

1.18 Bildgebende Verfahren

Optische Kohärenztomografie (Optical Coherence Tomography, OCT)

- ▶ **Definition:** Die optische Kohärenztomografie ist ein bildgebendes Verfahren, das mit Licht geringer Kohärenzlänge interferometrisch Abstandsmessungen der vom Gewebe reflektierten elektromagnetischen Wellen durchführt. Die Messungen erfolgen axial (A-Scan entlang der x-Achse). Aus einer linearen oder zirkulären Reihung von A-Scans resultiert ein 2-dimensionales optisches Schnittbild (B-Scan, vgl. Abb. 1.58a; Abb. 1.58b zeigt einen Kreisscan). Aus mehreren versetzten B-Scans lässt sich ein 3-dimensionaler optischer Schnitt berechnen (Volumenscan; Abb. 1.56).
- Das Spectral-Domain-OCT (SD-OCT; auch Fourier-Domain-OCT; Frequency Domain OCT) verwendet eine Breitbandlichtquelle. Die Interferenz wird bei der Fourier-Domain-Technik spektral zerlegt und nach einer Fourier-Transformation in einem A-Scan simultan registriert. Pro Sekunde lassen sich gerätespezifisch über 100 000 A-Scans registrieren.
- Eyetrackingsysteme zur Korrektur von Augenbewegungen während des Scanvorgangs (gerätespezifisch) dienen der Reduktion von Bewegungsartefakten.
- ▶ **Indikation:**
 - *Hinterabschnitt:* Darstellung und Verlaufsbeobachtung von Veränderungen der Makula, vitreoretinaler Grenzflächen, der Netzhautschichten bis zur Chorioidea und der Papille.
 - *Vorderabschnitt:* Darstellung und Verlaufsbeobachtung von Veränderungen der Hornhaut, Kammerwinkelregion, Iris und Linsenvorderfläche.
- ▶ **Voraussetzung:** Klare optische Medien für optimale Bildqualität; lokalisationsabhängig Mydriasis.
- ▶ **Durchführung:**
 - Analyse des optischen Schnittbildes mithilfe gerätespezifischer Segmentierungsalgorithmen zur Markierung der Membrana limitans interna (internal limiting membrane, ILM) und der Verbindung von innerem und äußerem Segment (IS/OS) der Fotorezeptoren sowie des retinalen Pigmentepithels (RPE).
 - Von diesen Positionen aus wird die Netzhautdicke bestimmt.
 - Weitere Segmentierungen (gerätespezifisch): z. B. Nervenfaserschicht, Ganglienzellkomplex (Nervenfaserschicht, Ganglienzellschicht, innere plexiforme Schicht).

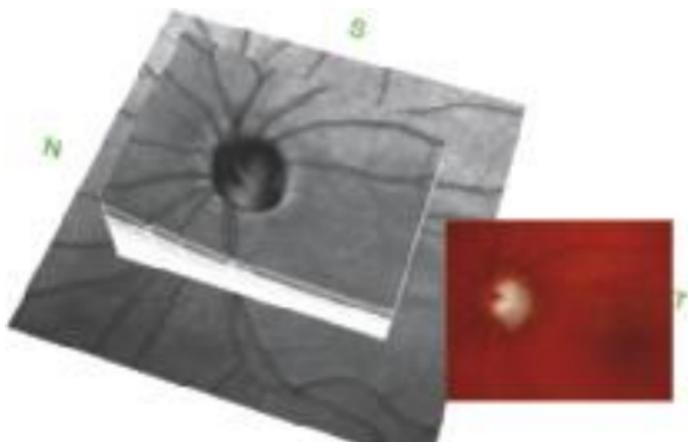


Abb. 1.56 • Glaukomatöse Optikusatrophie: Klinisches Foto mit OCT-Volumenscan (N nasal, S superior, T temporal).

► **Beurteilung:**

- Die hoch auflösende OCT ermöglicht nicht invasiv in vivo nahezu die Darstellung eines histologischen Schnitts (Abb. 1.57). Die Netzhautschichten sowie die äußere Grenzmembran (Membrana limitans externa; external limiting membrane, ELM) zwischen den inneren und äußeren Segmenten der Fotorezeptoren werden abgebildet.
- Abhebungen des RPE, intraretinale Ödeme, vitreoretinale Traktionen, Makulafornamina und Nervenfaserbündeldefekte sind darstellbar (Abb. 1.58a, Abb. 1.58b).

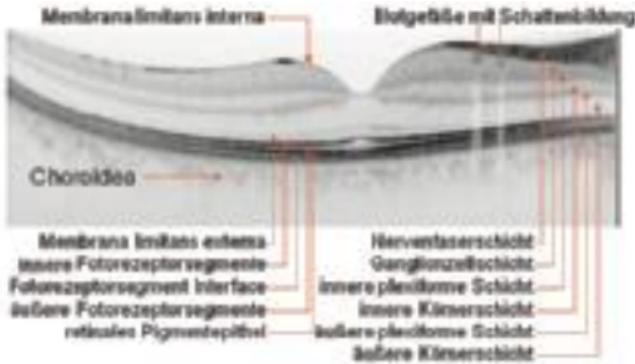
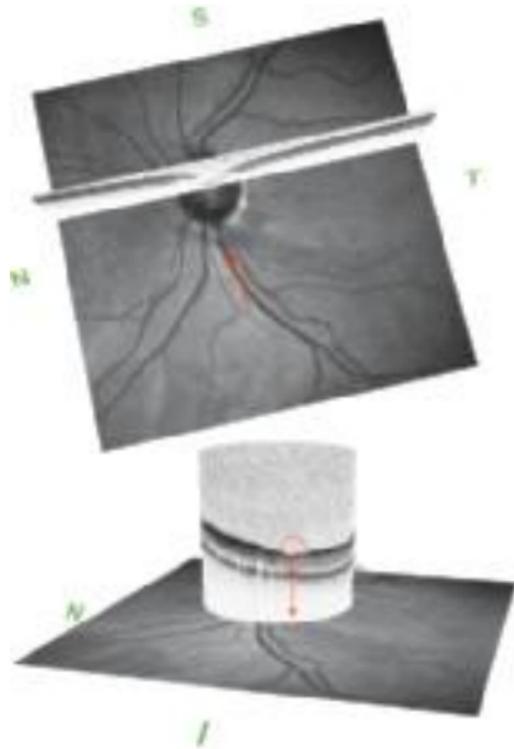


Abb. 1.57 • OCT-Schnittbild mit Kennzeichnung der Netzhautschichten.

Abb. 1.58 • Nervenfaserbündeldefekt.

- a 2-dimensionales Scanning-Laserschnittbild in x-y-Achse, mit OCT-z-Achsen-Schnittbild in der Bildmitte. Ein lokalisierter Defekt der Retinanervenfaserschicht (RNFS; roter Pfeil) imponiert als Reflektionsverlust.
- b OCT-Kreis-Scan. Über dem RNFS-Defekt ist im zirkumpapillären Spektral-OCT-Schnittbild die Ein-senkung der Nervenfaserschicht-Oberfläche zu erkennen (roter Kreis mit rotem Pfeil). Der Niveauunterschied zur umgebenden Netzhautoberfläche beträgt an der tiefsten Stelle 57 μm . (I inferior, N nasal, T temporal).



OCT-Angiografie (OCTA)

- ▶ **Definition:** Nicht invasive dreidimensionale Darstellung des Blutflusses in Gefäßen der Retina, im Bereich der Papille und in geringerem Ausmaß der Chorioidea mit verschiedenen OCT(optischen Kohärenztomografie)-Techniken und Berechnungsalgorithmen.
- ▶ **Indikation:** Makulaödem, retinaler Venenverschluss, chorioidale Neovaskularisation (CNV), diabetische Retinopathie und Makulopathie, Darstellung des peripapillären Kapillarnetzes (Abb. 1.59) und Berechnung von Flowindizes bei Glaukom.
- ▶ **Prinzip:** Innerhalb kurzer Zeit werden mehrere OCT-B-Scans an derselben Stelle am Augenhintergrund aufgenommen. Die Signalstärke jedes Pixels der zeitlich versetzten Aufnahmen wird miteinander verglichen und verrechnet. Punkte, die über die Zeit einen Signalunterschied zeigen, werden registriert (= helles Pixel) und können dreidimensional dargestellt werden. So können die sich bewegenden korpuskulären Anteile des Blutes in den Gefäßen detektiert und dargestellt werden, wenn sie nicht zu langsam fließen (=Flow, Blutfluss). Hell erscheinende Strukturen auf den OCTA-Aufnahmen entsprechen dem Blutfluss in Gefäßen (Flow) und können zwei- und dreidimensional dargestellt werden. Entsprechend der verwendeten Segmentierung (slab) kann Blutfluss in verschiedenen Netzhautschichten dargestellt werden: in der Regel im „superficial vascular plexus (Gefäße in Nervenfaserschicht [NFL] und Ganglienzellschicht) und im „deep (tiefen) vascular plexus“ (Gefäße in innerer und äußerer Körnerschicht). Zwischen dem tiefen Gefäßplexus und der Bruch-Membran befinden sich normalerweise keine Gefäße. Konventionelle SD-OCT (S.78)-Scans sind parallel möglich sowie die sogenannte hybride Angiografie in Form von Korrelation von OCTA-Folgeuntersuchungen mit Fluoreszenzangiografie (S.81) und Indozyanin-Grün-Angiografie (S.84)-Bildern.
- ▶ **Beurteilung/Befundauswertung:** Die Interpretation der zweidimensionalen OCTA-Bilder ist nur möglich, wenn zusätzlich ein SD-OCT Schnitt mit Segmentierungsdarstellung (slab) und Flussdarstellung vorliegt. Sie stellt den korpuskulären Fluss in Gefäßen dar und damit indirekt die Gefäße selbst, in der dreidimensionalen Darstellung den Fluss in unterschiedlichen Ebenen. Eine Differenzierung zwischen Arterien und Venen ist nicht möglich. Pooling und Staining werden im Gegensatz zur Fluoreszenzangiografie nicht dargestellt. Im Bereich der Papille können die Perfusionsverhältnisse dargestellt werden.

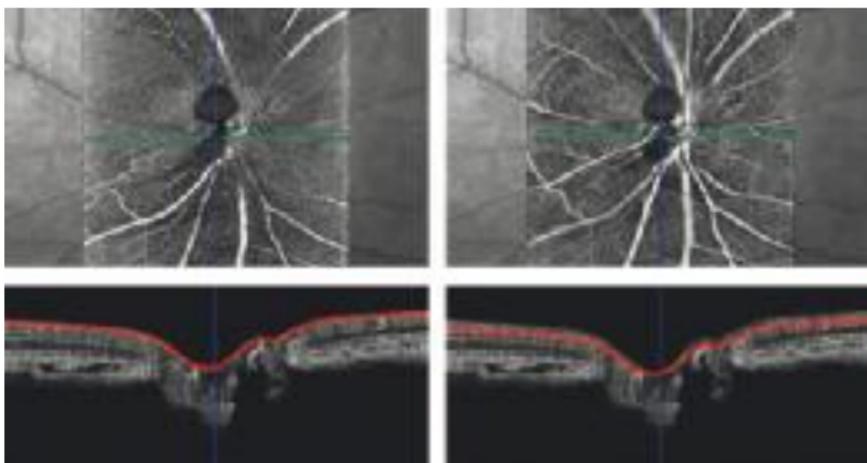


Abb. 1.59 • a–d OCT-Angiografie einer Glaukompapille. En Face Bilder (oben), die grüne Linie entspricht der Position der Schnittbilder (unten). Fokuslage (rote Linienmarkierung) in Höhe der Nervenfaserschicht (links) und Ganglienzellschicht (rechts). Temporal inferior ist die kapilläre Flussdichte reduziert

- ▶ **Artefakte:** z. B. Bewegungsartefakte in Form von horizontalen Linien, die in der Regel von Eye-Tracking-Systemen der Geräte reduziert werden. Projektionsartefakte (Spiegelung) von oberflächlichen Gefäßen bei einer Schnittführung (Segmentierung) auf der Höhe des RPE - Gefäßstrukturen oberflächlicher Schichten werden fälschlicherweise auch in tiefer gelegenen Schichten dargestellt. Die Textur der Choriokapillaris und tieferer Aderhautschichten kann dargestellt werden, die limitierte Tiefenauflösung lässt aber Signalinterferenzen und Projektionen zu. In tieferen Aderhautschichten können Gefäße aufnahmetechnisch bedingt in einer Helligkeit dargestellt werden, die nicht dem tatsächlichen Flow entspricht.

Laser-Scanning-Tomografie

- ▶ **Definition:** Berührungsfreies laseroptisches Verfahren mit zeilenweiser punktförmiger Abtastung des Augenhintergrundes zur 3-dimensionalen Strukturanalyse und zur In-vivo-Mikroskopie der Hornhaut im Kontaktverfahren mit einer Spezialoptik.
- ▶ **Indikation:** Hinterabschnitt: Quantitative Papillen- und Nervenfaserschicht-Verlaufsdokumentation bei Glaukom (S.404). Vorderabschnitt: Hornhauterkrankungen, Darstellung von Hornhautnerven, biomikroskopischer Erregernachweis in der Hornhaut z. B. Akanthamöben.
- ▶ **Durchführung:**
 - Mit dem Heidelberg-Retina-Tomografen (HRT) wird durch punktuell zeilenweises Abtasten des Augenhintergrundes mit einem Laserstrahl schwacher Intensität ein 2-dimensionales optisches Schnittbild erzeugt.
 - Dieser Vorgang wird äquidistant tiefengeschichtet mehrfach wiederholt. Gemessen wird das Intensitätsprofil des reflektierten Lichts. Aus einer zweidimensionalen Bildserie wird die räumliche Struktur rekonstruiert.
- ▶ **Befundauswertung** (Abb. 1.60): Qualitätskontrolle Einzelaufnahme: Standardabweichung < 30–35/µm; gute Gefäßdarstellung; Verzicht auf quantitative Auswertung bei ungenügender Bildqualität (z. B. „weiße Gefäße“ im Topografiebild).
 - Verlaufskontrolle bei Glaukom (TCA – topographic change analysis, Abb. 1.60): Dargestellt werden farbkodiert das Laser-Scanning-Tomografiebild (obere Reihe), die im Verlauf nachweisbaren statistisch signifikanten Differenzen (mittlere Reihe), Messwertunterschiede in der topografischen Berechnung während der Verlaufsbeobachtung (untere Reihe). Ein für die Einzelaufwertung erforderliche Konturlinie ist bei der TCA nicht erforderlich.

Fluoreszenzangiografie

- ▶ **Definition:** Methode zur Darstellung des Blutflusses in Netzhaut- und Aderhautgefäßen nach der Injektion von Na-Fluorescein.
- ▶ **Indikation:** Darstellung von Augenhintergrund-Veränderungen, z. B. zystoides Makulaödem (S. 312); diabetische Fundusveränderungen (S. 285).
- ▶ **Durchführung:** Fluorescein-Moleküle, angeregt durch Licht kürzerer Wellenlänge (blaues Licht, 465–490 nm), emittieren Licht längerer Wellenlänge (gelbgrün 520–530 nm); 70–85 % des Fluoresceins (F) werden an Serumproteine gebunden; weder das gebundene noch das freie F. können beim Gesunden die retinale Zirkulation verlassen (ungefenstertes Endothel).
 - **Voraussetzungen:**
 1. Mydriasis (Tab. 1.3).
 2. Legen eines venösen Zugangs in eine Armvene; 5 ml Fluorescein-Lösung 10 % i. v. (Alcon-Thilo); Kinder ca. 7,7 mg/kg.
 3. Bereithalten von: Intubationsbesteck, Beatmungsgerät, Adrenalin 1:10 000 0,5–1 ml zur langsamen i. v. Injektion und 1 Amp./Fertigspritze Dexamethason 100 mg (Kinder 40 mg) zur i. v. Injektion; beim Auftreten einer schweren anaphylaktischen Reaktion, eines Atemstillstands, wird Adrenalin vor dem Kortikosteroid gespritzt.

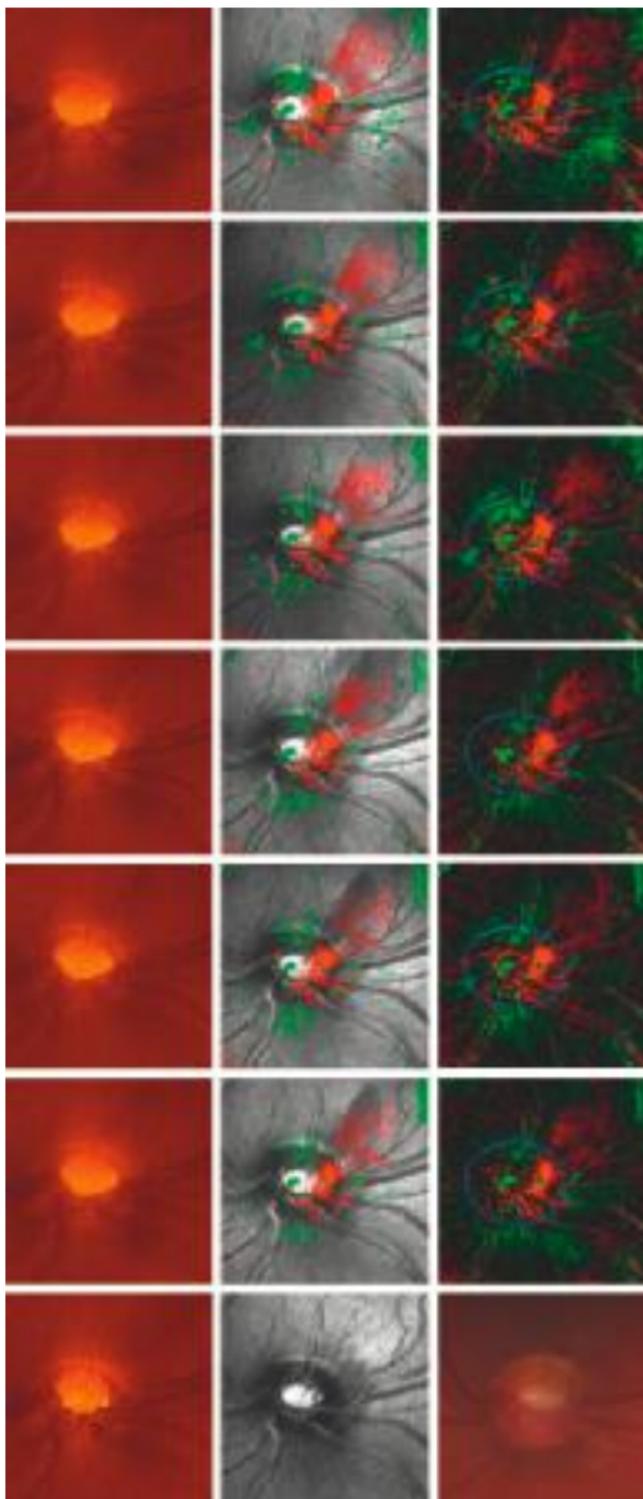


Abb. 1.60 • Laser-Scanning-Tomografie-Verlaufskontrolle (TCA). Im Verlauf aufgetretene Niveaubsenkungen in Form einer Randsaumkerbe inferior und einer Verbreiterung des Nervenfaserbündeldefektes sind rot farbkodiert.

4. Funduskamera mit blauem Erregerfilter, gelbgrünem Sperrfilter (Patient sitzt, Arm gestreckt).

- **Technik:** Rotfreies Foto; schnelle (2–3 s) Fluorescein-Injektion in venösen Zugang (liegen lassen bis zum Abschluss der Untersuchung); Fotos 5–25 s lang in 1-s-Intervallen; Spätphasenfotos nach 10/20 min.
- **Nebenwirkungen:** Verfärbung von Urin und Haut, Brechreiz, Kopfschmerzen; allergische Reaktionen: Urtikaria, fototoxische Reaktion (nach Sonnenexposition Erythem, Ödem, Schmerzen); sehr selten: anaphylaktischer Schock, Atemstillstand.
- **Kontraindikationen:** Sensibilisierung gegen Fluorescein, Niereninsuffizienz, Schwangerschaft (keine ausreichenden Erfahrungen); Mastektomie; Chirurgie der axillären Lymphknoten.

► **Beurteilung:** 4 überlappende Angiogramphasen (Arm-Retina-Zeit: 8–20 s):

1. **Präarterielle Phase:** Chorioidale Füllung 1 s vor der arteriellen, diffuse Leckage aus dem gefensterten chorioidalen Endothel führt zu marmorierter Hintergrundfluoreszenz; Helligkeit je nach Melaningehalt des retinalen Pigmentepithels (RPE), das als Filter wirkt; Füllung zilioretinaler Gefäße und der Kapillaren des N. opticus.
 2. **Arterielle Phase:** Arterielle Füllung.
 3. **Arteriovenöse (kapilläre) Phase:** Arterien, Kapillaren komplett gefüllt, bis zum lamellären Fluoresceinfluss in den Venen.
 4. **Venöse Phase:** Venöse Füllung.
- **Norm:** Fluorescein verbleibt im retinalen Gefäßsystem; Fovea erscheint dunkel (Blockade der chorioidalen Fluoreszenz durch Xanthophyll, RPE, Avaskularität); Fluoreszenz des N. opticus im Spätfoto (20 min).
 - **Pathologisch:**
 1. **Hyperfluoreszenz:** Fensterdefekt des RPE; Ansammlung von Flüssigkeit unter einer RPE-Abhebung, Ansammlung von Flüssigkeit zwischen RPE und neurosensorischer Retina; Leckage aus dem retinalen Gefäßbett, Leckage aus chorioidalen oder retinalen Neovaskularisationen (Größenzunahme im Zeitverlauf); abnorm lange Retention von Fluorescein in Geweben (z. B. Drusen); Leckage im Bereich des N. opticus bei Papillenödem.
 2. **Hypofluoreszenz:** Blockade der Fluoreszenz, z. B. Hyperpigmentierung, Lipofuszin, Blut; chorioidale oder retinale Gefäßverschlüsse.

► **Beachte:** Zur Beurteilung von Fluoreszenzangiogrammen sollte ein zeitgleiches Farbfoto hinzugezogen werden.

Autofluoreszenz

- **Definition:** Als Autofluoreszenz des Fundus werden natürliche Leuchterscheinungen bezeichnet, die im Wesentlichen auf Fluorophoren in Lipofuszingranula von RPE-Zellen, wie z. B. A2-E (N-Retinylden-N-retinylethanolamin), beruhen.
- **Indikation:** Diagnostik und Verlaufskontrollen von Erkrankungen mit Veränderungen oder Atrophie des RPE, z. B. altersabhängige Makuladegeneration, Retinitis pigmentosa.
- **Durchführung:** Fundusautofluoreszenz-(FAF)-Aufnahmen mit z. B. dem Heidelberg Retina Angiograph (HRA).
- **Beurteilung:** Veränderungen des Autofluoreszenzverteilungsmusters und der -dichte geben Hinweise auf pathologische Veränderungen im RPE; z. B. vermehrte Autofluoreszenz durch Lipofuszinakkumulation im Randbereich geografischer Atrophie bei trockener AMD, weniger Autofluoreszenz (= dunkle Areale) im Bereich des atrophierten RPE.

1.18 Bildgebende Verfahren

Indozyanin-Grün-Angiografie

- ▶ **Definition:** Methode zur Darstellung der Augenhintergrundgefäße nach der Injektion von Indozyanin-Grün.
- ▶ **Indikation:** z. B. chorioidale Neovaskularisation (S. 305).
- ▶ **Durchführung:** Angiografie mit Indozyanin-Grün als Farbstoff und einem mit Infrarotlaserdiode versehenen Scanning-Laser-Ophthalmoskop (SLO). Indozyanin wird zu 98% an Blotalbumine gebunden, verlässt im Gegensatz zum Fluorescein kaum gefensterte Aderhautkapillaren; Wellenlänge 830 nm wird von Xanthophyll überhaupt nicht, vom Pigmentepithel zu 10% absorbiert; Fluoreszenzintensität 4% derjenigen von Na-Fluorescein (mit konfokalem SLO simultane Indozyanin-Grün- und Fluoreszenzangiografie möglich).
- ▶ **Beurteilung:** Ermöglicht wird insbesondere die Darstellung der Aderhaut; Abgrenzung von chorioidalen Neovaskularisationen (S. 305) oft besser möglich als bei der Fluoreszenzangiografie.

Doppler-Sonografie

- ▶ **Definition:** Verfahren der Ultraschalldiagnostik zur Bestimmung der Blutflussgeschwindigkeit in Gefäßen.
- ▶ **Indikation:** z. B. Zentralarterienverschluss (S. 295); Retinopathie bei chronisch okulärer Hypoxie (S. 297).
- ▶ **Durchführung:** Aus reflektierten Ultraschallwellen kann auf die Geschwindigkeit der Blutströmung eines Gefäßes geschlossen werden. Duplex-Scanning oder -Sonografie: Kombination von Ultraschall-B-Bild und Doppler-Sonografie, auch farbkodiert und für orbitale Gefäße möglich.
- ▶ **Beurteilung:** z. B. Karotisstenosen von > 50% können mit hoher Treffsicherheit nachgewiesen werden.

Echografie (Prinzip)

- ▶ **Definition:** Echografie = Ultraschalluntersuchung; hochfrequente Schallwellen erzeugen Echos, wenn sie auf akustisch unterschiedliche Oberflächen stoßen.
- ▶ **Indikation:** z. B. zur Augenlängenmessung (Biometrie); besonders bei trüben Medien Darstellungsmöglichkeit des hinteren Augenabschnitts, z. B. Ausschluss einer Netzhautablösung bei Glaskörperblutung; zur Differenzialdiagnose von Hinterabschnitt-Tumoren, Sehnervenerkrankungen und Orbitaveränderungen; Biomikroskopie des Vorderabschnitts.
- ▶ **Durchführung:**
 - Oberflächenanästhesie mit z. B. Oxybuprocain 0,4% AT.
 - Instrumentarium: Ultraschallgerät; Schallköpfe (Transducer) zwischen 6–20 MHz (standardisierte Kretz-A-Scan-Einheit 8 MHz, B-Bild-Einheiten meist 10 MHz); 50–100 MHz B-Bild-Transducer für die Biomikroskopie des Vorderabschnitts; Wasserbadvorlaufstrecke zur Biometrie und Vorderabschnittsdarstellung; Kontaktgel für übrige Untersuchungen (Standardisierung, Eichung s. Spezialliteratur).
- ▶ **Beurteilung:**
 - *A-Bild* (Zeit-Amplituden-Darstellung; Abb. 1.61a): Eindimensionales Bild; je mehr Ultraschall reflektiert wird, umso höher ist der Ausschlag der Echosacken; je größer der Abstand nach rechts, umso größer der Abstand des Schallkopfes von der reflektierenden Oberfläche.
 - *B-Bild* (intensitätsmodulierte Darstellung; Abb. 1.61b): 2-dimensionales Bild; je mehr Ultraschall reflektiert wird, umso heller sind die zur Darstellung verwendeten Lichtpunkte.
 - Für klinische Untersuchungen ist es wichtig, maximale Echosignale zu erhalten.
 - *Biometrie:* Messung der Achsenlänge des Auges von der Hornhautvorderfläche bis zur Vorderfläche der Retina.

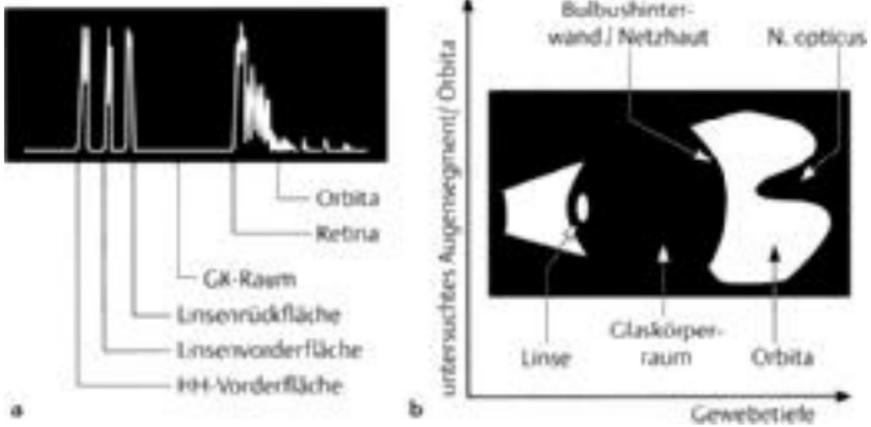


Abb. 1.61 • Normalbefunde Ultraschall-A-Bild (a) und Ultraschall-B-Bild (b) (Schemata).

- *Ultraschall-Biomikroskopie des Vorderabschnitts*: z. B. Darstellung der Kammerwinkel- und Ziliarkörperregion, Plateau-Iris (S. 262).
- *Pachymetrie*: Hornhautdickenmessung (S. 39) mit Ultraschall (auch optisch möglich, z. B. Pentacam (S. 77)).

Computertomografie (CT)

- ▶ **Definition:** Röntgendiagnostisches, computergestütztes bildgebendes Verfahren.
- ▶ **Indikation:** Verdacht auf raumfordernden zerebralen oder orbitalen Prozess, Fremdkörpernachweis.
- ▶ **Durchführung:** Die im Gewebe nicht absorbierte Strahlung eines kollimierten Röntgenstrahlenbündels wird aus verschiedenen Richtungen detektiert; ein Computer verarbeitet die einzelnen Scans zu Schnittbildern, die Dichteunterschiede in Grauwertskala wiedergeben (Abb. 1.62).

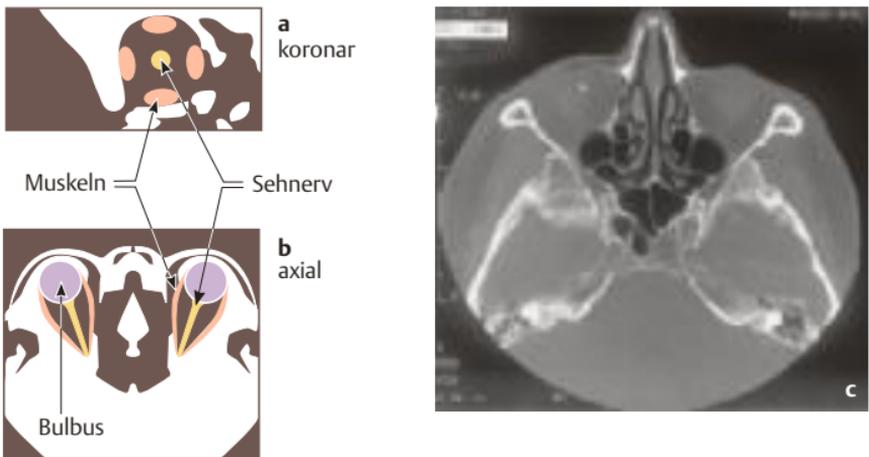


Abb. 1.62 • Computertomogramm;

- koronar und
- axial (schematische Darstellung),
- axiales CT eines Fremdkörpers im Unterlid (scheinbar oben links in Bulbusmitte gelegen); klinisch durch Ektropionieren des Lids festzustellen.

1.18 Bildgebende Verfahren

- I.v. Kontrastmittel kann zur Verdeutlichung von vaskularisierten Strukturen, z. B. Meningeom, Aneurysma gegeben werden.

► **Beurteilung:**

- *Koronares CT:* Vertikales Schnittbild zur Darstellung der Querschnitte von extraokulären Muskeln und Sehnerv, des Chiasmata, der Sella Abb. 1.62a.
- *Axiales CT:* Schnittbild parallel zum Verlauf des N. opticus (z.B. Abb. 1.62b, Abb. 1.62c).
- *Gute Darstellung:* Fremdkörper, kalkhaltige Strukturen; z.B. knöcherne Orbita, Kraniopharyngeom, Drüsen des N. opticus, Orbitaprozesse.

Magnetresonanztomografie (MRT; Kernspintomogramm/NMR)

► **Definition:** Computergestütztes Schichtaufnahmeverfahren, das auf dem Prinzip der Magnetresonanz beruht.

► **Indikation:** z.B. Verdacht auf raumfordernden zerebralen Prozess; Multiple Sklerose.

► **Durchführung:** Nach der Einwirkung eines starken magnetischen Feldes wird die Reorientierung der Protonen von Wasserstoffkernen (= Magnetresonanz) von Scanner-Rezeptoren detektiert; Computerverarbeitung erzeugt Schnittbilder in Grauwertskala; T1- und T2-gewichtete Spin-Echo-Sequenzen werden ausgewertet; T1 und T2 sind relative gewebespezifische Relaxationszeiten.

- Für intraorbitale Läsionen des Sehnervs: Kopfspule und spezielle Technik zur selektiven Fettsignalunterdrückung (STIR-Sequenz: Inversion-Recovery-Technik mit kurzer Inversionszeit).

- Evtl. Kontrastmittel *Gadolinium*.

☒ **Beachte:** Relativ lange Scan-Zeit (Aufnahmezeit) erfordert gute Kooperation, bei kleinen Kindern deshalb meist Narkose erforderlich.

► **Beurteilung:**

- *Gute Darstellung:* Zerebrospinale Flüssigkeit, Blutgefäße, Parenchymveränderungen; u. a. Entmarkungsherde, Infarkte, Hypothalamus- und supraselläre Veränderungen, extraselläre Ausbreitung von Hypophysentumoren, Konfiguration von Gliomen, Invasion des Sinus cavernosus; Verlaufskontrollen z.B. bei kleinen Meningeomen, Mikroadenomen der Hypophyse.
- Intraorbitale Läsionen des Sehnervs, z.B. Neuritis n. optici mit Spezialtechnik (s. o.) darstellbar; Aderhautmetastase vgl. Abb. 18.9.
- Kontrastmittel Gadolinium hilfreich z.B. bei Akustikusneurinom, Differenzialdiagnose Tumor/Ödem, Metastasen.
- *Schlechte Darstellung:* Knochenläsionen, kalkhaltige Strukturen.

Positronenemissionstomografie (PET)

► **Definition:** Schichtaufnahmeverfahren mit an ein Radiopharmakon gekoppelten Radioisotopen (Positronenstrahlern) zur Darstellung der Zellfunktion. Positronenstrahler sind Isotope, die unter Aussendung eines Betaplusteilchens zerfallen und wegen ihrer kurzen Halbwertszeiten (min bis h) in der Regel nicht natürlich vorkommen, sondern über Kernreaktionen (Zyklotron) künstlich entstehen. Positron = positiv geladenes Elektron.

► **Indikation:** Neurologische, kardiologische, onkologische Fragestellungen; Therapiekontrollen.

► **Durchführung:**

- Kopplung eines Positronenstrahlers mit einem Radiopharmakon (variiert nach zu untersuchendem Gewebe); das Radiopharmakon F18-Desoxyglukose (FDG) wird z.B. in Tumoren und deren Metastasen vermehrt verstoffwechselt und reichert sich dort an.
- Wenn die Positronen des angekoppelten Isotops auf Elektronen treffen, zerstrahlen beide Teilchen gleichzeitig in Form von 2 Gammastrahlen, die genau im Winkel von 180° auseinanderweichen. Dies wird von einem PET-Scanner (Detektor

und Hochleistungsrechner) registriert und zu Querschnittsbildern verarbeitet; auch Stoffwechselfvorgänge können qualitativ und quantitativ dargestellt werden (z. B. Glukoseverbrauch des Gehirns bei degenerativen ZNS-Erkrankungen).

Konventionelle Röntgenaufnahmen

- ▶ **Indikation:** z. B. knöcherne Orbitaverletzungen; Tumoren im Sehnervenbereich; Hypophysentumor.
- ▶ **Durchführung:** Siehe Lehrbücher der Röntgendiagnostik.
- ▶ **Beurteilung:** Einzelheiten s. Lehrbücher der Röntgendiagnostik; für ophthalmologische Fragestellungen sind die folgenden Röntgenaufnahmen von Bedeutung:
 - *Aufnahme nach Rhese:* Beurteilung des Canalis opticus; normaler Durchmesser etwa 5 mm; Differenz beider Seiten sollte nicht > 1 mm sein.
 - *Orbita a.-p. und seitlich* (Aufnahmewinkel nach Fragestellung): z. B. Beurteilung von Orbitabodenfraktur oder Orbitainhaltveränderungen.
 - *Schädelstandardaufnahme a.-p./seitlich:* Sella turcica im Normalfall etwa 12–15 mm lang, 9–12 mm tief (vgl. Abb. 20.3).
 - Zur *Fremdkörper-(FK-)Lokalisation* evtl. ergänzend, wenn Ultraschall und andere bildgebende Verfahren nicht zur Verfügung stehen, entweder:
 - *Röntgen-Nativaufnahmen in Primärposition, Auf- und Abblick* zur Fremdkörperlokalisierung: Erfolgt bei beiden Aufnahmen keine FK-Verlagerung, spricht dies für dessen intraorbitale Lokalisation oder
 - *a.-p. und transversale Aufnahme mit Comberg-Schale* (Plexiglasschale mit 4 Bleipunkten oder kleinem und großem Metallring) auf dem Augenvorderabschnitt zur Fremdkörperlokalisierung.

Untersuchungen bei neuroophthalmologischer Fragestellung

✓ *Erforderliche Untersuchungen bei neuroophthalmologischer Fragestellung (modifiziert nach Kolling):*

- ▶ *Visus* (s. c./c.c.) vgl. Sehschärfe (S. 49) und Nahvisus (S. 51)
- ▶ *Ishihara-Tafeln* (S. 63)
- ▶ *Farbvergleich* (S. 73)
- ▶ *Konfrontationstest* (S. 73): Hemianopsie, Quadrantenausfall, Zentralskotom?
- ▶ *Bestimmung der Pupillenweite:* Anisokorie? (2 Messungen mit Millimeterskala bei Tageslicht und im abgedunkelten Raum)
- ▶ *Pupillenreaktionen*, vgl. Prüfung der Lichtreaktion (S. 36), Konvergenzreaktion (S. 24), Swinging-Flashlight-Test (S. 36)
- ▶ *Akkommodationsnahpunkt* (S. 57)
- ▶ *Untersuchung der Hornhautsensibilität* (S. 39)
- ▶ *Forcierter Lidschluss* (S. 30)
- ▶ *Bell-Phänomen* (S. 30)
- ▶ *Messung der Lidspaltenweite:* (normal: etwa 9 mm bds.); Beurteilung in Hinblick auf Ptosis (S. 14), Retraktion des Oberlides
- ▶ *Beurteilung der Lage des Bulbus in der Orbita*, einschließlich Exophthalmusbeurteilung bzw. Spiegel-Exophthalmometrie nach Hertel (S. 12)
- ▶ *Untersuchung der Folgebewegungen* (S. 23)
- ▶ *Untersuchung der Sakkaden* (S. 23)
- ▶ *Untersuchung des vestibulookulären Reflexes, VOR* (S. 30)
- ▶ *Prüfung auf Unterdrückbarkeit des VOR* (S. 23)
- ▶ *Beurteilung eines Nystagmus* (S. 30)
- ▶ *Untersuchung des optokinetischen Nystagmus, OKN* (S. 32)
- ▶ *Untersuchung der Motilität der äußeren Augenmuskeln* (S. 20)
- ▶ *Goldmann-Gesichtsfeld/automatische Perimetrie* (S. 70)
- ▶ *Spaltlampe* (S. 40) und *Funduskopie* (S. 46) in *Mydriasis*