - degenerative Veränderungen: S. 435
 - entzündliche Veränderungen:
 - Rheumatoide Arthritis: S. 440
 - Morbus Bechterew: S. 444
 - Arthropathie bei Gicht: S. 470.

Untersuchung mit jodhaltigen Kontrastmitteln

- Jodhaltige Kontrastmittel werden bei den meisten i. v. Kontrastmitteluntersuchungen sowie bei der Untersuchung des Magen-Darm-Traktes mit wasserlöslichem Kontrastmittel (z. B. Gastrografin®) verwendet. Aus dem Magen-Darm-Trakt erfolgt normalerweise keine wesentliche Kontrastmittelresorption, so daß hier Zwischenfälle selten sind.
- **Fragen, die vor einer Untersuchung mit jodhaltigen Kontrastmitteln (insbesondere bei i. v. Anwendung) geklärt werden müssen:**
 - bekannte Kontrastmittelallergie?
 - erhöhte Gefahr allergischer Reaktionen?: bekannte allergische Diathese?
 - (latente) Hyperthyreose ausgeschlossen?: ggf. TSH-basal bestimmen
 - Schilddrüsendiagnostik geplant?: ggf. Diagnostik vor Kontrastmittelgabe
 - Radiojodtherapie geplant?: nach Kontrastmittelgabe monatelang nicht möglich
 - Gefahr der Überwässerung?: z. B. Herzinsuffizienz oder Dialysepatienten
 - chronische Niereninsuffizienz?, Paraproteinämie? (z. B. Plasmozytom): erhöhte Gefahr des akuten Nierenversagens.
- **Kontraindikationen:**
 - *absolut*: Hyperthyreose, Schilddrüsenautonomie. Bei vitaler Indikation der Kontrastmitteluntersuchung Blockierung der Schilddrüse durch Perchlorat (z. B. Irenat® 3 × 15 Tr./d über 7 Tage)
 - *relativ*:
 - Allergie: ggf. Prämedikation (s. u.) erforderlich
 - Niereninsuffizienz, Paraproteinämie, Exsikkose (vor Untersuchung ausreichende Bewässerung)
 - dekompensierte Herzinsuffizienz (vor Untersuchung behandeln, bei Dialysepatienten evtl. vorzeitige Dialyse).
- **Voraussetzungen:**
 - nüchterner Patient (mindestens 3 Std.)
 - Patientenaufklärung: Vorgehen, Risiken; Patienteneinverständnis
 - bei i. v. Anwendung Applikation nur über fixierte Venenverweilkanüle

3.6 Röntgenuntersuchungen

- Beobachtung des Patienten nach der Kontrastmittelgabe
- Notfallmedikamente bereithalten.
- **Prämedikation bei Risikopatienten für eine Kontrastmittelallergie:**
 - Glukokortikoide: 250 mg Prednisolon (z. B. Solu-Decortin®-H) i. v.
 - H₁-Antagonist: z. B. 2 Amp. Fenistil® oder Tavergil® langsam i. v. (2 Min.)
 - H₂-Antagonist: z. B. 2 Amp. Tagamet® langsam i. v. (4 Min.)
 - Kontrastmittelapplikation nach 30 Min beginnen.
- **Behandlung anaphylaktischer Reaktionen:** S. 460.

Untersuchung mit bariumsulfathaltigen Kontrastmitteln

- **Anwendung:** in der gastroenterologischen Röntgendiagnostik oral oder rektal.
- **Kontraindikationen:** akutes Abdomen, V. a. Perforation, Peritonitis, bei oraler Kontrastmittelgabe Ileus.
- **Komplikationen:** bei Perforation Bariumperitonitis, Verschlimmerung der Ileus-Symptome bei Obstruktion oder Ileus durch Eindickung des Bariumsulfats.

Kontrastmitteluntersuchungen des Magen-Darm-Traktes

- **Voraussetzungen:** nüchterner Patient, bei Untersuchung des Dickdarms Patientenvorbereitung am Vortag mit Laxans (z. B. X-Prep®) und Flüssigkeit.
- **Kontrastmittel:** Bariumsulfat, bei Perforationsverdacht wasserlösliche Kontrastmittel (z. B. Gastrografin®), Kontraindikationen: S. 49.
- **Doppelkontrastmethode:** Untersuchung von Hohlorganen mit Kontrastmittel und Doppelkontrastmittel (z. B. Luft oder Methylzellulose). Erfassung feinsten Wandveränderungen durch dünnen KM-Belag auf der Organ-Innenwand.
- **Magen-Darm-Passage (MDP):**
 - *Durchführung:* orale Kontrastmittelgabe, Untersuchung von Magen, Duodenum und übrigen Dünndarm in Verfolgung. Je nach Fragestellung Untersuchung in Hypotonie mit Buscopan® oder Passagebeschleunigung mit Metoclopramid (z. B. Paspertin®, Gastrosil®) während der Untersuchung
 - *Indikationen:* V. a. Ulkus oder Tumoren, wenn Gastroskopie nicht durchgeführt werden kann, Indikation zur Dünndarmuntersuchung s. u.
- **Enteroklysmata nach Sellink:**
 - *Durchführung:* Doppelkontrastdarstellung (s. o.) des Dünndarms über eine nasojejunale Sonde (Plazierung jenseits des Treitzschen Bandes). Instillation eines Bariumsulfat/Wasser-Gemisches (1:2), anschließend Methylzellulose-Gemisch als Doppelkontrastmittel
 - *Indikationen:* Diarrhoen unklarer Genese, Morbus Crohn, Suche nach Tumoren oder intestinalen Lymphomen.
- **Kolon-Kontrasteinlauf:**
 - *Durchführung:* retrograde Darstellung des gesamten Dickdarmes, Applikation des Kontrastmittels über einen (Ballon-)Katheter
 - *Indikationen:* V. a. Tumoren, Entzündungen, Polypen oder Divertikel.

Cholegraphie

- **Prinzip:** Untersuchung der Gallenwege entweder durch orale oder i. v. Gabe eines gallengängigen Kontrastmittels.
- **Voraussetzungen:** S. 49, Bilirubin < 3 mg/dl.
- **Kontraindikationen:** S. 49.

➤ **Indikationen** (selten):

- *orale Cholegraphie* (nur Gallenblase ausreichend darstellbar): vor Chemolitholyse, sonographisch unklare Befunde
- *i. v. Cholegraphie* (besonders hohes Risiko der Kontrastmittelallergie!): Durchführung in Einzelfällen bei unklarer Sonographie, wenn ERC (S. 58) nicht möglich ist.

Perkutane transhepatische Cholangiographie (PTC) _____

- **Prinzip:** invasive Methode zur Darstellung der Gallenwege mittels perkutaner Leberpunktion.
- **Voraussetzungen:** Patientenaufklärung, ausreichende Gerinnung (Quick > 50%), ausreichend dilatierte intrahepatische Gallenwege zur Drainageanlage.
- **Komplikationen:** Blutung, biliovenöse Fisteln, Peritonitis, Pneumothorax.
- **Indikationen:** intra- bzw. posthepatische Cholestase, unklare Befunden o. g. Verfahren, Nichtdurchführbarkeit einer ERC (S. 58). Häufig in Verbindung mit perkutaner Gallenwegsdrainage (z. B. palliativ bei Gallenwegstumoren).

Urogramm (i. v. Pyelogramm) _____

- **Prinzip:** Untersuchung der Nieren und ableitenden Harnwege nach i. v. Gabe eines nierengängigen Kontrastmittels.
- **Voraussetzungen:** S. 49, Abführmaßnahmen zur Entblähung, keine vorherigen Bariumsulfatapplikationen (ggf. vorher Abdomen-Leeraufnahme).
- **Kontraindikationen:** S. 49, Kreatinin > 3 mg/dl.
- **Indikationen:** V. a. Steine, Tumoren, Stenosen, Aussage über Ausscheidungsfunktion der Nieren und Abflußverhältnisse von Ureteren und Harnblase.

Angiographie _____

- Je nach Art der Angiographie handelt es sich um eine mehr oder weniger invasive Maßnahme, aus Gründen der Systematik Abhandlung in diesem Kapitel. Koronarangiographie siehe Abschnitt Herzkatheterisierung S. 60.
- **Methoden:**
 - *konventionelle Angiographie:* direkte Darstellung von Arterien (Arteriographie), Venen (Phlebographie) oder Lymphgefäßen (Lymphographie) mittels wasserlöslichem Kontrastmittel
 - *digitale Subtraktionsangiographie (DSA):* rechnergestützte Aufbereitung der digital aufgezeichneten Bilder
 - i. v. DSA: intravenöse Kontrastmittelapplikation und sekundäre Darstellung arterieller Gefäße
 - i. a. DSA: intraarterielle Kontrastmittelapplikation, aussagekräftiger aber invasiver als i. v. DSA, gegenüber konventioneller Angiographie Reduktion der Kontrastmittelmenge und damit weniger Zwischenfälle
 - je nach untersuchter Region erfolgt die Injektion des Kontrastmittels in das punktierte Gefäß direkt oder mittels Katheter (Seldingertechnik S. 65).
- **Voraussetzungen:** S. 49, Gerinnungsstatus (Quick, PTT, Thrombozyten).
- **Kontraindikationen:** S. 49.
- **Komplikationen:** Blutung, Thrombose, Embolie, Gefäßperforation oder -dissektion, arteriovenöse Fistelbildung.
- **Indikationen:** Nachweis und Lokalisation von Gefäßstenosen, -verschlüssen und -mißbildungen (Aneurysma, Angiom, Fistel), Thrombosenachweis, Tumor-

3.6 Röntgenuntersuchungen

diagnostik, Gefäßversorgung (z. B. Operationsplanung), nach Trauma, okkulte Blutungen, Erfolgskontrolle nach gefäßchirurgischen Eingriffen oder medikamentösen Behandlungsmaßnahmen (z. B. Thrombolyse).

► **Beispiele häufiger angiographischer Untersuchungen:**

- *Phlebographie tiefer Becken- und Beinvenen:* bei V. a. tiefe Becken- oder Beinvenenthrombose und zur Therapiebeurteilung, präoperativ (Varizenchirurgie). Anatomie: Abb. 22
 - *Arteriographie der Bein- und Beckengefäße:* bei pAVK vor möglichen gefäßchirurgischen Maßnahmen
 - *Renovasographie:* z. B. bei V. a. Nierenarterienstenose
 - *Angiographie der Viszeralgefäße:* z. B. als i. a. DSA mit Darstellung der Arterien (arterielle Phase), der Organdurchblutung (parenchymatöse Phase) und des venösen Abflusses (venöse Phase) bei V. a. mesenteriale Ischämie (Mesenterikographie) oder zur präoperativen Darstellung der Blutgefäßversorgung (z. B. Tumor- oder portokavale Shuntchirurgie)
 - *Karotis- bzw. zerebrale Angiographie:* Nachweis und präoperative Diagnostik bei Stenosen, Gefäßanomalien und Tumoren
 - *Lymphographie:* Diagnostik lymphatischer Systemerkrankungen bei fraglichen Befunden in der Sonographie oder Computertomographie, V. a. Lymphgefäßanomalien z. B. bei Lymphstauung unklarer Genese.
- **Vorgehen in der Diagnostik arterieller Gefäßerkrankungen:**
- Sonographie (Doppler-, Duplex-, Farbkodierung): Basisverfahren
 - i. v. DSA: weiterführende Diagnostik bei fraglichen Sonographiebefunden
 - i. a. DSA, konventionelle Angiographie: präoperative Therapieplanung, ggf. bei peripheren Gefäßen, primär bei supraaortalen bzw. intrakraniellen Gefäßen.

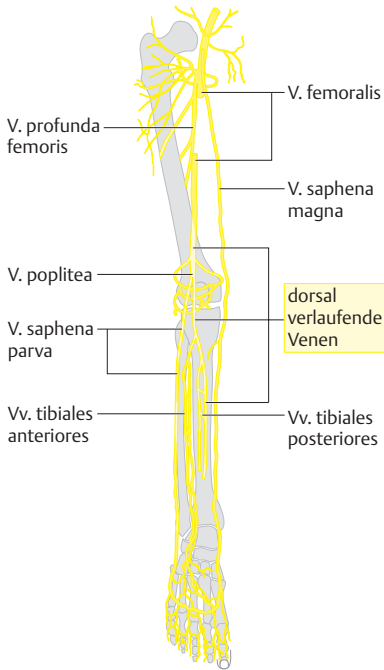


Abb. 22 Anatomie der Beinvenen

Computertomographie

- Computergesteuerte Anfertigung transversaler Querschnittsbilder verschiedenster Körperabschnitte unter Verwendung von Röntgenstrahlen (hohe Strahlenbelastung).
- 📌 **Beachte:** Bei den meisten Fragestellungen werden jodhaltige Kontrastmittel eingesetzt (S. 49).
- Einschränkungen können sein: unruhige unkooperative Patienten, Klaustrophobie, Kontrastmittelallergie, kürzlich vorausgegangene Kontrastmitteluntersuchungen des Gastrointestinaltraktes (bei Abdomen- und Becken-CT).

Magnetresonanztomographie (MRT)

- Computergesteuerte Anfertigung von Bildern aus beliebigen Schnittebenen (z. B. transversal, frontal, sagittal) verschiedenster Körperabschnitte unter Verwendung starker Magnetfelder (Synonym: *Kernspintomographie*). In Abhängigkeit der Fragestellung höhere Sensitivität und Spezifität in der Diagnosestellung als konventionelles CT. Keine Belastung durch Röntgenstrahlen.
- Aufgrund der längeren Untersuchungszeit ist eine ausreichende Patientenkooperation erforderlich
- Kontraindikationen: Herzschrittmacher, intrakorporales magnetisches Metall (in Abhängigkeit von der Lage).

Grundlagen

- **Prinzip:** Applikation kurzlebiger, jeweils spezieller Radionuklide (i. v. oder oral) führt zur Aktivitätsverteilung im untersuchten Organ(-system), zweidimensionale Registrierung mit dem Scanner oder der Gammakamera.
- **Methoden:** Nierensequenz- (S. 411), Nebennieren- (S. 506), ^{131}J -MIBG-Szintigraphie (S. 514), unten genannte sowie zahlreiche weitere.

Schilddrüsenszintigraphie

- **Standarduntersuchung:** Szintigraphie mit $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Pertechnetat. Bestimmung der Verteilung und der aufgenommenen Gesamtmenge (= *Tc-uptake*).
 - *Indikationen:* Schilddrüsenfunktionsstörungen, abklärungsbedürftige sonographische Befunde
 - *Interpretation:* Lage, Größe und Form der Schilddrüse sowie ektooper Anteile, Funktionsbeurteilung des Gesamorgans und fokaler Veränderungen:
 - hoher Tc-uptake: Morbus Basedow, disseminierte Autonomie
 - *kalte Knoten:* verminderte Speicherung z. B. bei Zysten und Karzinomen (Vergleich mit Sonographie, ggf. Feinnadelpunktion)
 - *heiße Knoten:* vermehrte Speicherung bei autonomen Adenomen (uni- oder multifokale Autonomie), vom *dekompensierten* autonomen Adenom spricht man bei verminderter/fehlender Speicherung des übrigen Organs.
- **Suppressionsszintigraphie:** Tc-uptake-Bestimmung nach Gabe von L-Thyroxin in suppressiver Dosis (z. B. 2 Wo. 75 µg/d, dann 2 Wo. 150 µg/d).
 - *Indikation:* V. a. funktionelle Schilddrüsenautonomie bei unauffälligem Standardszintigramm.
- **Szintigraphie mit Radiojodisotopen (^{123}J , ^{131}J):** spezielle Indikationen z. B. Nachsorge und p. o. Kontrolle bei Schilddrüsenkarzinom, vor Radiojodtherapie.

Skelettszintigraphie (Knochenszintigraphie)

- Untersuchung des Skeletts mit $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Phosphatverbindungen.
- *Indikationen:* Metastasensuche, Diagnostik von Entzündungen, V. a. frische Fraktur bei fraglichem Röntgenbefund u. a.

Lungenszintigraphie

- **Nuklearmedizinische Untersuchung der Lunge. Methoden:**
 - *Perfusionsszintigraphie* mit $^{99\text{m}}\text{Tc}$ markierten Mikrosphären: Untersuchung der Lungendurchblutung
 - *Ventilationsszintigraphie* mit $^{133}\text{Xenon}$ -Gas: Untersuchung der Lungenbelüftung.
- **Indikationen:** V. a. Lungenembolie (S. 673), präoperativ vor Lungenresektion.

Myokardszintigraphie

- Nuklearmedizinische Untersuchung der Myokarddurchblutung mit $^{201}\text{Thalium}$ nach ergometrischer Ausbelastung.
- **Indikationen:** V. a. koronare Herzkrankheit bei unklaren Befunden im Belastungs-EKG, Erfolgskontrolle nach PTCA (S. 61) oder ACVB (S. 256), Nachweis von Infarkt Narben in der Spätaufnahme (nach Erholung).