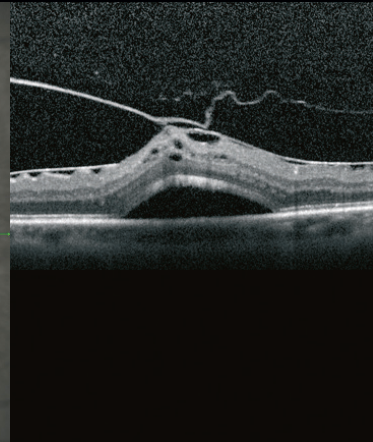
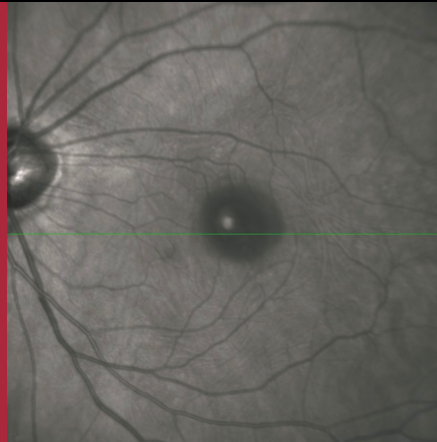


Spurensuche im OCT

SPECTRALIS®

Grundlagen zur OCT-Interpretation

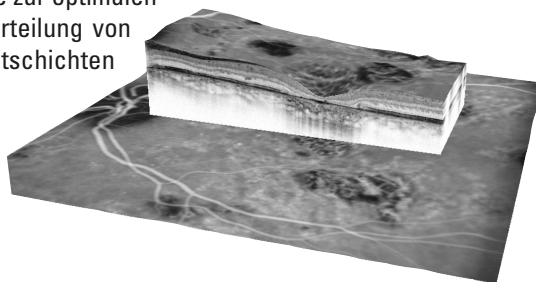


Diese Broschüre ist kein diagnostischer Leitfaden und kein Ersatz für klinische Erfahrung und Beurteilung. Bei der Diagnose und Behandlung des Patienten muss der Arzt alle zur Verfügung stehenden Daten analysieren, interpretieren und individuelle klinische Entscheidungen auf Grundlage seiner klinischen Beurteilung und Erfahrung treffen. Diagnosen obliegen dem Arzt.

Auf Spurensuche im SPECTRALIS OCT-Bild

Die Spectral-Domain optische Kohärenztomografie (SD-OCT) der SPECTRALIS-Plattform ist eine schnelle, nicht-invasive Methode zur Untersuchung des hinteren Augenabschnittes. Sie bietet neben einer optimalen Bildgebung zur Diagnosestellung die einzigartige AutoRescan-Funktion. Diese ermöglicht reproduzierbare Messungen, die zur optimalen Verlaufskontrolle verschiedener Erkrankungen nötig sind. Die genaue Beurteilung von OCT-Bildern erlaubt, pathologische Veränderungen den einzelnen Netzhautschichten genau zuzuordnen.

Dieser Leitfaden soll Ihnen helfen, OCT-Bilder systematisch zu beurteilen sowie klinische Beobachtungen auf Basis dieser Bilder einfach und zeiteffizient zu beschreiben.



Inhaltsverzeichnis

	Gut zu wissen!	4
	Kurzanleitung: Systematische Interpretation von OCT-Bildern in 60s	6
	1 Veränderungen im präretinalen Raum	7
	2 Veränderungen in der Foveakonfiguration	7
	3 Veränderungen der inneren Netzhautschichten	8
	3.1 Vitreoretinale Grenzfläche	8
	3.2 Innere Grenzmembran (ILM)	9
	3.3 Retinale Nervenfaserschicht (RNFL)	10
	3.4 Ganglienzellschicht (GCL)	11
	3.5 Innere Körnerschicht (INL)	12
	3.6 Äußere plexiforme Schicht (OPL)	13
	4 Veränderungen der äußeren Netzhautschichten	14
	4.1 Integrität der äußeren Netzhautschichten	14
	4.2 Outer Retinal Tubulations (ORTs)	14
	Kurzanleitung: Transverse Section Analysis (TSA) in 60 s	15
	5 Veränderungen im sub-neuroretinalen Raum/Sub-RPE-Raum	16
	5.1 Neurosensorische Abhebung	16
	5.2 Retinales Pigmentepithel (RPE) und Bruch'sche Membran (BM)	16
	5.3 Aderhaut	18
	Veränderungen jenseits der Makula	19



Farbschemen

Die Darstellung der OCT-Bilder ist in verschiedenen Farbschemen möglich. In der klinischen Praxis sind die Darstellungsformen *schwarz auf weiß* (Abb. 1) bzw. *weiß auf schwarz* (Abb. 2) am geläufigsten. Ein Wechsel des Farbschemas ändert nicht die im Bild enthaltenen Informationen. Dennoch ist es gelegentlich hilfreich den Kontrast umzukehren, um Details hervorzuheben.

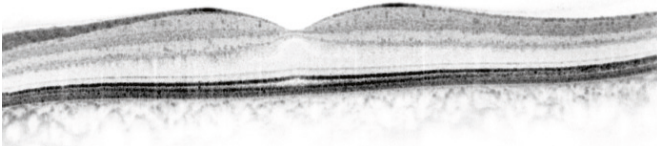


Abb. 1: OCT-Bild auf weißem Hintergrund
(„hyperreflektiv“ = schwarz, „hyporeflektiv“ = weiß)

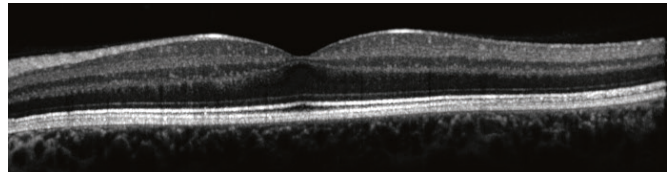


Abb. 2: OCT-Bild auf schwarzem Hintergrund
(„hyperreflektiv“ = weiß, „hyporeflektiv“ = schwarz)

Scanmuster

Bei perifovealen Fragestellungen sollte die Fovea anhand zweier hochauflösender zentraler OCT-Bilder dokumentiert werden, wobei die horizontalen und vertikalen Scanlinien exakt die Fovea durchkreuzen. Darüber hinaus sollte ein in Größe und Dichte angepasster Volumenscan auf dem im Fundusbild auffälligen Bereich platziert werden (Abb. 3-6).

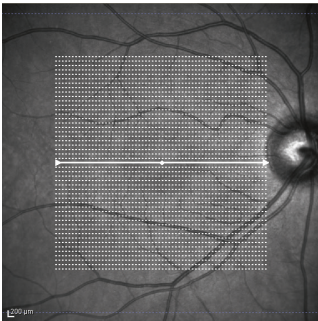


Abb. 3: „Dense Scan“

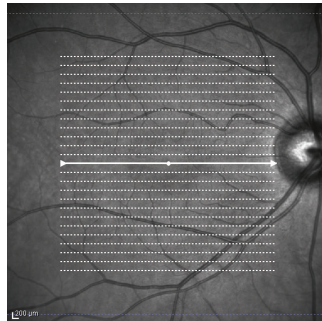


Abb. 4: „Fast Scan“

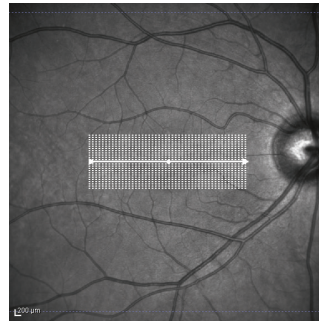


Abb. 5: „Detail Scan“

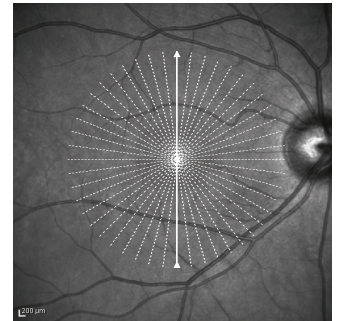


Abb. 6: „Radial Scan“

Qualitätsprüfung

Jedes einzelne OCT-Bild des Volumenscans sollte angeschaut und analysiert werden. Ist die Dickenkarte von Interesse, ist zudem zu prüfen, ob die automatische Segmentierung in jedem OCT-Schnittbild fehlerfrei durchgeführt wurde (Abb. 7-8).

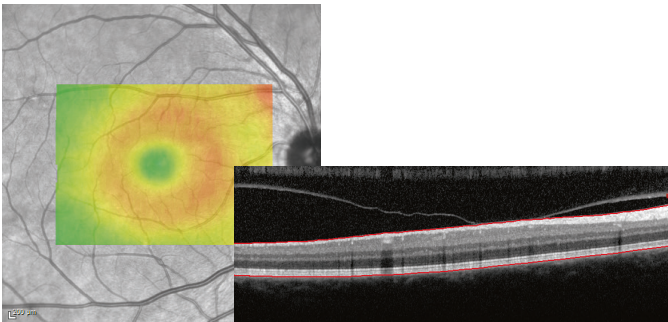


Abb. 7: Segmentierung fehlerfrei

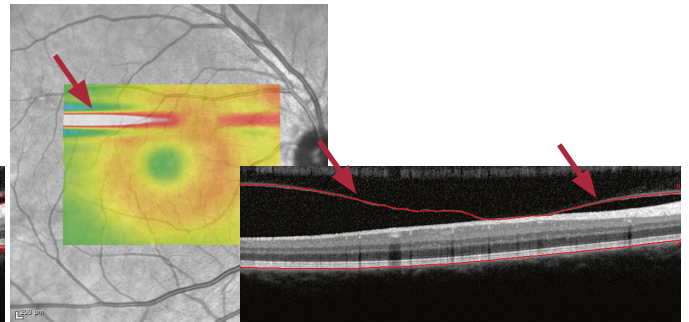


Abb. 8: Segmentierung fehlgeschlagen

Die Rolle des Fundusbildes

Jedes OCT-Schnittbild geht mit einem Fundusbild einher: Durch die simultane Darstellung von Fundusbild und OCT-Bild ist es möglich, klinisch auffällige Bereiche dem korrespondierenden Areal im OCT-Bild exakt zuzuordnen (Abb. 9).

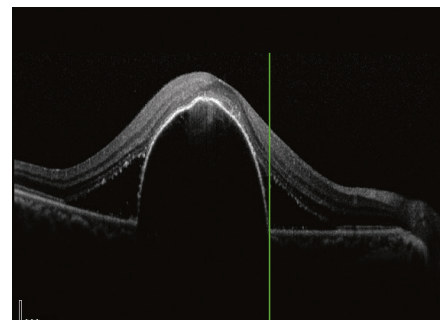
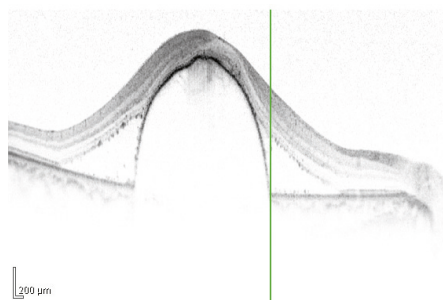
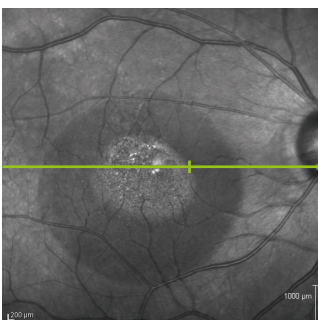
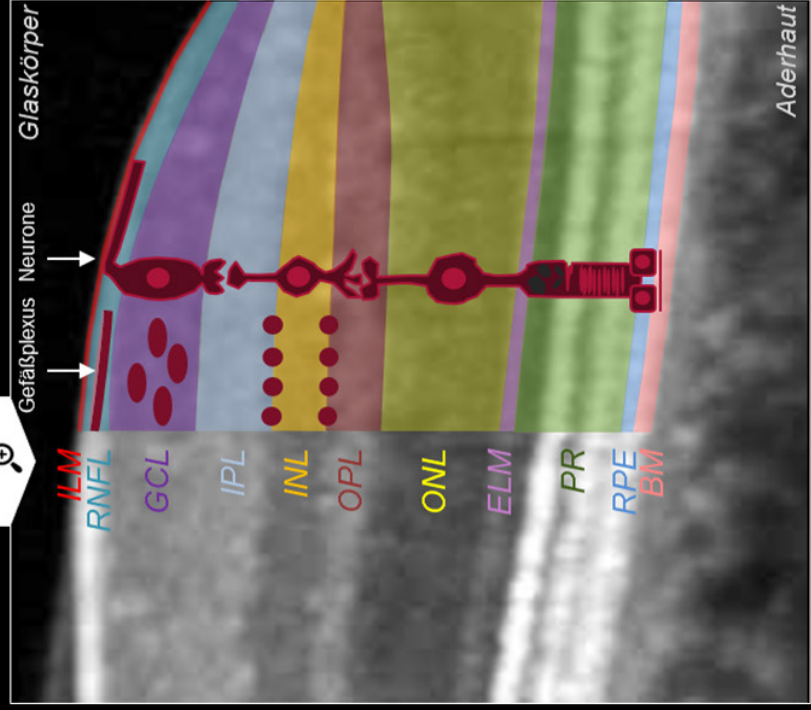
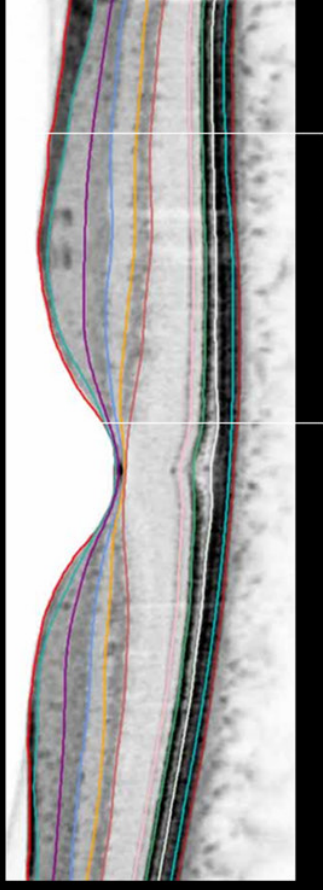
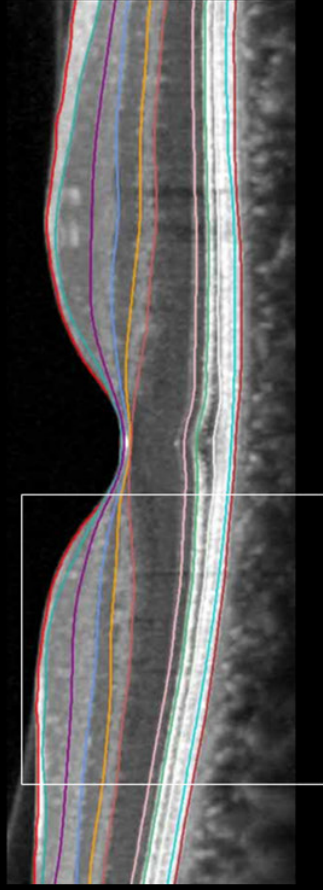


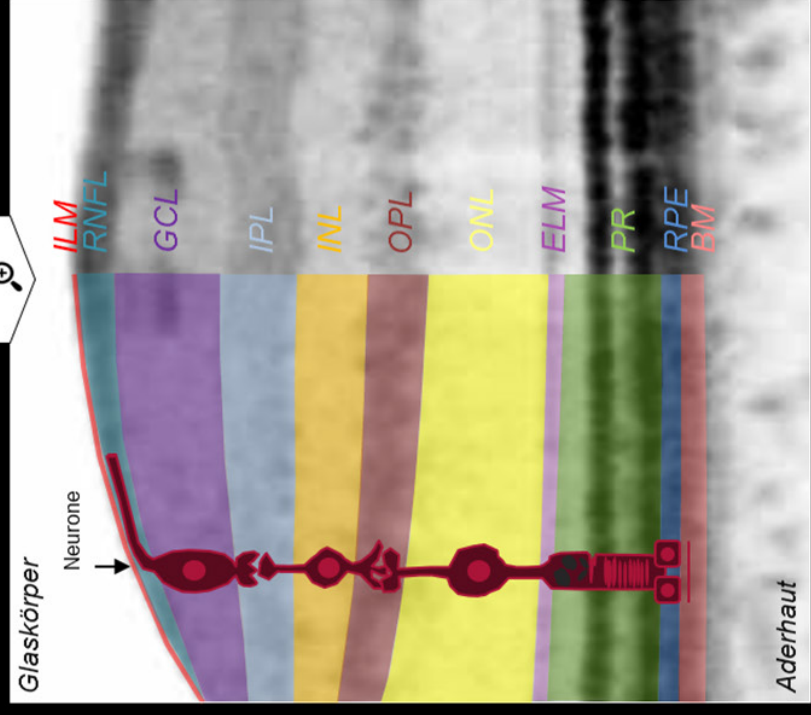
Abb. 9: Korrelation der im IR-Bild und OCT-Bild sichtbaren Veränderungen

Netzhautschichten



Netzhautschichten

Abk.	Name
ILM	Innere Grenzmembran
RNFL	Retinale Nervenfaserschicht
GCL	Ganglienzellschicht
IPL	Innere plexiforme Schicht
INL	Innere Körnerschicht
OPL	Äußere plexiforme Schicht
ONL	Äußere Körnerschicht
ELM	Äußere Grenzmembran
PR	Fotorezeptorschichten
RPE	Retinales Pigmentepithel
BM	Bruch'sche Membran





OCT-Bild von den inneren bis zu den äußeren Netzhautschichten prüfen

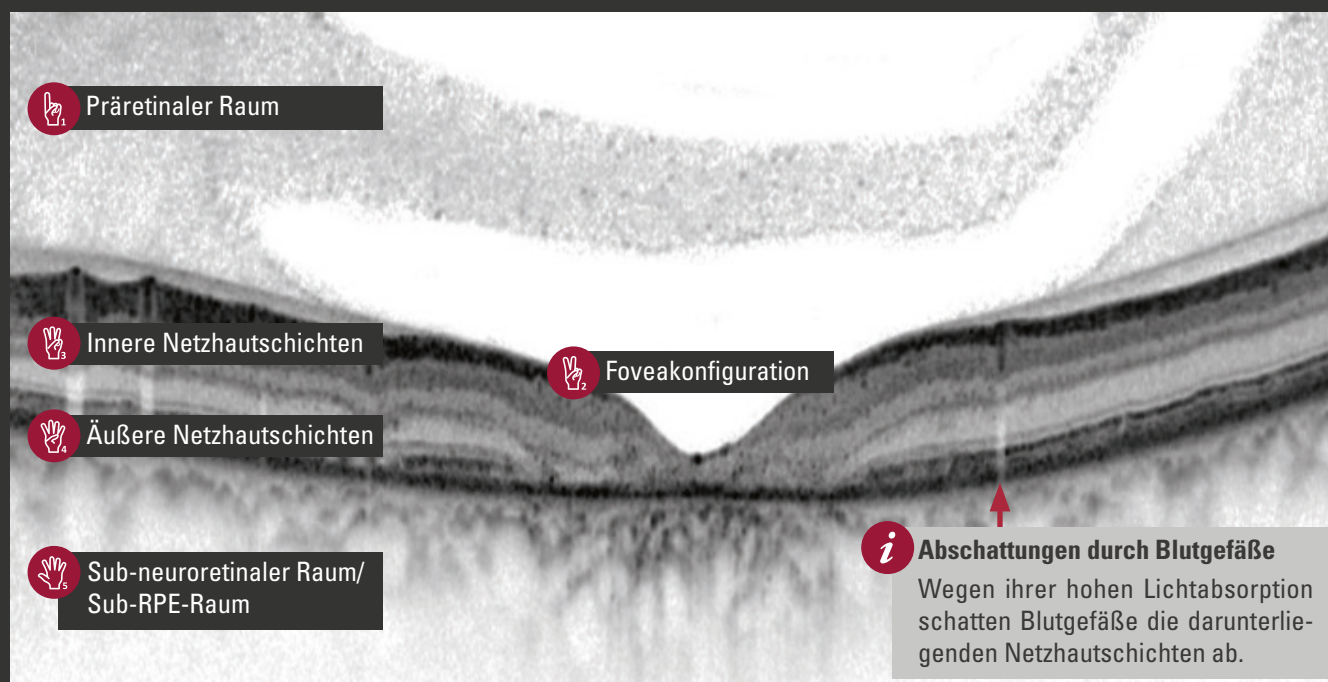


Abb. 10: Systematische Beurteilung eines OCT-Bildes (schwarz auf weiß)

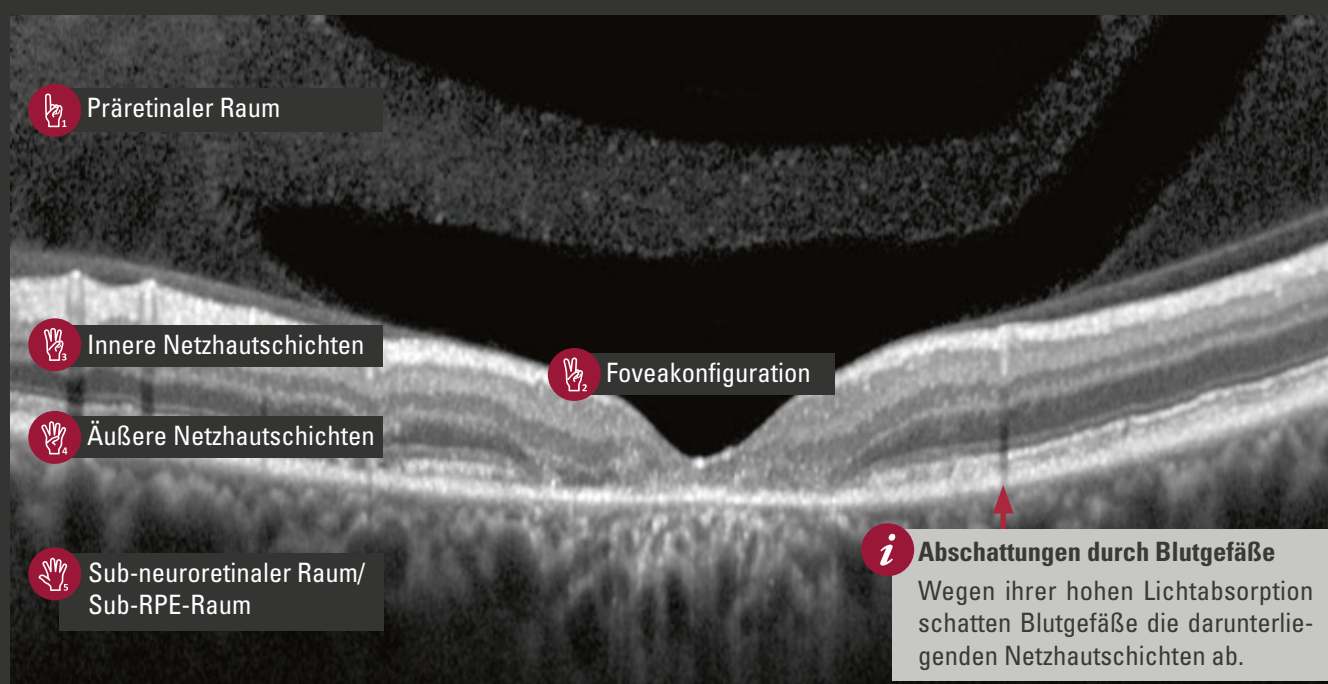


Abb. 11: Systematische Beurteilung eines OCT-Bildes (weiß auf schwarz)

i Es wird dringend empfohlen, das ganze OCT-Bild zu prüfen, da Strukturen in den inneren Schichten die Reflektivität der äußeren Schichten beeinflussen können, was zu falschen Diagnosen führen kann.



Weitere E-Books zur Beurteilung von OCT-Bildern finden Sie unter:

www.he-lounge.com/ebooks



1 Veränderungen im präretinalen Raum

Abschattungen im OCT-Bild, die sich nicht durch Blutungen oder Exudate erklären lassen, können von Veränderungen im Glaskörper stammen. Glaskörpertrübungen zeigen sich im OCT-Bild als reflektive Flecken. Die Verwendung der 3D-Darstellung eignet sich, um strukturelle Glaskörperveränderungen und deren Auswirkungen auf das retinale OCT-Bild zu erkennen (Abb. 12). In der Registerkarte <<3D View>> muss dazu die Option <<Vitreous>> ausgewählt sein (Abb. 13).

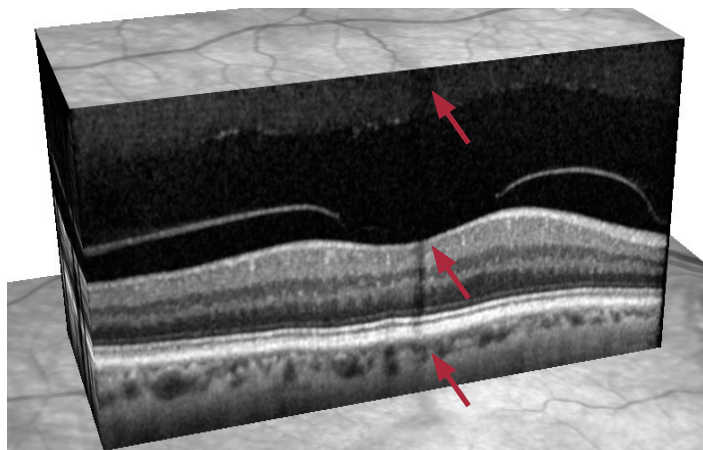


Abb. 12: 3D-Ansicht der Glaskörperstruktur

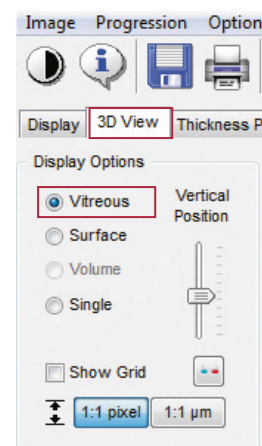


Abb. 13: <<Vitreous>> in der 3D-Ansicht wählen

Abb. 14 zeigt eine Abschattung im retinalen OCT-Bild (siehe rote Pfeile), die durch Glaskörperblutungen infolge papillärer Neovaskularisationen hervorgerufen wurden.

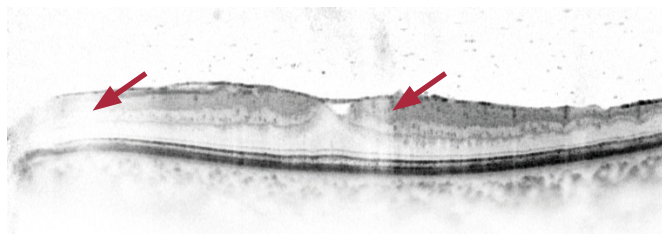
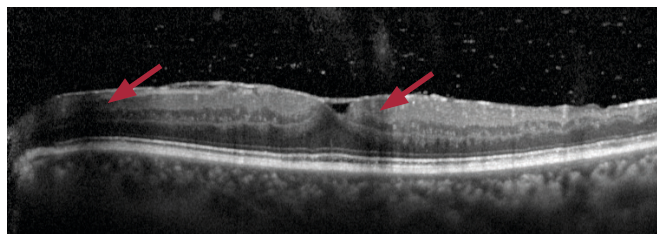


Abb. 14: Abschattungen infolge von Glaskörperblutungen



2 Veränderungen in der Foveakonfiguration

Das OCT-Schnittbild entlang der Fovea zeigt die charakteristische foveale Einsenkung, in der die inneren Netzhautschichten beiseite gedrängt sind. Die Fotorezeptorschicht unterhalb der Fovea ist physiologisch verdickt. Folglich ist eine kleine physiologische Anhebung der äußeren Grenzmembran und der Fotorezeptoraußensegmente zu erkennen (Abb. 15).

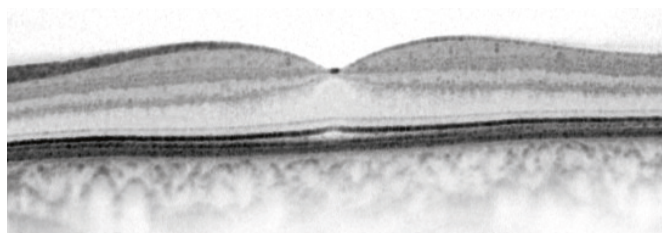
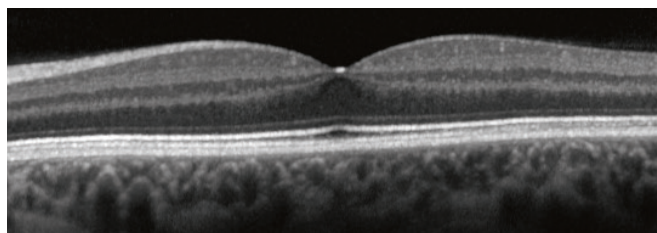


Abb. 15: Normalkonfiguration der Fovea



Zur Beurteilung der Foveakonfiguration ist sicherzustellen, dass das OCT-Bild korrekt in der Fovea positioniert ist. Bei fehlender fovealer Einsenkung (Abb. 16) kann die veränderte Foveakonfiguration durch Messung der Netzhautdicke ermittelt werden.

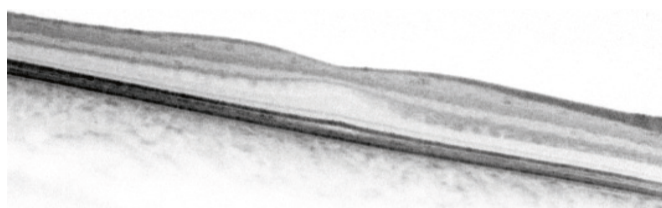
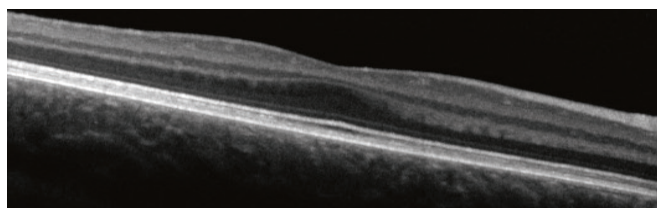


Abb. 16: Foveale Dysplasie



Besonderes Augenmerk hinsichtlich der Durchgängigkeit gilt den äußeren Netzhautschichten – äußerer Grenzmembran, Fotorezeptoren PR1/PR2 sowie dem Komplex aus retinalem Pigmentepithel und Bruch'scher Membran. Die Integrität dieser Strukturen gibt oftmals einen wichtigen Hinweis auf das Sehvermögen des Patienten und den ggf. zu erwartenden Therapieerfolg.

3 Veränderungen in den inneren Netzhautschichten

3.1 Vitreoretinale Grenzfläche

Im Falle einer Abhebung des Glaskörpers von der Netzhaut kann die Glaskörpergrenzmembran im OCT-Bild sichtbar werden. Sie zeigt sich als dünne hochreflektive Linie vor der inneren Grenzmembran (Abb. 17-18).

Partielle Glaskörperabhebungen, bei denen die Glaskörpergrenzmembran noch mit der Makula verbunden ist, werden in zwei Stadien unterteilt: vitreomakuläre Adhäsion (VMA) und vitreomakuläre Traktion (VMT). Bei VMA führt die Anheftung der Glaskörpergrenzmembran nicht zu intraretinalen Veränderungen (Abb. 17). Sobald intraretinale Veränderungen (Abb. 18) – wie Zysten, Foramen oder intraretinale Flüssigkeitseinlagerungen – vorliegen, spricht man von einer VMT.

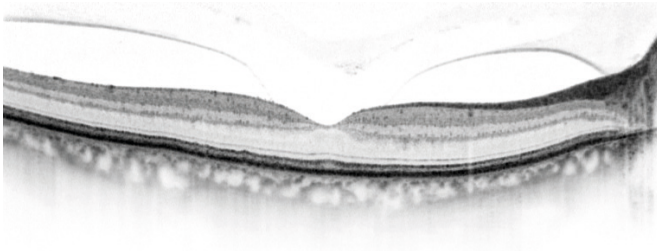


Abb. 17: VMA ohne intraretinale Veränderungen

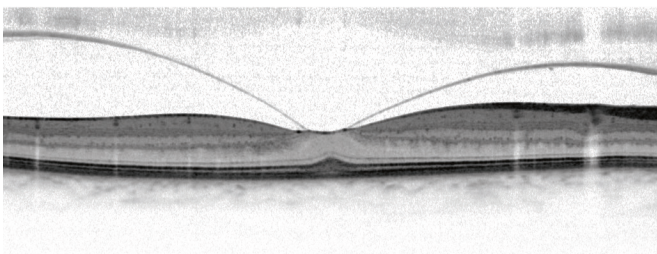
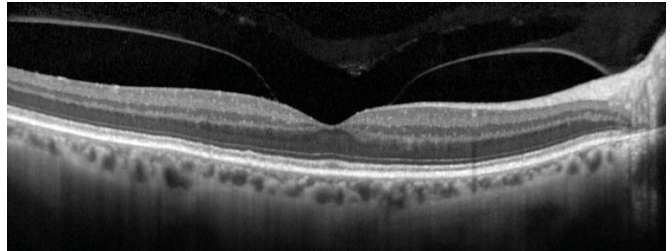
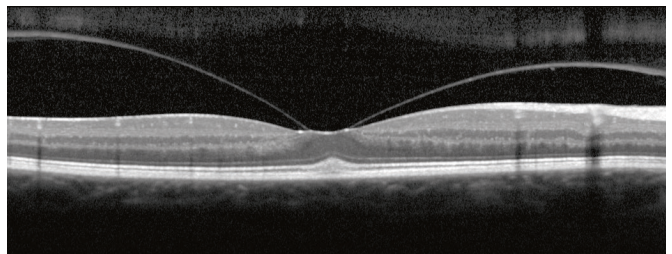


Abb. 18: VMT mit intraretinalen Veränderungen



Akute VMT können Makulaforamen verursachen. Die OCT-Bildgebung ermöglicht die Differenzierung zwischen Makulaschichtforamen (LMH), durchgreifendem Makulaforamen (FTMH) und Pseudomakulaforamen (MPH). Abb. 19 zeigt ein **Makulaschichtforamen** mit einseitigem fovealem Defekt der inneren Netzhautschichten. Die Foveakontur erscheint irregulär. Ein LMH kann von einer intraretinalen Aufspaltung, vorrangig zwischen OPL und ONL, begleitet werden (Duker, Ophthalmology 2013, 120(12):2611-2619).

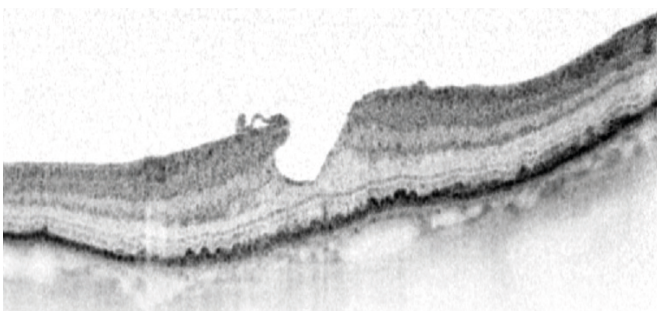
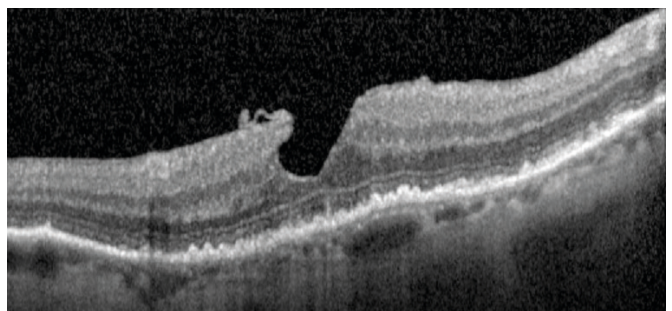


Abb. 19: Makulaschichtforamen (LMH)



Charakteristisch für **durchgreifende Makulaforamen** ist die Unterbrechung aller Netzhautschichten von der ILM bis zum RPE (Abb. 20). FTMH werden bezüglich ihrer Größe klassifiziert: klein ($\leq 250 \mu\text{m}$), mittelgroß ($> 250 \mu\text{m}$ und $\leq 400 \mu\text{m}$) und groß ($> 400 \mu\text{m}$).

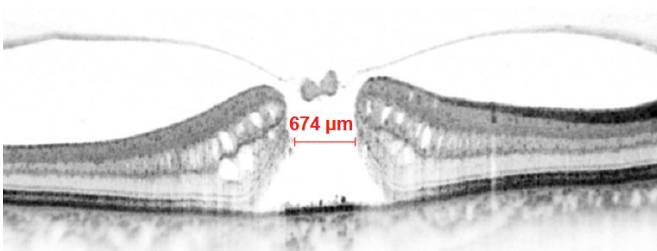
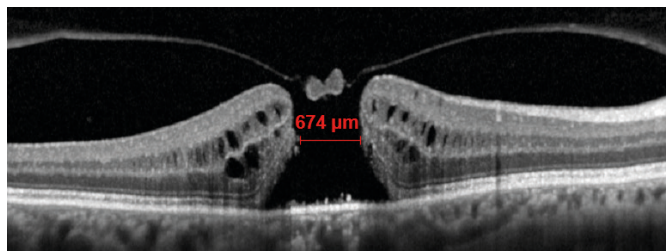


Abb. 20: Großes durchgreifendes Makulaforamen (FTMH)



Das Overlay-Werkzeug <<measure distance>> wählen und horizontal die engste Stelle des Makulaforamens messen.

Eine Vielzahl von Pathogenesen, sowohl mit Ursache im Stoffwechsel des Glaskörpers als auch in der Netzhaut, kann zu einer Neubildung von **Gewebsmembranen** zwischen der Glaskörpergrenzmembran und der inneren Grenzmembran führen. Diese Membranen zeigen sich im OCT-Bild als verdickte, hochreflektive Linien (Abb. 21).

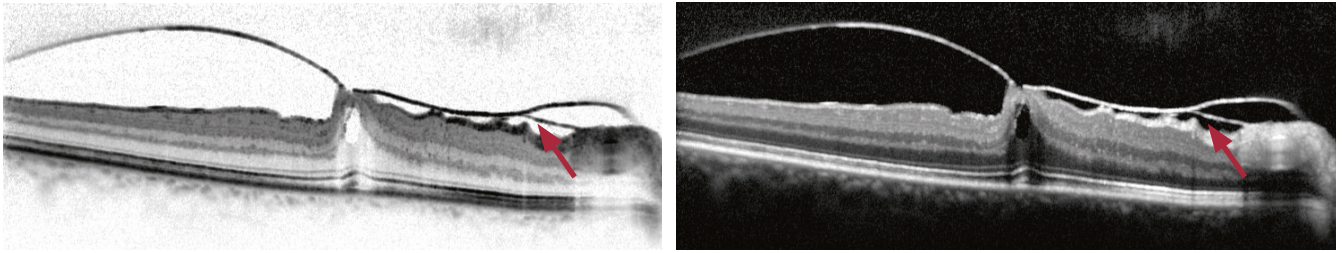


Abb. 21: Gewebemembran zwischen der Glaskörpergrenzmembran und der inneren Grenzmembran

3.2 Innere Grenzmembran (ILM)

Fältelungen der inneren Grenzmembran zeigen sich im OCT-Bild als unregelmäßige Erhebungen im Schichtverlauf, vergleichbar mit dem Panoramablick auf eine Gebirgskette (Abb. 22).

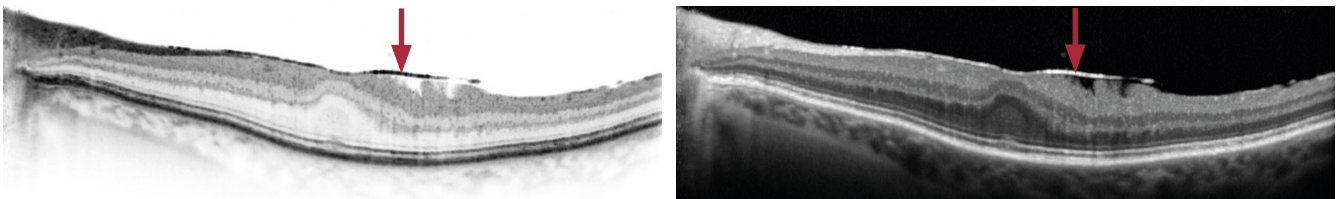


Abb. 22: Fältelungen der ILM

Das Ausmaß der Fältelungen ist im Infrarot- (IR), Blau-Reflexions- (BR) als auch im MultiColor-Bild sichtbar (Abb. 23-25).

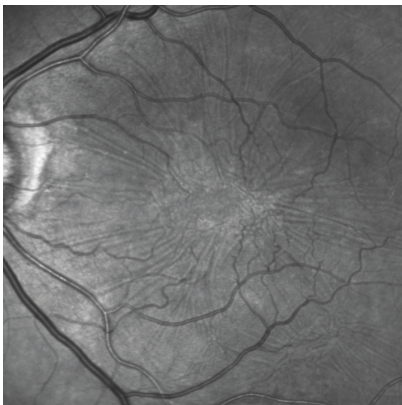


Abb. 23: Fältelungen im IR-Bild

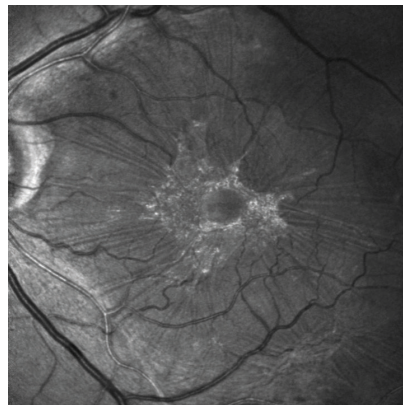


Abb. 24: Fältelungen im BR-Bild



Abb. 25: Fältelungen im MultiColor-Bild

Pseudomakulaforamen (MPH) stellen Subtypen der epiretinalen Membran (ERM) dar. Während die ERM eine perifoveale Verdickung verursacht, ist die Foveola selbst von der ERM ausgespart und erscheint aufgrund der traktiven Komponente V-förmig. Die Netzhautschichten zeigen keinen strukturellen Schwund (Abb. 26).

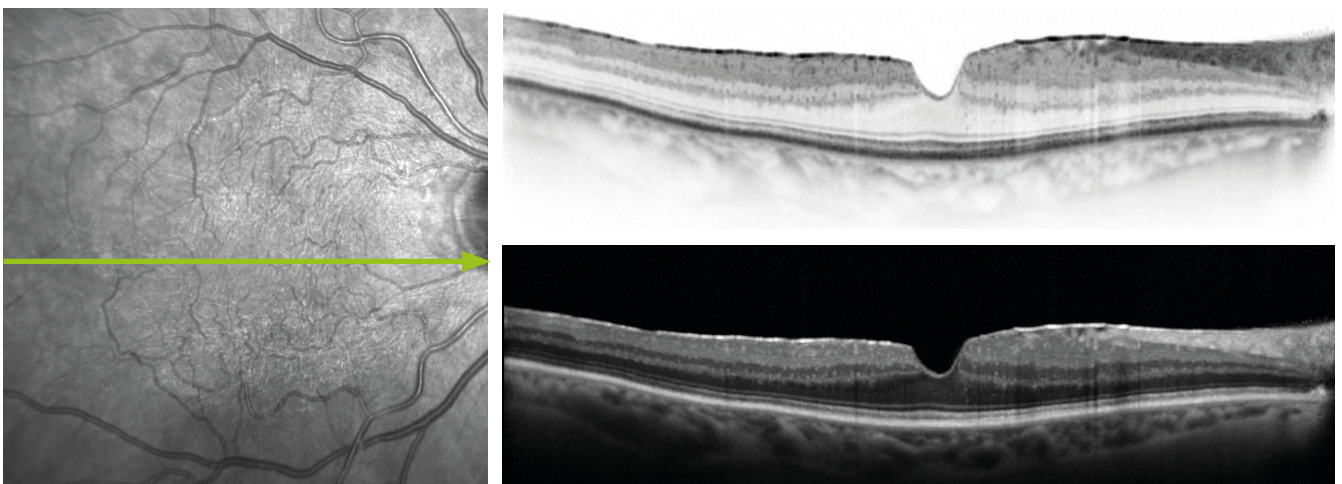


Abb. 26: Pseudomakulaforamen (MPH)

3.3 Retinale Nervenfaserschicht (RNFL)

Die retinale Nervenfaserschicht gesunder Augen zeigt sich im OCT-Bild als hochreflektive Schicht, die zur Papille hin an Dicke zunimmt (Abb. 27).

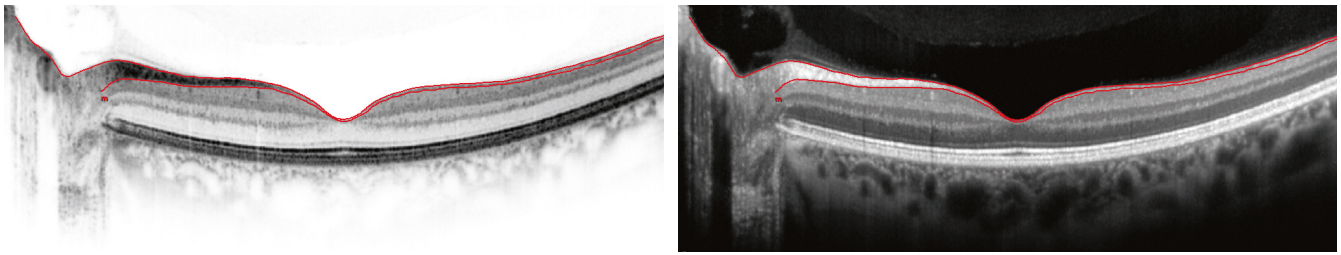


Abb. 27: Segmentierung der Nervenfaserschicht

3.3.1 Dicke der retinalen Nervenfaserschicht (RNFLT)

Die Dicke der peripapillären RNFL spielt eine wichtige Rolle in der Differenzierung zwischen gesunden und glaukomatösen Augen. Mit der *Glaukom Modul Premium Edition* werden drei peripapilläre Kreisscans aufgenommen (Applikation <<Glaucoma>>; Scanmuster <<ONH-RC>>). Nach der Aufnahme wird die RNFL automatisch segmentiert. Die an jedem Punkt der Kreisscans ermittelte RNFLT wird mit einer Referenzdatenbank global sowie entsprechend der Garway-Heath-Sektoren verglichen und analysiert (Abb. 28). Die alterskorrelierte Referenzdatenbank für Personen europäischer Abstammung umfasst 218 Augen im Alter zwischen 20 und 87 Jahren.

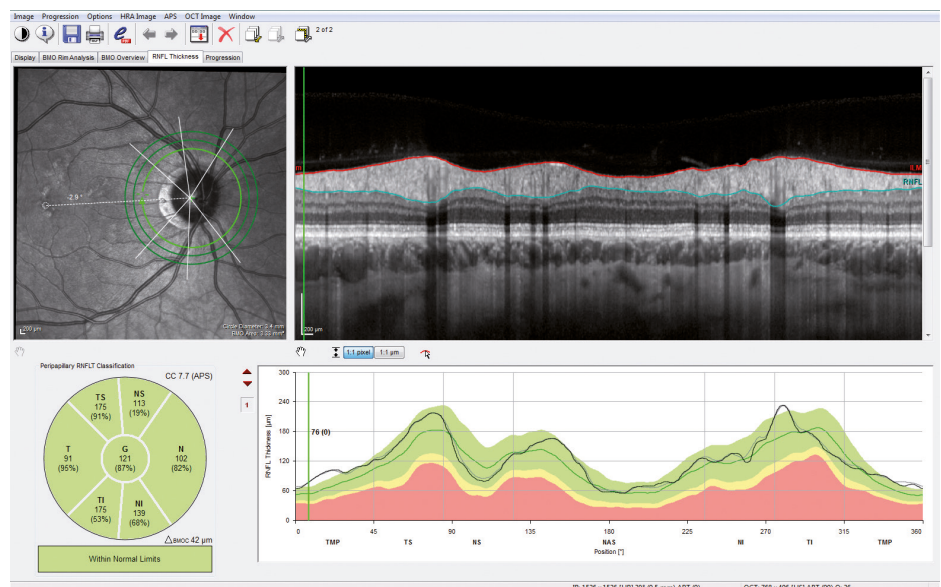


Abb. 28: Analyse der Nervenfaserschichtdicke

3.3.2 BMO-basierte minimale Randsaumbreite (BMO-MRW)

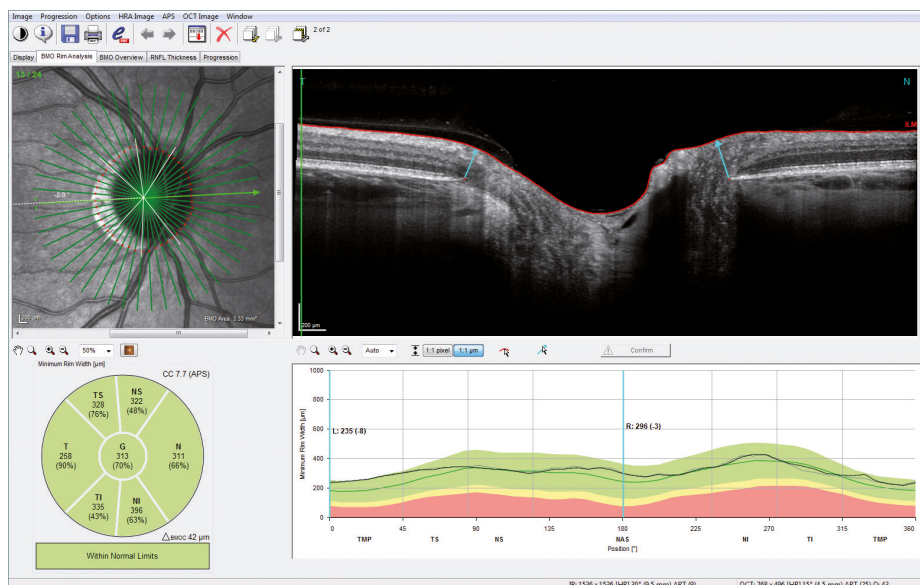


Abb. 29: BMO-MRW Analyse

Ferner liefert der ONH-RC-Scan als weiteren Parameter die BMO-basierte minimale Randsaumbreite (BMO-MRW). Die quantitative Bestimmung des neuroretinalen Randsaums erfolgt durch die Messung der kürzesten Distanz zwischen dem Ende der Bruch'schen Membran und der ILM. Dieses Verfahren berücksichtigt die variable Geometrie des Nervengewebes am Ort des Sehnervenaustritts. Die BMO-MRW wird mit einer an das Alter angepassten Referenzdatenbank bewertet und verglichen (Abb. 29). Diese umfasst 246 Augen von Personen europäischer Abstammung im Alter zwischen 20 und 87 Jahren.



RNFL-Defekte temporal inferior und temporal superior sind typisches Indiz für glaukomatöse Veränderungen. In anderen neurodegenerativen Erkrankungen, wie multipler Sklerose, treten RNFL-Defekte primär temporal auf oder sind wie bei einer Neuromyelitis optica (NMO) gleichmäßig über alle Sektoren verteilt. (Schneider et al., PLoS ONE. 2013, 8(6):e66151).

3.4 Ganglienzellschicht (GCL)

Bei Glaukompatienten kann die Analyse der Ganglienzellschicht im Bereich der Makula zur Diagnosestellung beitragen. Neben einem Verlust an peripapillären retinalen Nervenfasern und neuroretinalem Randsaumgewebe gehen bei Glaukom auch retinale Ganglienzellen zugrunde.

Die farbcodierte Dickenkarte des horizontalen Posterior-Pole-Scans (<<PPoleH>>) eignet sich zur Beurteilung der Intaktheit der makulären Ganglienzellschicht. Die Dickenkarten aller retinaler Schichten stehen erst nach der Segmentierung der Einzelschichten des OCT-Bildes zur Verfügung: Klicken Sie dazu mit der rechten Maustaste auf das Vorschaubild und wählen Sie im Kontextmenü <<Segmentation>> <<All Layers>> (Abb. 30).

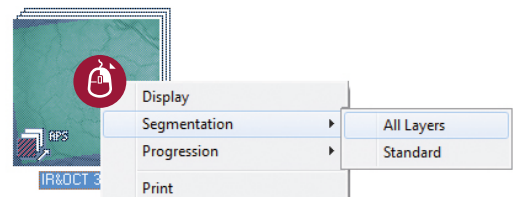


Abb. 30: Segmentierung einzelner Schichten

In einem gesunden Auge (Abb. 31) zeigt sich die Ganglienzellschicht als ringförmige Struktur im Bereich der Makula. Unterbrechungen des Rings (Abb. 32) deuten oft auf eine Dickenabnahme und somit auf einen potenziellen Verlust an Ganglienzellen hin.

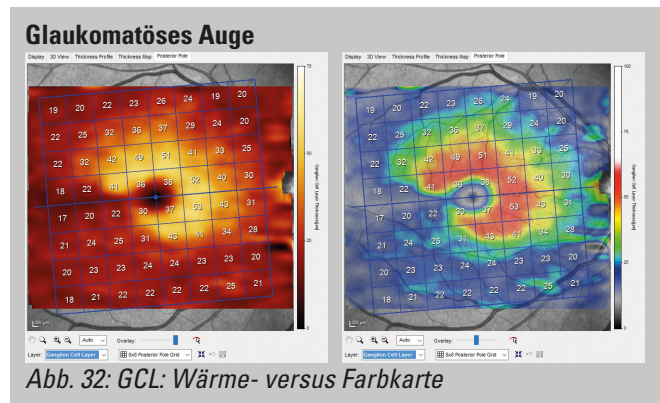
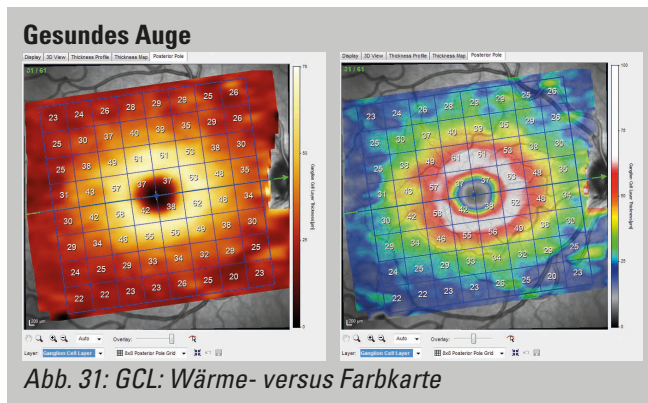
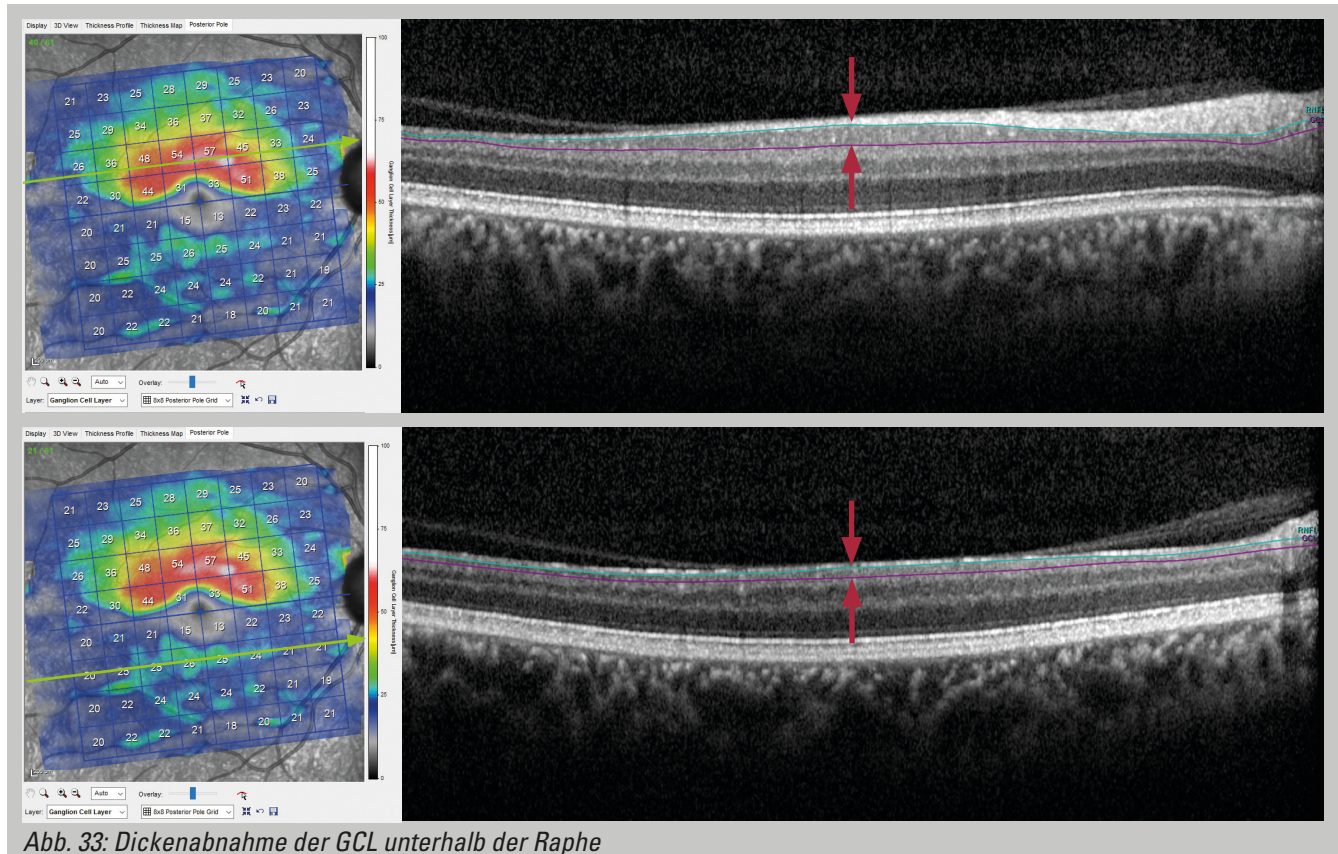


Abb. 33 zeigt ein Beispiel, in dem die Ganglienzellen oberhalb der Raphe intakt sind, während diejenigen unterhalb der Raphe stark geschädigt sind. Die unterschiedliche Dicke der Ganglienzellschicht zwischen der unteren und der oberen Hemisphäre ist ebenfalls anhand des OCT-Bildes ersichtlich.



3.5 Innere Körnerschicht (INL)

Die innere Körnerschicht scheint besonders empfänglich für zystoide Flüssigkeitseinlagerungen. In Abhängigkeit der Ursache können die Flüssigkeitseinlagerungen foveal wie auch perifoveal zu finden sein.

Abb. 34 zeigt ein vertikal ausgerichtetes OCT-Bild eines **mikrozystischen Makulaödems (MME)**, das häufig bei entzündlichen Erkrankungen des Nervensystems mit assoziierter Optikusneuritis einhergeht. (Kaufhold, PLoS ONE 2013, 8(8): e71145). Die hyporeflektiven Bereiche im IR-Bild entsprechen der Ausdehnung der Mikrozysten.

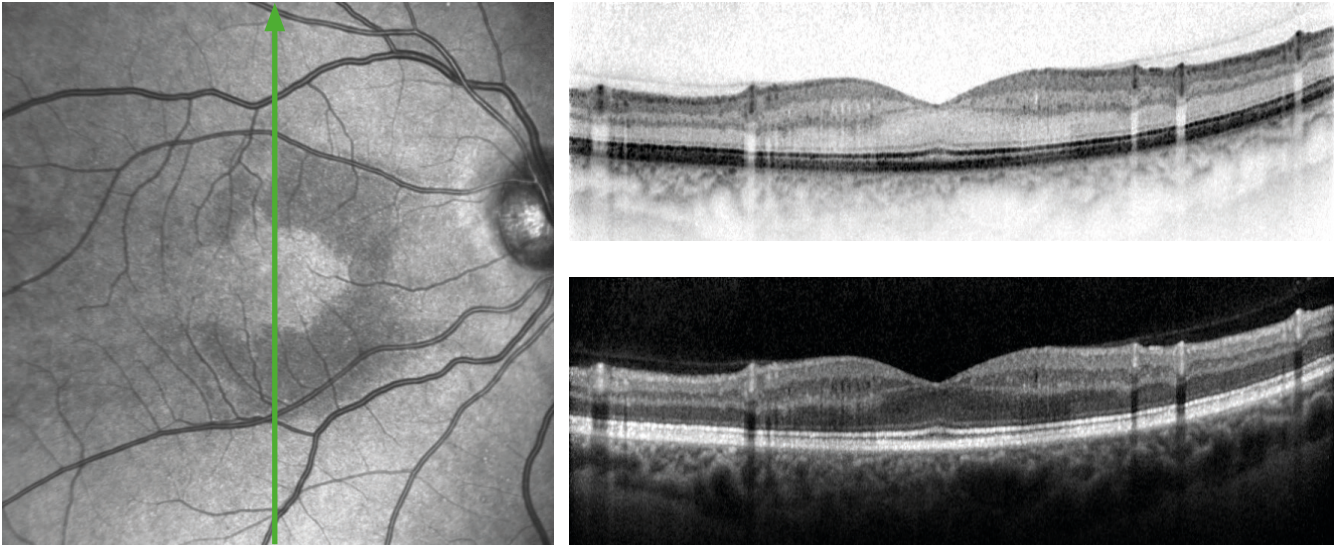


Abb. 34: MME bei chronisch entzündlicher Optikusneuropathie (mit freundlicher Genehmigung des Neurodiagnostics Laboratory, Charité Berlin)

i Um keine zystoiden Flüssigkeitseinlagerungen zu übersehen, sollte jedes **einzelne** OCT-Bild des Volumenscans analysiert werden. Es ist i.d.R. nicht ausreichend, allein die Dickenkarte zu betrachten, da diese kleine zystoide Hohlräume verschleiern kann (Abb. 35). Dennoch sollte die Dickenkarte für die genaue Bestimmung der Netzhautdicke herangezogen werden.

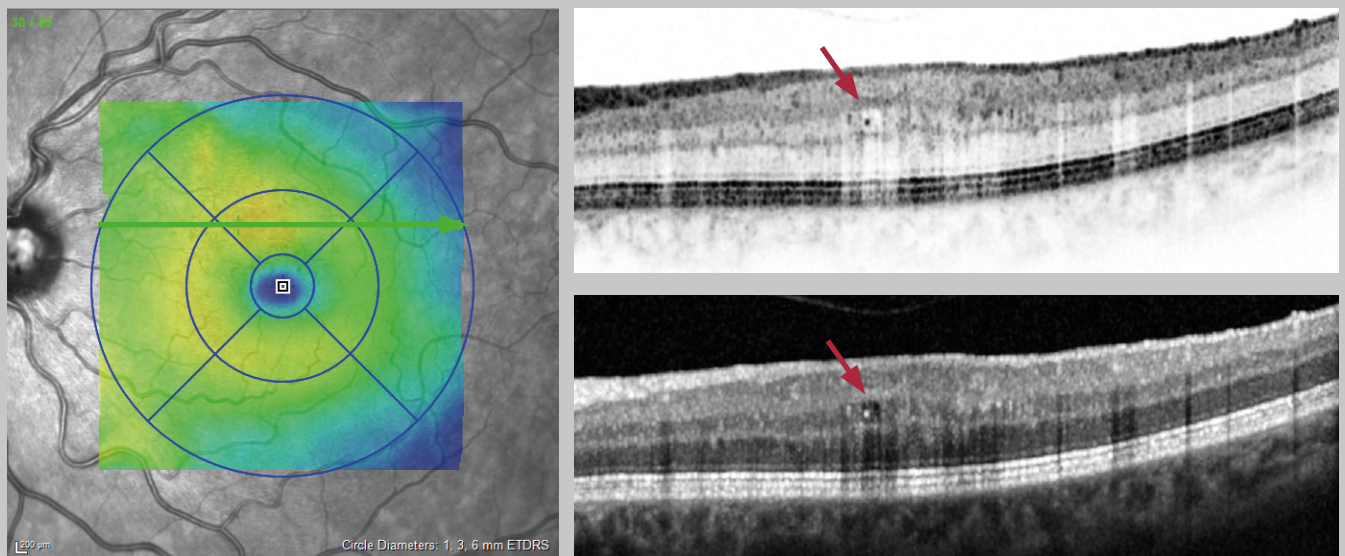


Abb. 35: Kleine Flüssigkeitseinlagerungen werden in der Dickenkarte verschleiert

Abhängig der Pathologie können sich intraretinale Flüssigkeitseinlagerungen in verschiedenen Netzhautschichten befinden. Beim **diabetischen Makulaödem (DMÖ)** treten Zysten üblicherweise in der INL und anterior der Henle-Faserschicht auf (Abb. 36).

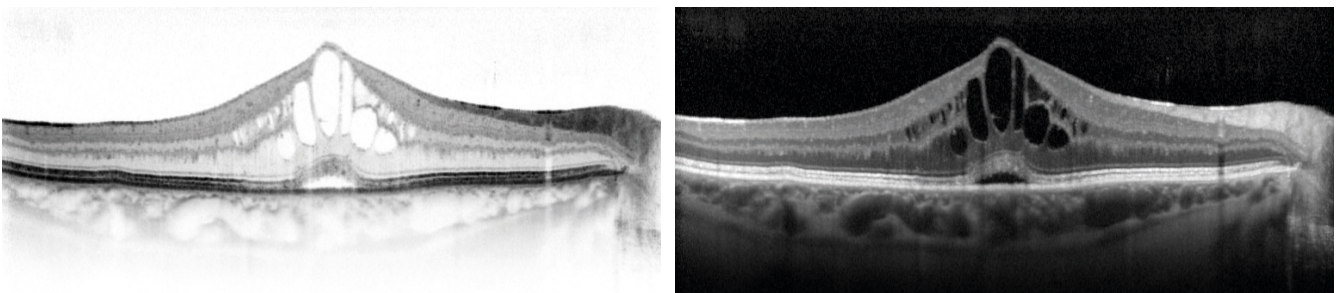


Abb. 36: Zysten beim DMÖ

3.6 Äußere plexiforme Schicht (OPL)

In der OPL befinden sich die neuronalen Verschaltungen zwischen Fotorezeptoren und Bipolarzellen. Eine Spaltung der OPL tritt typischerweise bei **seniler Retinoschisis** auf. Jedoch kann eine Retinoschisis auch andere neuroretinale Schichten betreffen.

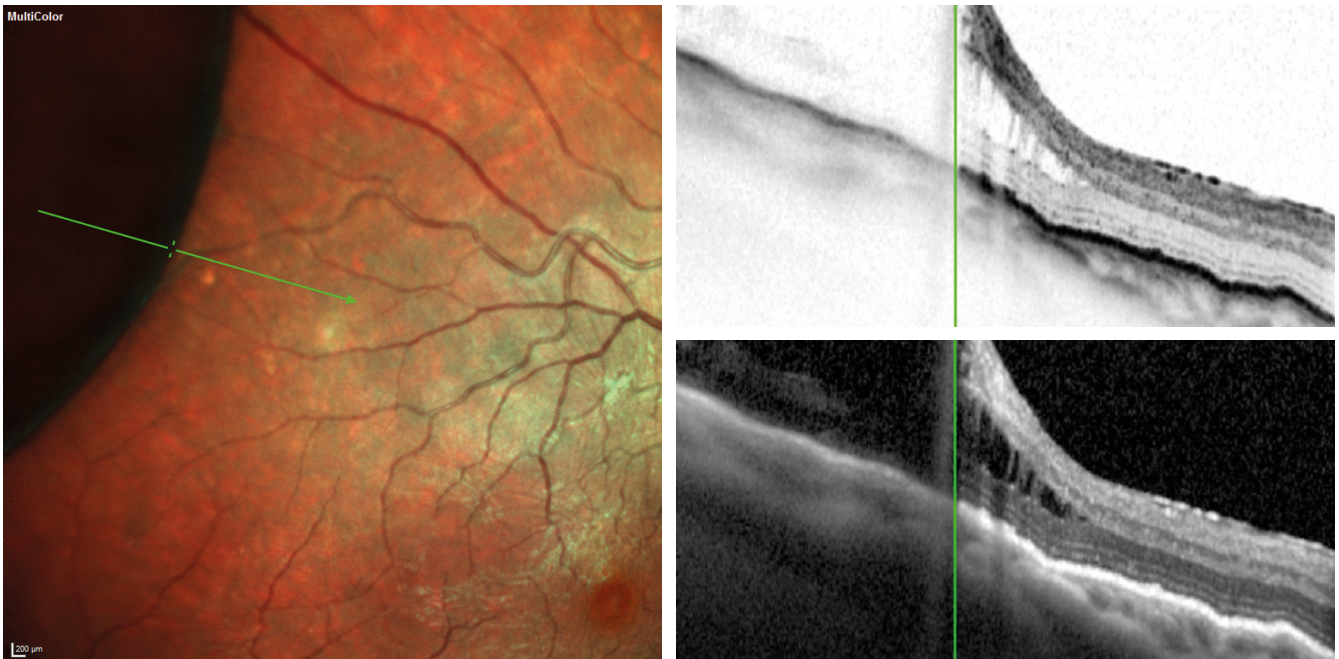


Abb. 37: Retinoschisis

Harte Exsudate zeigen sich im OCT-Bild vor allem als hyperreflektive Gruppierungen, vorrangig in der äußeren plexiformen Schicht (Abb. 38). Im Vergleich zu hyperreflektiven Punkten können harte Exsudate funduskopisch detektiert werden.

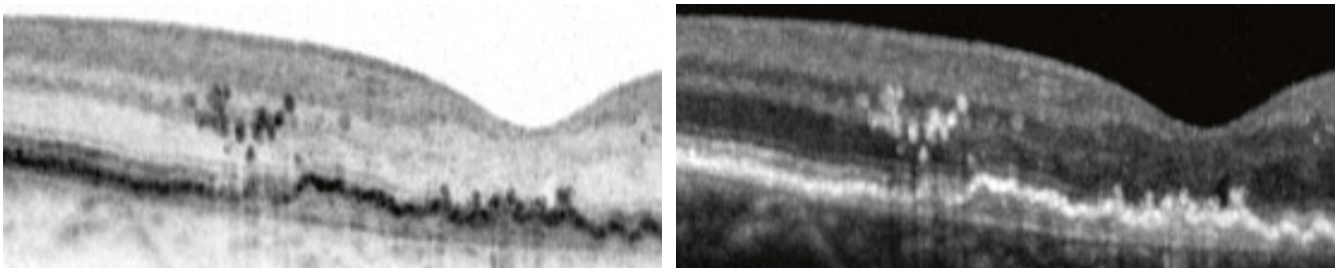


Abb. 38: Harte Exsudate, vor allem begrenzt auf die innere plexiforme Schicht

Hyperreflektive Punkte, die im OCT-Bild über alle Schichten hinweg gleichmäßig verteilt sind, können von harten Exsudaten abgegrenzt werden (Abb. 39). Diese hyperreflektiven Punkte haben keine Analogien zu Auffälligkeiten im IR-Bild und werden als Vorstufen harter Exsudate angesehen (Bolz, Ophthalmology 2009, 116:914-920).

Bei feuchter AMD können hyperreflektive Punkte sowohl anfänglich, als auch in späteren Stadien beobachtet werden. Ein schnelles Ansprechen auf die Therapie sowie die wachsende Rolle entzündlicher Prozesse im Rahmen der AMD lassen vermuten, dass es sich bei den hyperreflektiven Punkten um aktivierte Mikrogliazellen handelt (Coscas, Ophthalmologica 2013, 229:32-37).

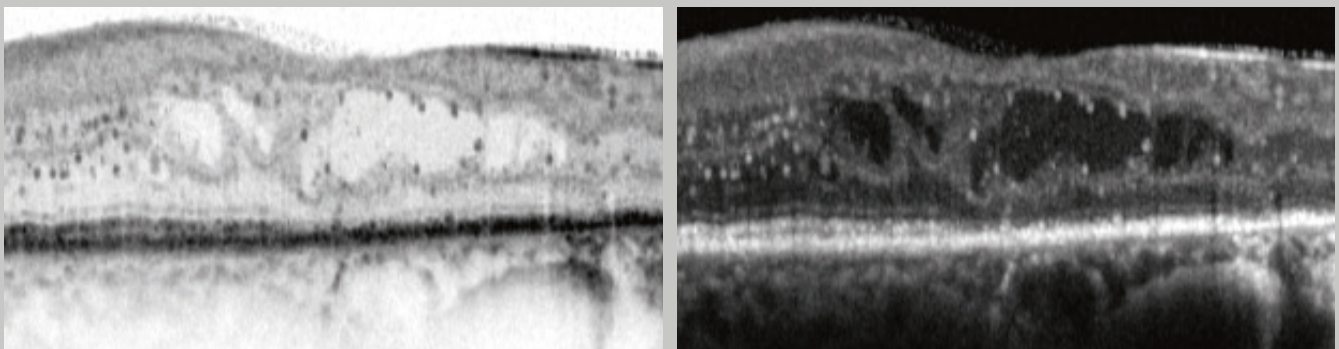


Abb. 39: Hyperreflektive Punkte, sichtbar in allen Netzhautschichten

4 Veränderungen in den äußeren Netzhautschichten

4.1 Integrität der äußeren Netzhautschichten

Die äußere Grenzmembran (ELM), hervorgehoben mittels roter Pfeile, bildet die Grenze zwischen den inneren und äußeren Netzhautschichten. Wichtigstes Beurteilungskriterium der ELM - sowie der darunterliegenden Banden - ist deren Intaktheit. In gesunden Augen zeigt die OCT-Bande PR1 (hervorgehoben in Orange) im Bereich der Fovea eine kleine physiologische Anhebung.

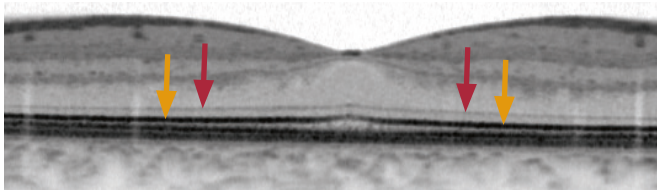
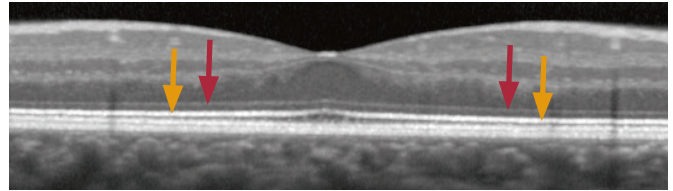


Abb. 40: Rote Pfeile zeigen auf die ELM; orange auf PR1



Um volle Funktionalität zu gewährleisten, muss die OCT-Bande PR1 durchgängig vorhanden sein. Sehverluste korrelieren oft mit einer Unterbrechung dieser OCT-Bande. Das vollständige Fehlen der OCT-Bande PR1 sorgt für massive Sehverluste (Abb. 41).

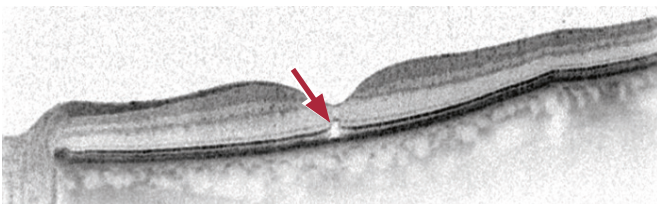
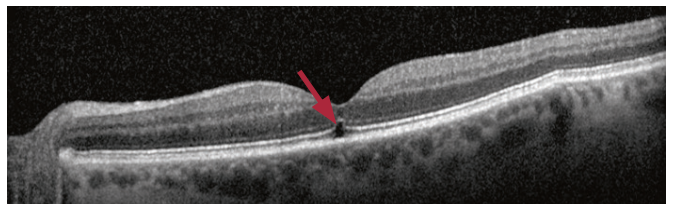


Abb. 41: Unterbrechung der OCT-Bande PR1



Beim Auftreten von Drusen bleibt die Durchgängigkeit der OCT-Bande PR1 in der Regel erhalten, es können jedoch Dislokationen im Bereich der Drusen auftreten.

Retikuläre Pseudodrusen (Abb. 42) sind üblicherweise als wellenförmige Struktur in OCT-Bildern detektierbar und erstrecken sich zwischen dem RPE/Bruch'sche-Membran-Komplex und der PR1-Bande. Die äußere Grenzmembran bleibt meist unverändert, dennoch können im OCT-Bild gelegentlich Spitzen sichtbar werden, die die äußere Grenzmembran durchbrechen.

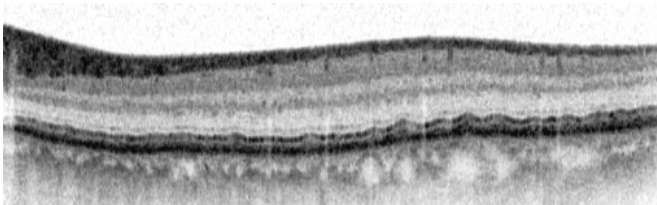
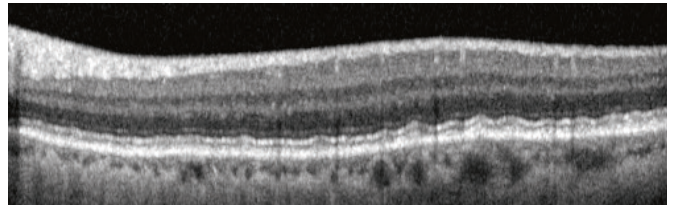


Abb. 42: Retikuläre Pseudodrusen



4.2.2 Outer Retinal Tubulations (ORTs)

ORTs werden als Umstrukturierung der Fotorezeptorschicht bei fortgeschrittener AMD angesehen. Sie werden charakterisiert als runde oder ovale hyporeflektive Strukturen, die von einem hyperreflektiven Rand umgeben sind (Abb. 43).

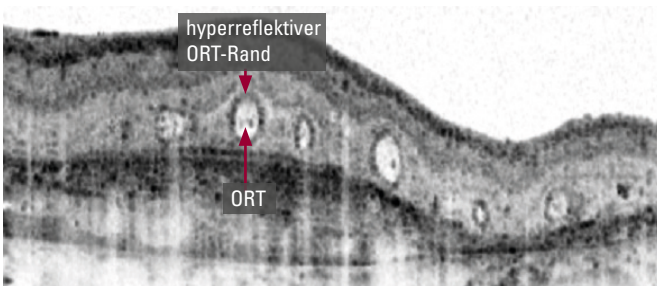
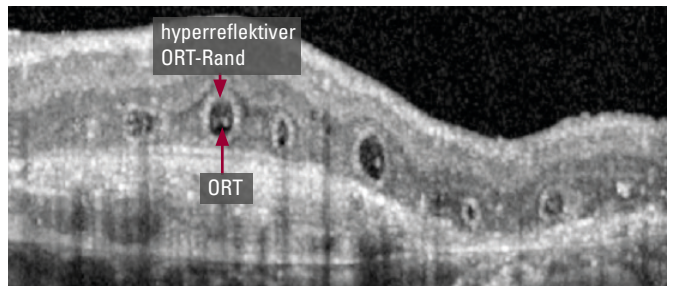


Abb. 43: Outer retinal tubulations



Transverse Section Analysis (TSA) in 60 s



TSA-Bildaufnahme

- i** Die **Transverse Section Analysis (TSA)** ist nur für Volumenscans mit einer Scandichte von maximal 60 Mikrometern verfügbar. Zudem wird empfohlen, Aufnahmen im HR-Modus (high resolution) durchzuführen, da die Anzahl der Datenpunkte innerhalb eines OCT-Scans verdoppelt wird und damit die Qualität des transversalen Bildes erheblich verbessert werden kann.

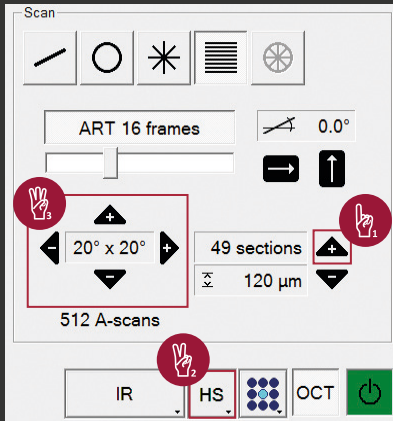


Abb. 44: Aufnahme Fenster

Das voreingestellte Scanmuster <<Detail>> (49 Scanlinien mit einer Scandichte von 30 Mikrometern, HR-Modus) erfüllt diese Voraussetzungen.

Andernfalls kann jeder OCT-Volumenscan individuell angepasst werden (Abb. 44):

- 1 Erhöhen Sie die Anzahl der OCT-Schnittbilder über .
- 2 Drücken Sie <<HS>> und wählen Sie <<HR>>.
- 3 Die höhere Anzahl an OCT-Schnittbildern führt zu einer längeren Scandauer. Dies kann durch Verkleinern des Scanfeldes – unter Berücksichtigung der zu untersuchenden Pathologie – via und/oder kompensiert werden.

TSA-Bildanalyse

- i** Die TSA veranschaulicht die Lokalisation sowie das Ausmaß der Pathologie und kann z.B. bei ORTs einen zusätzlichen Nutzen darstellen: Trotz ihrer typischen Erscheinungsform können ORTs im OCT-Bild mitunter als Flüssigkeit fehlinterpretiert werden. Das transversale OCT-Bild zeigt jedoch ein Röhrensystem, das sich klar von Zysten unterscheidet (Freund, Arch Ophthalmol. 2012;130(12):1618-1619).

- 1 Wählen Sie die Registerkarte <<3D View>>.
- 2 Wählen Sie die Option <<Transverse>>.
- 3 Wählen Sie die adäquate Volumen-Schicht (engl. „Slab“).
- 4 Wählen Sie abhängig der Reflektivität der Pathologie <<max/min/mean>>, um im transversalen OCT-Bild die maximalen, minimalen oder mittleren Reflektivitätswerte innerhalb der Volumen-Schicht anzuzeigen.

Bild 1: 3D-Ansicht

Bild 2: Transversales OCT-Bild

Bild 3: Orthogonales OCT-Bild

Bild 4: Originales OCT-Bild

Abb. 45: Transverse Section Analysis

Preset: Volumen-Schicht

(<<Transverse Analysis>>):

- Volumen-Schicht (engl. „Slab“) wählen
- Die roten Segmentierungslinien in Bild 4 ziehen oder in Bild 2 klicken und scrollen
- Dicke der Volumen-Schicht via anpassen

Volumen-Schicht in Abhängigkeit der Pathologie anpassen

Entlang der Netzhautschichten (orange):

- <<Reference>>: Netzhautschicht wählen*
- <<To>>: Wahl der Netzhautschicht* oder manuelle Eingabe von Dicke [µm] und Abstand [µm] via <<User-defined>> <<Thickness>> <<Distance>>

*Die Segmentierung aller Netzhautschichten muss im Vorfeld erfolgen: Rechtsklick auf das Vorschaubild und <<Segmentation>> <<All Layers>> anwählen.

5 Veränderungen im sub-neuroretinalen Raum/Sub-RPE-Raum

5.1 Neurosensorische Abhebung

Neurosensorische Abhebungen können anhand des OCT-Bildes von Pigmentepithelabhebungen unterschieden werden. Eine Ergänzung in der Diagnosestellung bietet die Fluoreszeinangiografie, die mit der OCT-Bildgebung kombinierbar ist. Chronische neurosensorische Abhebungen führen typischerweise zu einer Verdickung der Fotorezeptorschicht (siehe Abb. 46).

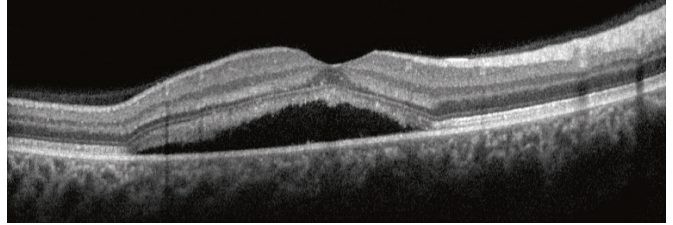
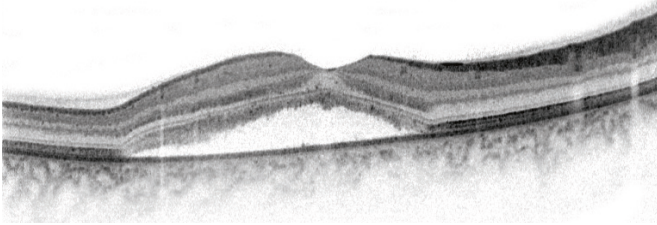


Abb. 46: Neurosensorische Abhebung

5.2 Retinales Pigmentepithel (RPE) und Bruch'sche Membran (BM)

Harte Drusen (Abb. 47) zeigen sich als punktförmige Verdickungen oder als kleine umschriebene Vorwölbungen der RPE-Bande mit gleicher oder geringerer Reflektivität. Die Bruch'sche Membran ist als hyperreflektive Struktur unterhalb der Drusen meist klar abgrenzbar. Die Reflektivität der Bruch'schen Membran bleibt meist unverändert.

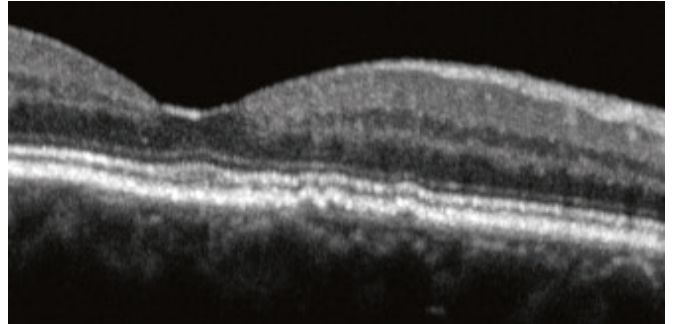
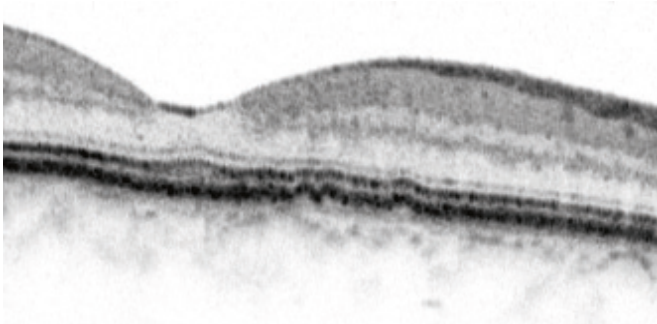


Abb. 47: Harte Drusen

Weiche Drusen (Abb. 48) stellen sich als breitflächige Vorwölbungen im Bereich des RPE dar. Die Bruch'sche Membran ist als hyperreflektive Struktur unterhalb der Drusen meist klar abgrenzbar. Die Reflektivität der Aderhaut bleibt i.d.R. unverändert.

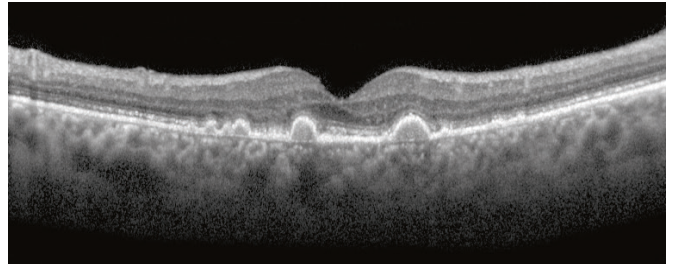
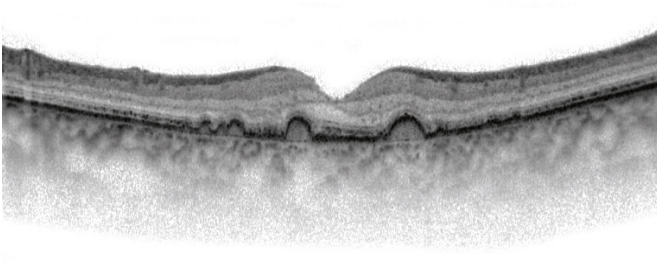


Abb. 48: Weiche Drusen

Weiche Drusen können sich im Verlauf verbinden (Abb. 49). Sie zeigen sich dann als **konfluierende Abhebungen** von RPE und PR1 mit unveränderter Reflektivität des darunter liegenden Gewebes.

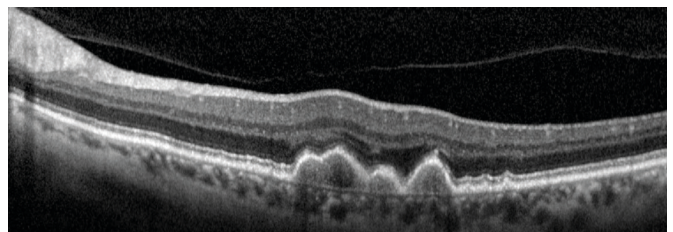
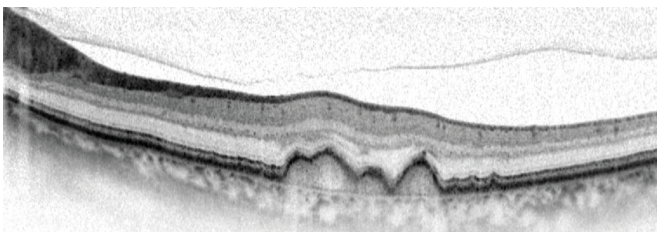


Abb. 49: Konfluierende Drusen

Abhängig vom Material zwischen RPE und BM können AMD-assoziierte retinale **Pigmentepithelabhebungen** (PED) in serös, drusenoid und fibrovaskulär unterteilt werden (Abb. 50). Seröse PEDs treten selten auf und sind durch eine kuppelartige hyporeflektive RPE-Abhebung gekennzeichnet. Die Fläche unterhalb des RPEs erscheint optisch leer (A). Im Gegensatz dazu zeigen sowohl Drusen mit extrazellulärem Material als auch fibrovaskuläre Gebilde dichte hyperreflektive Strukturen unterhalb des RPEs. Fibrovaskuläre PEDs erscheinen inhomogen (C), während sich drusenoiden PEDs homogener darstellen (B).

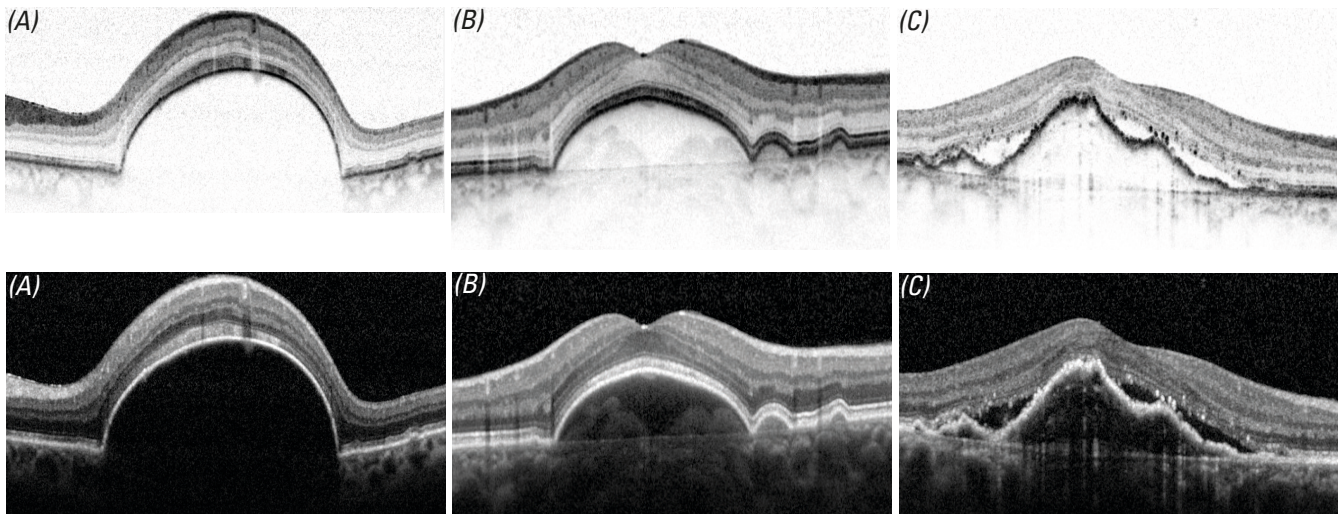


Abb. 50: RPE-Abhebung mit (A) Flüssigkeit, (B) drusenoider Ablagerung und (C) choroidaler Neovaskularisation

Ein **Pigmentepithelriss** lässt sich am besten darstellen, wenn das OCT-Schnittbild senkrecht zum Riss ausgerichtet ist. An der Rissstelle wird deutlich, dass die RPE-Bande abrupt abbricht. Mitunter lässt sich der eingerollte Rand des Pigmentepithels darstellen (Abb. 51).

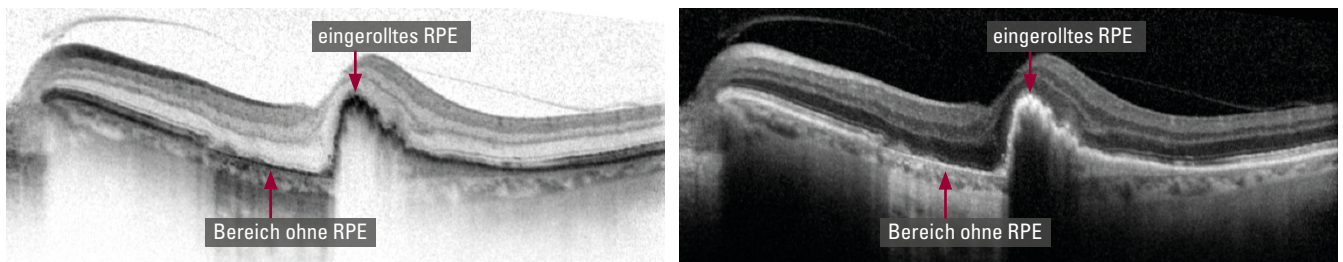


Abb. 51: RPE-Riss

Hypopigmentierungen (Verlust von Pigmentepithelzellen und Fotorezeptorzellen) des RPEs erhöhen den Kontrast der darunterliegenden Aderhaut. Man spricht daher auch von einem **Fensterdefekt**. Fensterdefekte korrelieren mit **atrophischen Arealen**, die sich optimal in BluePeak-Blue-Laser-Autofluoreszenz-Aufnahmen abbilden lassen (Abb. 52-53).

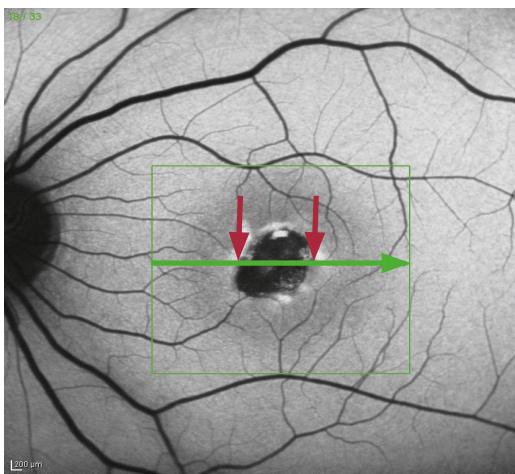


Abb. 52: Deutlich abgrenzbares atrophisches Areal in der Aufnahme mit BluePeak-Blue-Laser-Autofluoreszenz

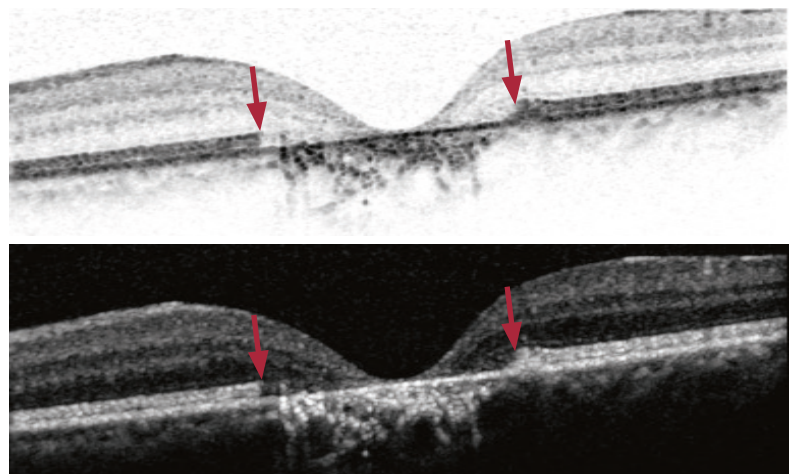


Abb. 53: Die im OCT-Bild sichtbaren Fensterdefekte korrelieren mit dem atrophischen Areal in der Aufnahme mit BluePeak-Blue-Laser-Autofluoreszenz

5.3 Aderhaut

Zur Aderhautbeurteilung sollte die EDI-Funktion (Enhanced Depth Imaging) Anwendung finden. Für Aderhautaufnahmen mit dem OCT ist der EDI-Modus obligatorisch. Beim Einsatz des OCT2-Moduls (hoher Kontrast vom Glaskörper bis zur Aderhaut) im klinischen Alltag ist der EDI-Modus nicht zwingend nötig, im Rahmen von klinischen Studien jedoch weiterhin empfohlen.

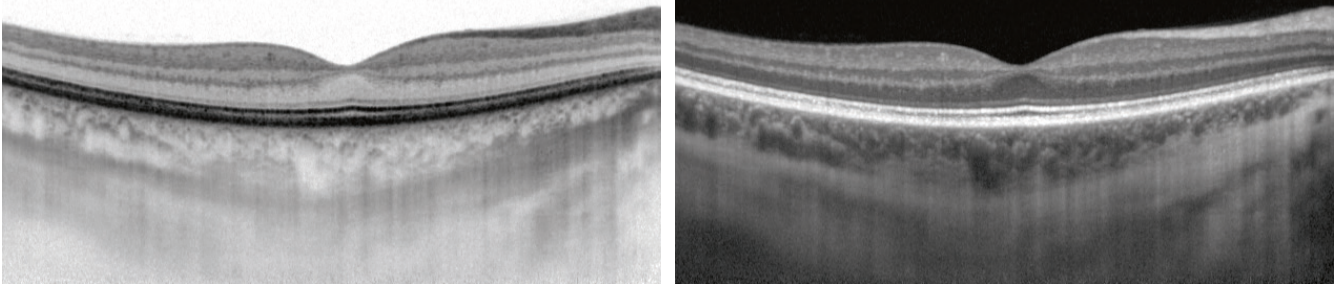


Abb. 54: OCT-Aufnahme mit EDI



Bitte beachten Sie, dass OCT-Schnittbilder mit EDI nicht segmentiert werden können!

Neovaskularisationsmembranen bestehen aus neugebildeten fibrovaskulären Netzwerken, die der Aderhaut entspringen. In selten Fällen **retinaler angiomatöser Proliferation (RAP)** können solche Membranen auch retinalen Kapillaren entspringen. Das Einsprossen der Neovaskularisationsmembranen zeigt sich im OCT-Bild als deutliche Unterbrechung des RPEs (Abb. 55-56).

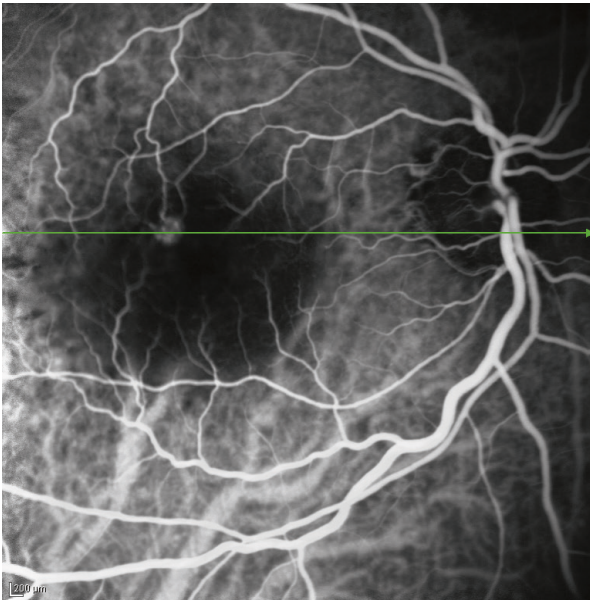


Abb. 55: ICG-Angiografie: Die Position des simultan aufgenommenen OCT-Bildes wird grün angezeigt

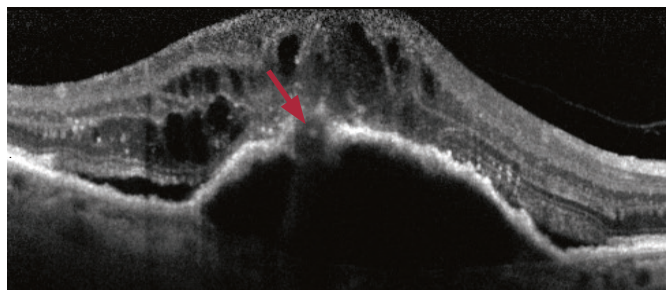
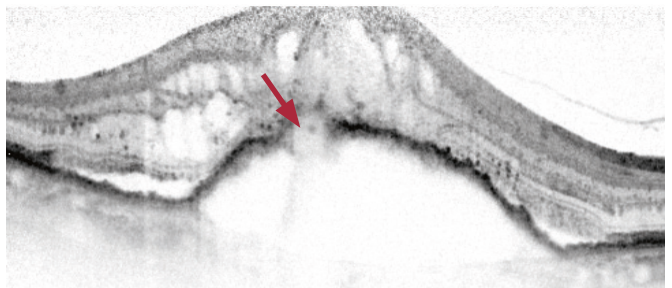


Abb. 56: Unterbrechung des RPEs durch einsprossendes Gefäß im OCT-Bild deutlich sichtbar



Fibrose

Narben zeigen sich als hochreflektive, relativ homogene Verdickungen. Durchbrechen sie mehrere Schichten, ist der normale Netzhautaufbau nicht mehr zu erkennen (Abb. 57). In den angrenzenden Schichten sind häufig zystoide Hohlräume vorzufinden.

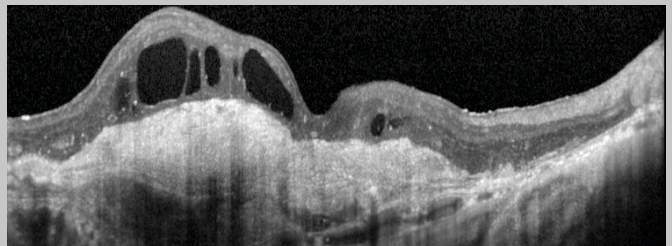
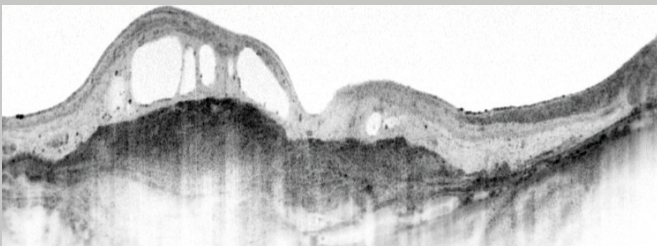


Abb. 57: Junius Kuhnt'sche Makulopathie



Drusenpapille

Physiologisch erzeugt die Papille in der BluePeak-Blue-Laser-Autofluoreszenz (BAF) kein Signal und erscheint schwarz. **Drusenpapillen** weisen hingegen in der BAF-Aufnahme eine Hyper-Autofluoreszenz auf (Abb. 58). Im OCT-Bild sind sie als hyporeflektive Areale sichtbar. Unter Verwendung der EDI-Funktion können mitunter verdeckte Drusenpapillen ausfindig gemacht werden, weshalb EDI – neben BAF und Ultraschall – Teil einer multimodalen Papillenbeurteilung sein sollte (Abb. 59).

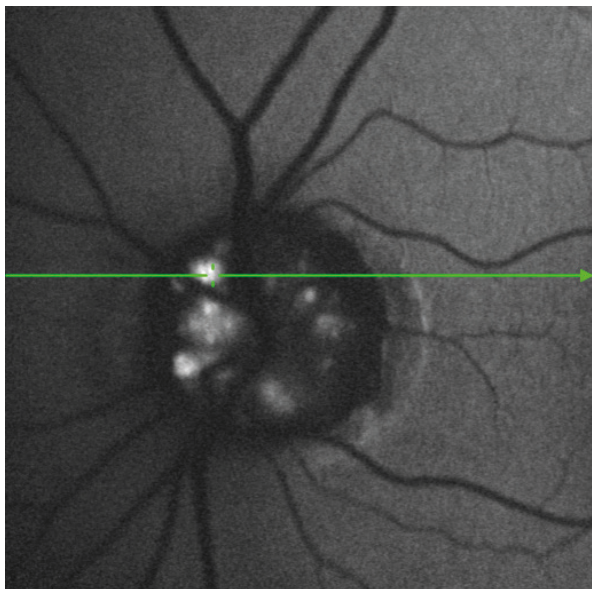


Abb. 58: Autofluoreszenz der Drusenpapille in einer BAF-Aufnahme

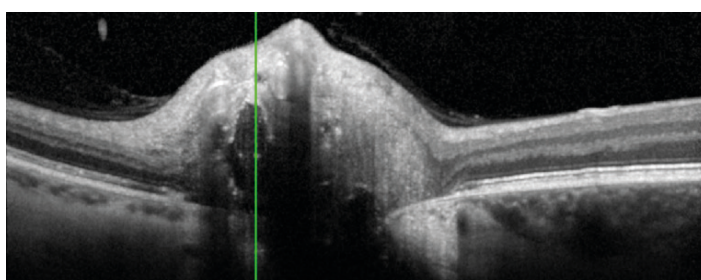
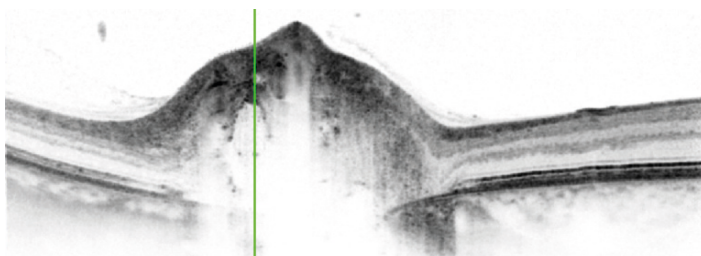


Abb. 59: Drusenpapillen erscheinen im OCT-Bild als hyporeflektive Areale

Aderhautnävus

Während **Aderhautnävi** in IR-Bildern typischerweise als hyperreflektive Bereiche erscheinen (Abb. 60), zeigen sie sich im OCT-Bild als lichtabsorbierende Strukturen (Abb. 61): unter den Nävi liegendes Gewebe ist nicht sichtbar.



Abb. 60: Nävi erscheinen als hyperreflektive Bereiche im IR-Bild

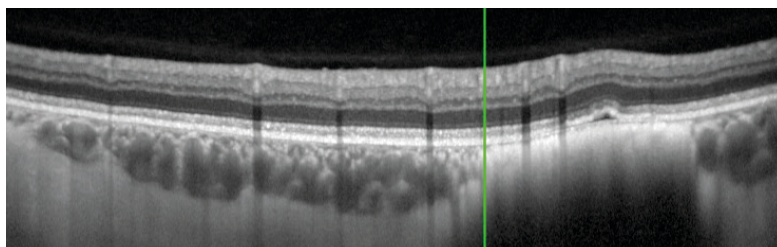
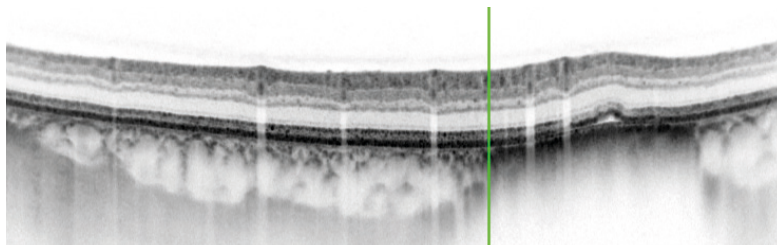


Abb. 61: Durch Nävi hervorgerufene Schatten im OCT-Bild

Begriffe und Definitionen

AMD	Altersbedingte Makuladegeneration
BAF	BluePeak-Blue-Laser-Autofluoreszenz
BM	Bruch'sche Membran
BMO	Bruch's Membrane Opening, <i>Bruch'sche Membranöffnung</i>
BMO-MRW	Bruch's Membrane Opening-based Minimum Rim Width, <i>BMO-basierte minimale Randsaumbreite</i>
BR	Blau-Reflexion
DMÖ	Diabetisches Makulaödem
EDI	Enhanced Depth Imaging
ELM	External Limiting Membrane, <i>Äußere Grenzmembran</i>
FTMH	Full Thickness Macular Hole, <i>Durchgreifendes Makulaforamen</i>
GCL	Ganglion Cell Layer, <i>Ganglienzellschicht</i>
GMPE	Glaukom Modul Premium Edition
ICG	Indocyaningrün
ILM	Internal Limiting Membrane, <i>Innere Grenzmembran</i>
INL	Inner Nuclear Layer, <i>Innere Körnerschicht</i>
IPL	Inner Plexiform Layer, <i>Innere Plexiforme Schicht</i>
IR	Infrarot Reflexion
LMH	Lamellar Macular Hole, <i>Makulaschichtforamen</i>
MRW	Minimum Rim Width, <i>Minimale Randsaumbreite</i>
MPH	Macular Pseudo Hole, <i>Pseudomakulaforamen</i>
OCT	Optical Coherence Tomography, <i>Optische Kohärenztomografie</i>
ONH	Optic Nerve Head, <i>Sehnervenkopf</i>
ONH-RC	Optic Nerve Head-Radial Circle, <i>Sehnervenkopf - Radialkreis</i> : Das ONH-RC-Scanmuster verbindet einen Radialscan und drei konzentrische Kreisscans, die vom Anatomischen Positionierungssystem (APS) auf den Sehnervenkopf zentriert werden.
ONL	Outer Nuclear Layer, <i>Äußere Körnerschicht</i>
OPL	Outer Plexiform Layer, <i>Äußere Plexiforme Schicht</i>
ORT	Outer Retinal Tubulations
PPoleH	Posterior Pole, <i>Hinterer Augenpol</i> (horizontal ausgerichtete Scanlinien)
PR	Photoreceptor Layers (PR1/PR2), <i>Fotorezeptorschichten (PR1/PR2)</i>
RNFL	Retinal Nerve Fiber Layer, <i>Retinale Nervenfaserschicht</i>
RNFLT	Retinal Nerve Fiber Layer Thickness, <i>Dicke der retinalen Nervenfaserschicht</i>
RAP	Retinale Angiomasöse Proliferation
RPE	Retinales Pigmentepithel
TSA	Transverse Section Analysis
VMA	Vitreomakuläre Adhäsion
VMT	Vitreomakuläre Traktion

[illegible]

Für die zur Verfügung gestellten Bilder bedanken wir uns herzlich bei:

Prof. Wolf, Universitätsklinik für Augenheilkunde, Inselspital Bern, Schweiz

Prof. Staurenghi, Universitätsklinikum Mailand, Italien

Prof. Holz, Universitäts-Augenklinik Bonn

PD Schmitz-Valckenberg, Universitäts-Augenklinik Bonn

PD S. Liakopoulos, Uniklinik Köln, Zentrum für Augenheilkunde

Prof. Asrani, Duke University, Eye Center Durham, USA

Prof. Mardin, Augenklinik, Universitätsklinikum Erlangen

Dr. med. Clemens, Klinik für Augenheilkunde, Universität Münster

Prof. Paul, Neurodiagnostiklabor, Charité Berlin



Firmenzentrale

Heidelberg Engineering GmbH · Max-Jarecki-Straße 8 · 69115 Heidelberg · Deutschland
Tel. +49 6221 6463-0 · Fax +49 6221 646362

Australien

Heidelberg Engineering Pty Ltd. · 404 Albert St. · East Melbourne 3002 · Victoria · Australien
Tel. +61 396 392 125 · Fax +61 396 392 127

Schweiz

Heidelberg Engineering GmbH · Alte Winterthurerstrasse 88 · 8309 Nürensdorf · Schweiz
Tel. +41 (0) 44 8887 020 · Fax +41 (0) 44 8887 024

Großbritannien

Heidelberg Engineering Ltd. · 55 Marlowes · Hemel Hempstead · Hertfordshire HP1 1LE · Großbritannien
Tel. +44 1442 502 330 · Fax +44 1442 242 386

www.HeidelbergEngineering.com