

BMO-Positionierung und OCT- Interpretation bei Glaukom

SPECTRALIS®

Glaukom Modul Premium Edition



**HEIDELBERG
ENGINEERING**



ACADEMY

Diese Broschüre dient als Interpretationsleitfaden für die Glaukom Modul Premium Edition des SPECTRALIS® OCT. Sie ist kein Ersatz für klinische Erfahrung und Beurteilung. Bei der Diagnose und Behandlung des Patienten muss jeder Arzt alle verfügbaren Daten analysieren, interpretieren und individuelle klinische Entscheidungen auf Grundlage seiner klinischen Erfahrung und Beurteilung treffen. Die Diagnose obliegt dem Arzt.

Die Glaukom Modul Premium Edition bietet eine objektive Methode zur Untersuchung des Sehnervenkopfes (ONH), welche die Analyse des neuroretinalen Randsaumes, der retinalen Nervenfaserschichtdicke und der Ganglienzellschichtdicke kombiniert. Die folgende Anleitung enthält umfassende Erläuterungen zum physiologischen und technischen Hintergrund, zur korrekten Positionierung der Bruch'schen Membranöffnung (BMO), zu den verfügbaren Scanmustern und zur Interpretation der ermittelten Daten.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1 Der Sehnervenkopf..... | 4 |
| 1.1 Der Sehnervenkopf in der OCT..... | 4 |
| 1.2 Der Papillenrand | 4 |
| 1.3 Das Erscheinungsbild der Bruch'schen Membran im Vergleich von Histologie und OCT | 5 |
|  Kurzanleitung: Prüfen der Bruch'schen Membranöffnung in 60 s | 6 |
| 2 Prüfen der Bruch'schen Membranöffnung | 7 |
| 2.1 Genereller Arbeitsablauf | 7 |
| 2.2 Stärken und Fallstricke der BMO-Detektion | 7 |
| 2.3 Die BMO bei PPA und Conus temporalis | 9 |
|  Kurzanleitung: Interpretation der GMPE Parameter in 60 s | 10 |
| 3 Interpretation der Daten | 11 |
| 3.1 Die BMO-basierte minimale Randsaumbreite (BMO-MRW)..... | 11 |
| 3.2 Die Dicke der retinalen Nervenfaserschicht (RNFLT)..... | 13 |
| 3.3 Die Posterior-Pole-Asymmetrie-Analyse | 15 |
| 4 Die Bedeutung der C-Curve | 16 |
| 5 Klinisches Beispiel..... | 17 |

1 Der Sehnervenkopf

1.1 Der Sehnervenkopf in der OCT

Abb. 1 zeigt den prälaminares Teil des Sehnervenkopfes, der sich von der Retinaoberfläche bis zur vorderen Lamina cribrosa erstreckt. Die nicht myelinisierten Axone der retinalen Ganglienzellen werden in Bündel aufgeteilt und sind von Astrozyten umgeben. Beide Strukturen, die retinalen Nervenfasern und die Astrozyten, bilden den neuroretinalen Randsaum.

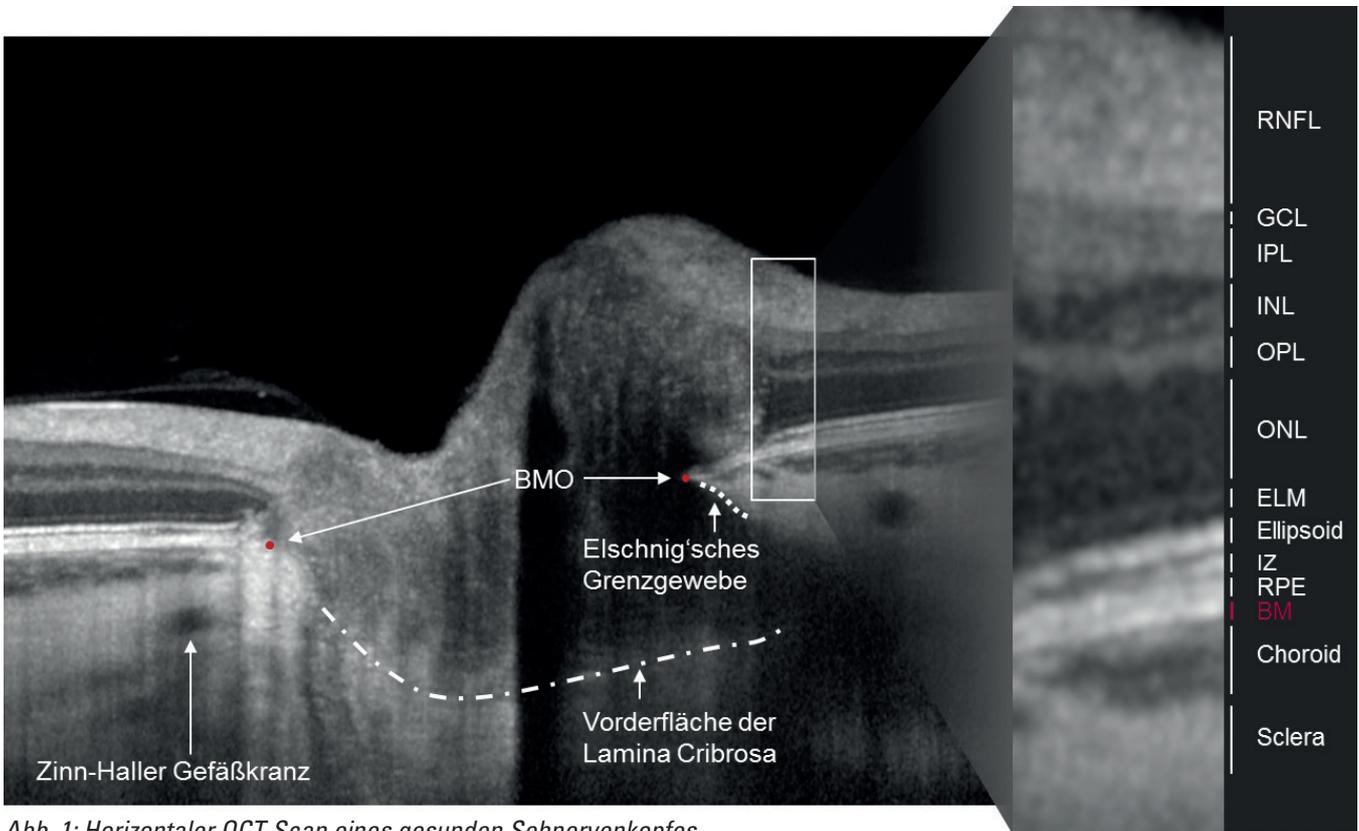


Abb. 1: Horizontaler OCT-Scan eines gesunden Sehnervenkopfes

1.2 Der Papillenrand

Für die Beurteilung der Papille ist die Identifizierung des Papillenrandes erforderlich. In der Ophthalmoskopie, der Papillenphotografie sowie der Scanning-Laser-Tomografie ist der Papillenrand als der innere Rand des Skleralringes, auch peripapillärer Elschnig'scher Ring genannt, definiert. Das Ende der Bruch'schen Membran (BM) – die Bruch'sche Membranöffnung (BMO) – ist erst in der OCT sichtbar. Sie stellt eine stabile Öffnung dar, durch die alle Axone das Auge verlassen. Da Blutgefäße und Axone die BM nicht durchdringen können, gilt die BM als die geeignete strukturelle Begrenzung der Papille.¹ Die Bruch'sche Membran kann sich über das Elschnig'sche Grenzgewebe (BT) hinaus ausdehnen oder diesem zurückstehen (Abb. 3).² Abb. 2 zeigt einen Vergleich zwischen dem BMO-basierten (rot) und dem klinisch bewerteten (grün) Papillenrand.

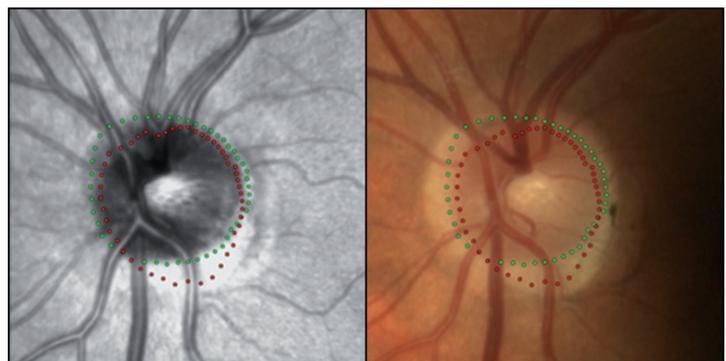


Abb. 2: BMO-basierter (rot) und klinisch bewerteter (grün) Papillenrand im IR-Bild (links) und in der Papillenphotografie (rechts)¹

1 CHAUHAN, BC et al.: From Clinical Examination of the Optic Disc to Clinical Assessment of the ONH: A Paradigm Change. Am J Ophthalmol. 2013; 156(2):218-227

2 REIS, AS et al.: Influence of Clinically Invisible, but Optical Coherence Tomography Detected, Optic Disc Margin Anatomy on Neuroretinal Rim Evaluation. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2012; 53(4):1852-1860.

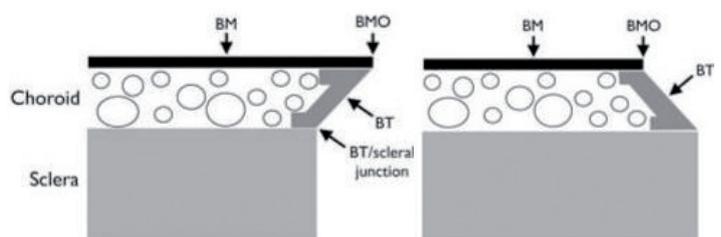


Abb. 3: Geneigte BM-Konfiguration: intern (links) und extern (rechts)²

1.3 Das Erscheinungsbild der BM im Vergleich von Histologie und OCT

Vergleiche zwischen Histologie und OCT-Bildern zeigen, dass die Darstellung der Schichtdicke im OCT-Bild nicht zwangsläufig mit der anatomischen Dicke korreliert. Während die BM bekanntermaßen eine sehr dünne anatomische Struktur ist (~2 - 5 Mikrometer)³, zeigt die OCT eine hyperreflektive Bande, die so dick ist wie das RPE (~14 Mikrometer)⁴. **Beachten Sie, dass die OCT Reflexionen an Grenzflächen detektiert.** Die wahrgenommene Dicke kann sich von der histologischen Dicke unterscheiden: Da die BM aus fünf einzelnen Schichten besteht⁴ (Abb. 4), kann die hohe Reflektivität an jeder Grenzschicht zu einem dickeren Gesamteindruck im OCT-Bild führen.

Abb. 4: Elektronenmikroskopische Darstellung der BM: (1) Basalmembran der Choriokapillaris, (2) Kollagenfaserschicht, (3) Schicht aus elastischen Fasern, (4) Kollagenfaserschicht, (5) Basalmembran des RPEs³

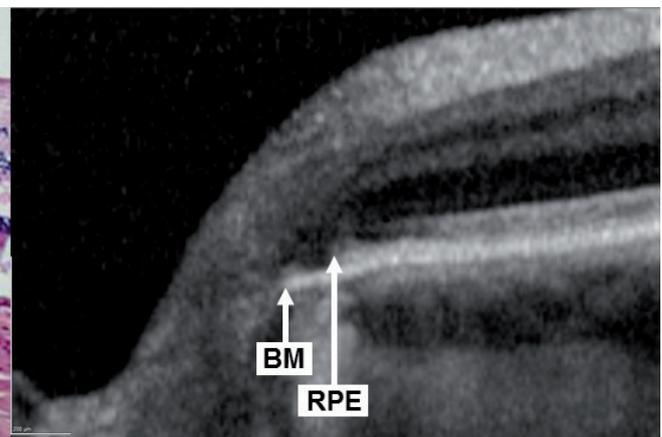
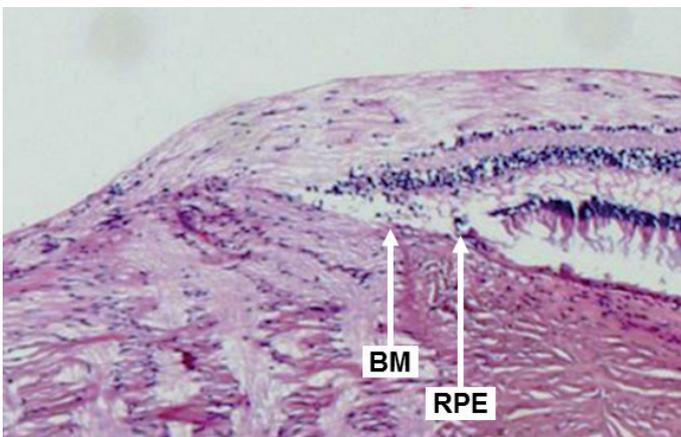


Abb. 5: Vergleich von Histologie und OCT (mit freundlicher Genehmigung von Prof. Mardin, Universität Erlangen)

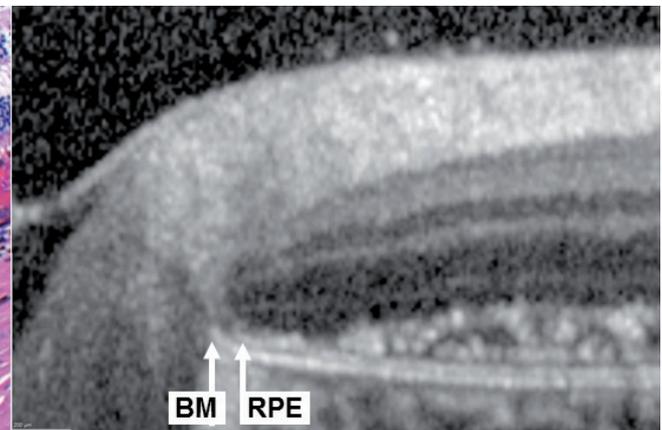
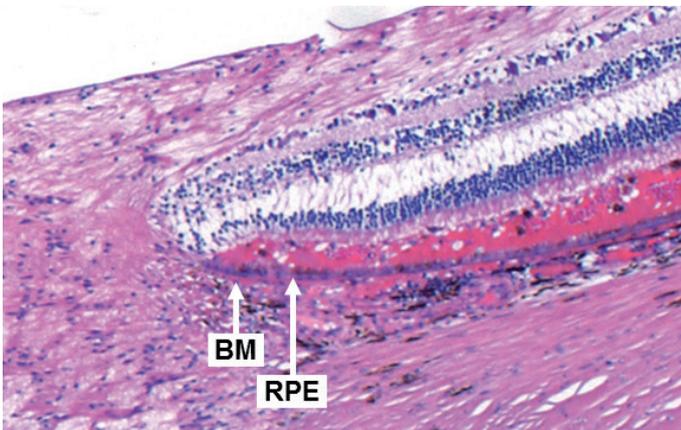


Abb. 6: Vergleich von Histologie und OCT bei einem Karzinom (mit freundlicher Genehmigung von Prof. Mardin, Universität Erlangen)

Abb. 5 und 6 zeigen einen Vergleich von Histologie und OCT des jeweils selben Auges. Während das RPE in der Histologie violett erscheint, ist die darunterliegende BM als dünne rosafarbene Struktur sichtbar. In Abb. 5. ist sowohl in der Histologie als auch im OCT-Bild eine Zone Beta erkennbar: während das RPE endet, läuft die BM weiter.

Darüber hinaus geht aus Abb. 6 hervor, dass RPE und BM – entgegen ihrer anatomischen Dicke – im OCT-Bild ähnlich breit erscheinen. RPE und BM sind außerdem eindeutig voneinander abgrenzbar, da deren reflektive Eigenschaften aufgrund der durch ein Karzinom verursachten neurosensorischen Abhebung verändert sind.

3 RAMRATTAN, Raan S. et al.: Morphometric Analysis of Bruch's Membrane, the Choriocapillaris, and the Choroid in Aging. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 1994; 35(6)

4 CURCIO, Christine A. et al.: Human Chorioretinal Layer Thicknesses Measured in Macula-wide, High-Resolution Histologic Sections. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 2011; 52(7)



Die BMO im cSLO-Bild prüfen

1 Den Sehnervenkopf kategorisieren



Wenn BM, RPE und Elschnig'sches Grenzgewebe gemeinsam enden, entspricht die BMO dem in der Funduskopie sichtbaren klinischen Papillenrand.



Peripapilläre Atrophie
Der innere Rand der PPA erscheint scharf begrenzt. Die BMO entspricht dem klinischen Papillenrand.



Conus temporalis
Der innere Rand des hyperreflektiven Konus ist verwachsen. Die BMO befindet sich am äußeren Rand.



PPA und Conus temporalis
Die BMO befindet sich inmitten des hyperreflektiven Bereiches, genau am inneren Rand der PPA.

2 Die BMO-Kontur prüfen

Alle BMO-Punkte sollten im IR-Bild eine gleichmäßige, typischerweise runde oder elliptische Kontur formen. Abrupte Zacken in der Konturlinie können auf eine ungenaue BMO-Positionierung hinweisen.

Werden Ausreißer detektiert, muss die BMO-Position im korrespondierenden OCT-Bild überprüft und wenn nötig geändert werden. Dabei sollte auf die benachbarten Scans geachtet werden.

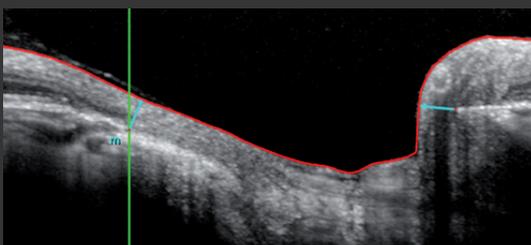


Die BMO im OCT-Scan prüfen

3 Eindeutige BMO-Punkte identifizieren

1 Prüfen Sie beim Scrollen durch die OCT-Scans die ILM-Segmentierung und suchen Sie nach eindeutig identifizierbaren BMO-Punkten.

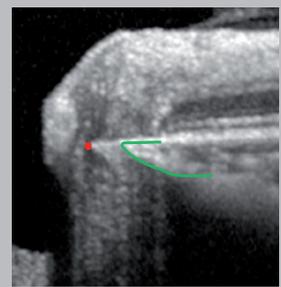
2 Platzieren Sie die grüne Markierungslinie an einem eindeutig erkennbaren BMO-Punkt und verwenden Sie diese als Orientierungshilfe, während Sie die benachbarten Scans prüfen.



3 Korrigieren Sie bei Bedarf die ILM und/oder BMO und drücken Sie auf Confirm.

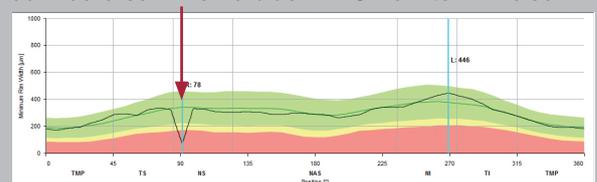


Es kann hilfreich sein, das keilförmige Ende der **Aderhaut** zu detektieren, um die BMO im OCT-Scan ausfindig zu machen. Da die Chorio-kapillaris (CC) nicht ohne Bruch'sche Membran existiert, endet die **BM** nie vor der CC, kann jedoch über diese hinausragen.

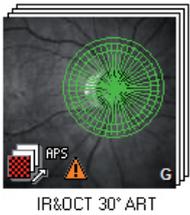


ALT + : Eine temporäre Änderung der OCT-Kontrastskala von der Standardeinstellung von 12 auf 16 kann zu einer besseren Sichtbarkeit der BMO-Punkte führen.

Ein unregelmäßiges, gezacktes MRW-Diagramm kann auf Ausreißer innerhalb der BMO-Punkte hinweisen.



2 Prüfen der Bruch'schen Membranöffnung



Das Ende der Bruch'schen Membran am Sehnervenkopf ist als Bruch'sche Membranöffnung (BMO) definiert. Die GMPE-Software detektiert innerhalb von 24 Scanlinien automatisch 48 BMO-Positionen entlang des Sehnervenkopfes, um den BMO-basierten Papillenrand zu bestimmen.

Nach der Aufnahme eines ONH-RC-Scans muss die BMO-Segmentierung überprüft und bestätigt werden. Solange die Bilder *unbestätigt* sind, enthält das Vorschau-Bild des Scans ein Warnsymbol (siehe Abbildung links). Die folgenden Schritte geben Tipps, wie die BMO-Punkte überprüft und richtig gesetzt werden.

2.1 Genereller Arbeitsablauf

- Um die BMO-Position zu bestätigen, öffnen Sie den aufgenommenen Scan, scrollen Sie durch die OCT-Bilder und beachten Sie die folgenden Schritte:
- Prüfen Sie in jedem OCT-Bild die rote Segmentierungslinie und stellen Sie sicher, dass sie die ILM korrekt repräsentiert. Ist dies nicht der Fall, korrigieren Sie die ILM via **<<Edit layer segmentations>>** .
- Prüfen Sie in jedem OCT-Bild die Position der roten BMO-Punkte und korrigieren Sie diese gegebenenfalls via **<<Edit Bruch's membrane end points>>** .
- Klicken Sie auf **Confirm**, um die BMO-Position und die ILM-Segmentierung zu bestätigen. Die Warnsymbole verschwinden daraufhin.



Abb. 7: Registerkarte BMO Rim Analysis

2.2 Stärken und Fallstricke der BMO-Detektion

Die BMO kann manchmal verborgen sein, z. B. durch ein darüber liegendes Blutgefäß, oder sie kann aufgrund ihrer ähnlichen Reflektivität nicht von benachbartem Gewebe unterschieden werden. In solchen Fällen können die folgenden Schritte dabei helfen, die BMO genau zu bestimmen:

› Kontrast optimieren

Es kann hilfreich sein, den Bildkontrast der OCT-Bilder über **<<ALT+ >>** oder über **<<Brightness & Contrast>>** zu ändern.

Eine Änderung des Kontrastes von der Standardeinstellung 12 auf z. B. 16 kann zu einer besseren Sichtbarkeit der BMO-Punkte führen, wie in Abb. 8 dargestellt.

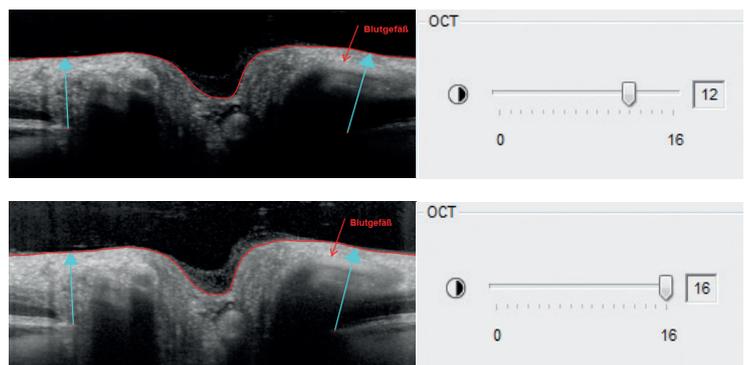


Abb. 8: BMO-Detektion nach Änderung der Kontrastskala von 12 auf 16

› Auf Aderhaut und Netzhautschichten achten

Es kann hilfreich sein, das keilförmige Ende der Aderhaut zu detektieren, um die BMO im OCT-Bild ausfindig zu machen. Da die Choriokapillaris nicht ohne Bruch'sche Membran existieren kann, endet die BMO nie vor der Choriokapillaris, kann jedoch über diese hinausragen.

Der blaue Pfeil zeigt die minimale Randsaumbreite. Da die minimale Randsaumbreite aus retinalen Nervenfasern und Astrozyten besteht, sollte der blaue Pfeil nicht die Netzhautschichten kreuzen.

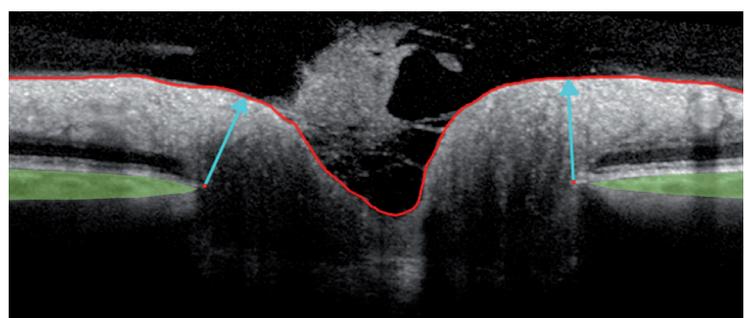
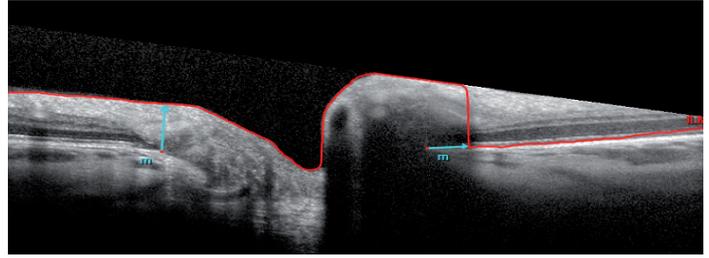
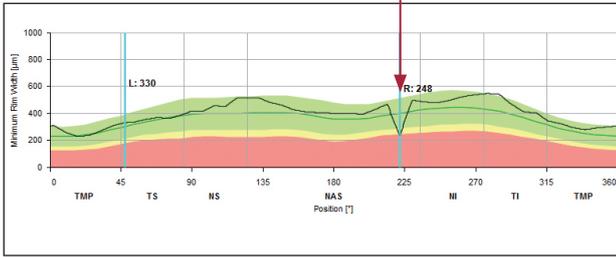


Abb. 9: Ende von Aderhaut (grün) und MRW (blauer Pfeil)

➤ Auf unregelmäßiges Dickenprofil achten

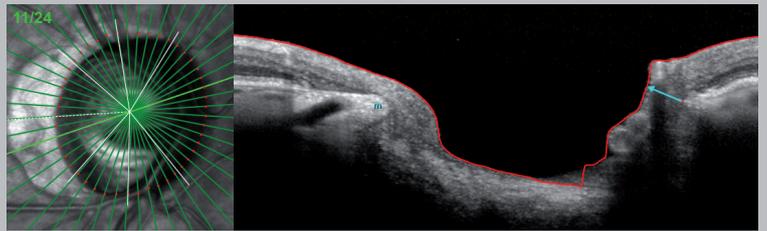
Ein unregelmäßiges und gezacktes MRW-Profil kann auf Ausreißer innerhalb der BMO-Punkte oder auf eine falsche ILM-Segmentierung hinweisen. Sie können die Segmentierung des entsprechenden OCT-Bildes prüfen, indem Sie die blauen vertikalen Linien auf die Kerbe im Dickenprofil platzieren. Im folgenden Beispiel war die Kamera zu nah am Patientenauge. Folglich wurde das OCT-Bild nicht ordnungsgemäß aufgenommen. In diesem Fall wird eine neue Aufnahme empfohlen.



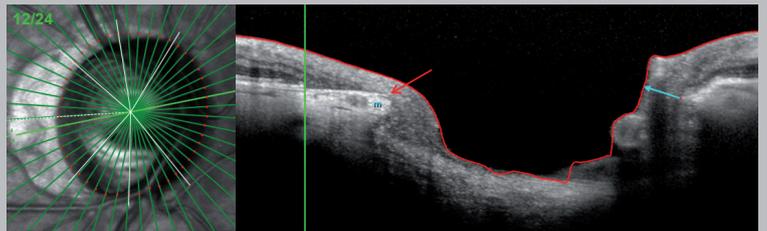
➤ Auf benachbarte Punkte achten



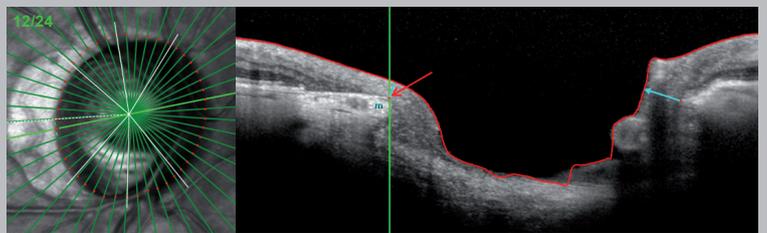
Die Abbildung rechts zeigt ein OCT-Bild (Scanlinie 11), in dem – aufgrund der ähnlichen Reflektivität der Schichten – der BMO-Punkt im temporalen Bereich nicht vom Grenzgewebe unterschieden werden kann.



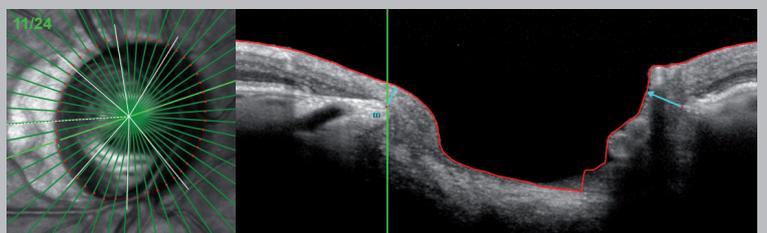
Ist es nicht möglich, den BMO-Punkt im OCT-Bild zu detektieren, scrollen Sie durch die benachbarten OCT-Bilder, bis ein BMO-Punkt eindeutig zu identifizieren ist. In der Abb. rechts (Scanlinie 12) zeigt die grüne Markierung auf das RPE-Ende und der rote Pfeil auf die BMO.



Ziehen Sie die grüne Markierung (Scanlinie 12) per Drag-and-Drop auf den identifizierten BMO-Punkt im OCT-Bild.

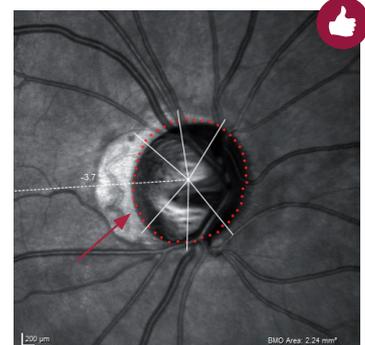


Wechseln Sie zurück zu dem OCT-Bild, in dem die BMO nicht detektierbar war (Scanlinie 11). Die grüne Markierung gibt einen Hinweis darauf, wo der rote Punkt positioniert werden sollte.



➤ BMO-Punkte im IR-Bild angleichen

Die GMPE geht von einer gleichmäßigen, typischerweise runden oder elliptischen, Form der BMO-Punkte im IR-Bild aus. Daher kann ein unregelmäßiges, gezacktes MRW-Profil auf Ausreißer innerhalb der BMO-Punkte hinweisen. Abweichungen sollten jedoch nicht nur aufgrund des IR-Bildes korrigiert werden. Vielmehr müssen Korrekturen im OCT-Bild anhand aller bereits aufgeführten Empfehlungen erneut geprüft werden.



2.3 Die BMO bei PPA und Conus temporalis

Der Sehnervenkopf kann im IR-Bild von einer hyperreflektiven Zone umgeben sein, die gewöhnlich im temporalen Papillenbereich deutlicher sichtbar ist. Diese Hyperreflexion kann z. B. durch peripapilläre Atrophie (PPA) oder durch Coni temporalis bei myopischen Augen verursacht werden. Während die Konturlinie beim HRT an den inneren Rand der hyperreflektiven Zone gesetzt wird, ermöglicht die OCT, die BMO als physiologische Begrenzung der Papille sichtbar zu machen. Abb. 10 zeigt eine Übersicht der verschiedenen peripapillären Zonen.

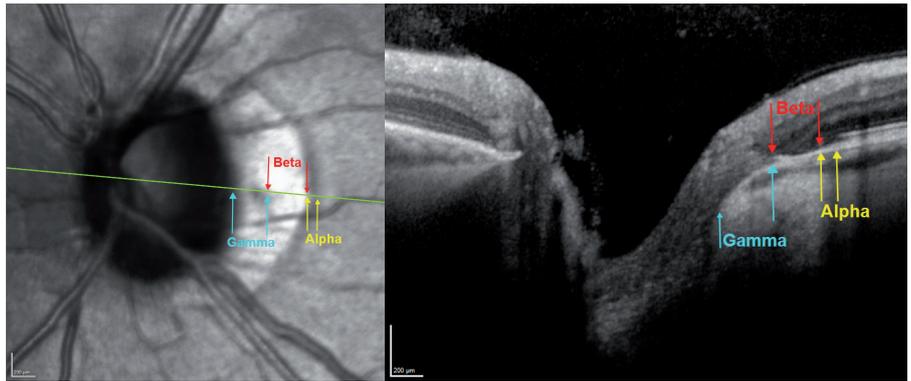


Abb. 10: Peripapilläre Zone Alpha (BM vorhanden, unregelmäßiges RPE), Zone Beta (BM vorhanden, kein RPE) und Zone Gamma (keine BM, kein RPE)

› PPA

Die klinische Beschreibung der PPA muss von den myopischen Koni unterschieden werden. Im Gegensatz dazu entspricht bei der PPA der äußere Rand der hyperreflektiven Zone (Abb. 11) dem RPE-Ende (grüne Markierung), und nicht der BMO. Aufgrund der Abwesenheit des temporalen RPEs kann mehr Licht in die darunterliegenden Strukturen dringen, sodass sie im OCT hyperreflektiv erscheinen. Die BM endet gemeinsam mit Aderhaut und Sklera. Die BMO wurde korrekt an den inneren Rand der hyperreflektiven Zone gesetzt.

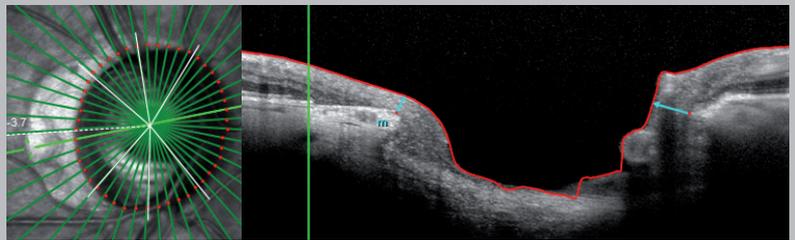


Abb. 11: Peripapilläre Atrophie



Die BMO befindet sich am inneren Rand der Zone Beta.

› Conus temporalis

Abb. 12 zeigt einen Sehnervenkopf mit einer temporalen myopischen Sichel. Wie im temporalen OCT-Bild dargestellt, enden die Bruch'sche Membran und die Aderhaut früher als das Elschnig'sche Grenzgewebe. Das Fehlen von RPE und Aderhaut ermöglicht eine direkte Sicht auf die Sklera und führt im IR-Bild somit zu einer weißen, scharf abgegrenzten Zone, der Zone Gamma. Wie im IR-Bild erkennbar ist, wurde die BMO korrekt am äußeren Rand der hyperreflektiven Zone detektiert.

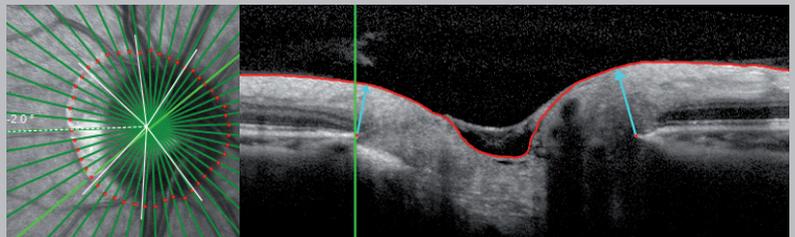


Abb. 12: Conus temporalis



Die BMO befindet sich am äußeren Rand der Zone Gamma.

› PPA und Conus temporalis

Weiterhin sind Kombinationen von PPA und Koni möglich, z. B. in schräg austretenden myopischen Papillen wie in Abb. 13. Im IR-Bild entspricht der äußere Rand der hyperreflektiven Zone dem RPE-Ende (grüne Markierung), während der innere Rand mit dem skleralen Ende korreliert. Die BM ragt über das RPE hinaus. Daher befindet sich die BMO inmitten der hyperreflektiven Zone – am äußeren Rand der Zone Gamma bzw. am inneren Rand der Zone Beta.

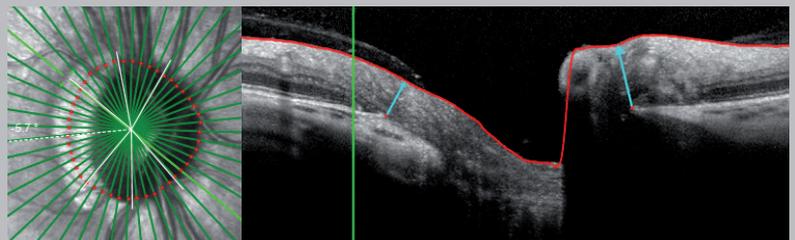


Abb. 13: Kombination von PPA und Conus temporalis



Die BMO befindet sich am inneren Rand der Zone Beta = äußerer Rand der Zone Gamma.



ONH-RC-Scan

1 BMO-Randsaum-Analyse

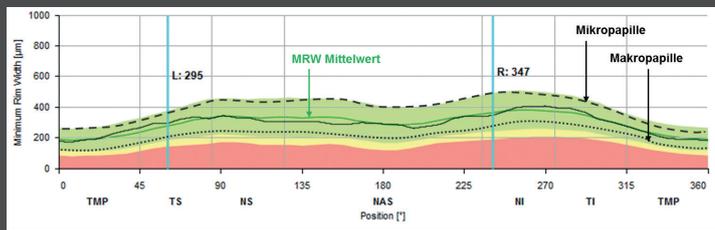
Prüfen Sie die Papillengröße mithilfe der angegebenen BMO-Fläche und beachten Sie folgendes:



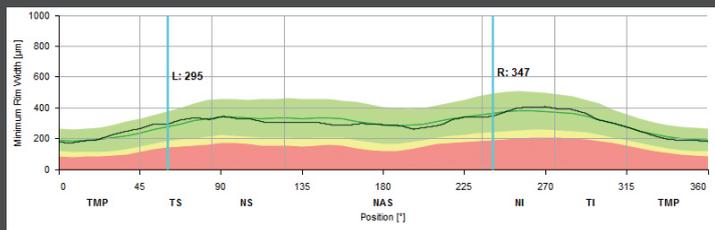
Mikropapille: MRW-Profil oberhalb des grünen mittleren Profils



Makropapille: MRW-Profil unterhalb des grünen mittleren Profils



Vergleichen Sie das jeweilige BMO-MRW-Profil (schwarz) mit der an die BMO-Fläche und das Alter angepassten Referenzdatenbank (grün). Die schwarze Kurve sollte zwei leichte Hügel aufweisen, die nicht unter das nasale Dickenprofil fallen, andernfalls ist die ISNT-Regel nicht erfüllt. Im Falle von RNFL-Defekten treten Kerben auf.



2 RNFL-Dickenprofil



Gleichmäßiger Anstieg von T zu TS



RNFLT-Maximum bei TS, gefolgt von einem gleichmäßigen Abfall zu NS

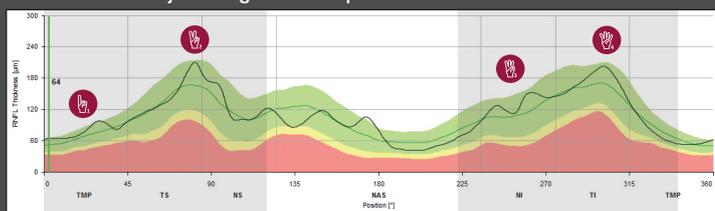


Gleichmäßiger Anstieg von NI zu TI



RNFLT-Maximum bei TI, gefolgt von einer harmonischen Abnahme zu T

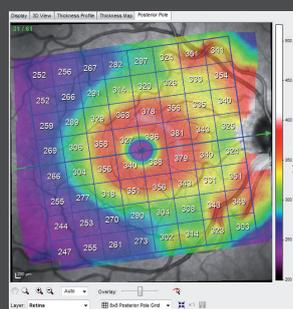
Prüfen Sie das jeweilige Dickenprofil:



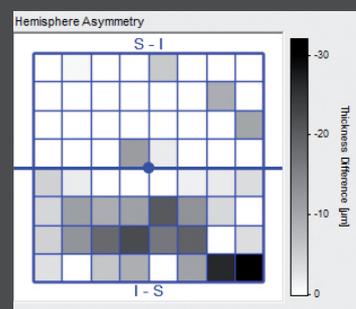
PPoleH-Scan

3 Posterior-Pole-Asymmetrie-Analyse

Prüfen Sie die PPole-Farbkarte und das Grauskala-Diagramm auf Asymmetrien zwischen der oberen und unteren Hemisphäre. Die **Dickenkarte** sollte entlang der Nervenfaserbündel TI und TS sowie entlang der Ganglienzellschicht (roter Ring) rot/orange erscheinen. Graue Quadrate im **Hemisphären-Asymmetrie-Diagramm** stehen für Bereiche, die dünner sind als in der gegenüberliegenden Hemisphäre. Achten Sie besonders auf Asymmetrien, die in bogenförmigen und zusammenhängenden Mustern auftreten.



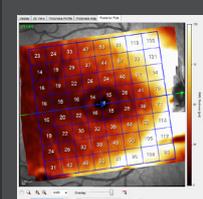
Dickenkarte



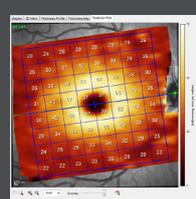
Hemisphären-Asymmetrie

4 Schichtsegmentierung

Pathologische Veränderungen in den äußeren Netzhautschichten können zu verfälschten Posterior-Pole-Dickenkarten der Retina führen. In diesen Fällen kann es hilfreich sein, die separaten RNFL- und GCL-Karten zu betrachten.



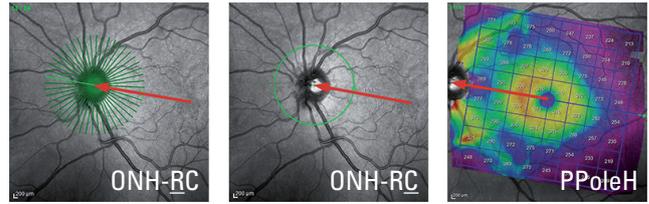
Wärmekarten



Farbkarten

3 Interpretation der Daten

Basierend auf dem Anatomischen Positionierungssystem (APS) werden alle Glaukom-Scans automatisch an der Achse zwischen Fovea und BMO-Zentrum (FoBMOC) des jeweiligen Patienten ausgerichtet. Dadurch erfolgt ein genauerer Vergleich zwischen den verschiedenen Analyseparametern des ONH-RC-Scans und des PPoleH-Scans, unabhängig von geneigten Koppositionen oder Zyklotorsionen.



3.1 Die BMO-MRW

Die BMO-basierte minimale Randsaumbreite (**BMO-MRW**) wird als der kleinste Abstand zwischen der Bruch'schen Membranöffnung (**BMO**) und der inneren limitierenden Membran (**ILM**) definiert.

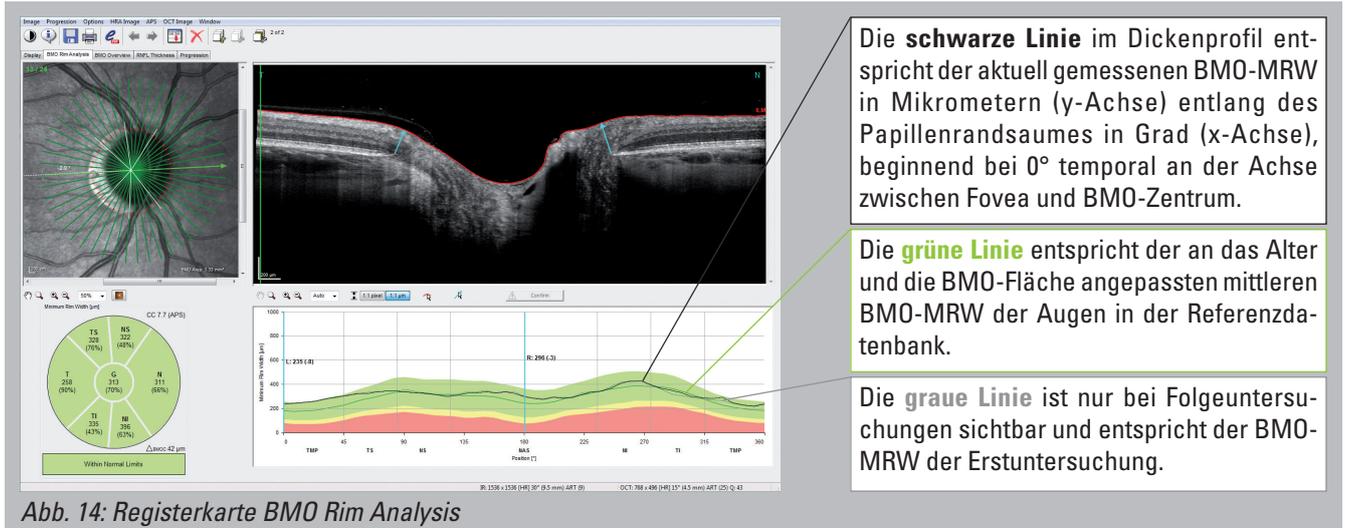


Abb. 14: Registerkarte BMO Rim Analysis

3.1.1 Das Klassifizierungsdiagramm

Die schwarzen Zahlen entsprechen den gemessenen mittleren BMO-MRW-Werten in Mikrometern für jeden Sektor. Die Prozentangaben in Klammern sind die korrespondierenden Perzentile der Normalverteilung, angepasst an das Alter und die BMO-Fläche des untersuchten Auges. Ein temporal-inferiorer Wert von 63 % (das 63. Perzentil der Normalverteilung) bedeutet zum Beispiel, dass 63 % der Augen in der Referenzdatenbank diesen oder einen niedrigeren BMO-MRW-Wert aufweisen.

Darüber hinaus zeigt das Klassifizierungsdiagramm die farbkodierten Perzentile mit der jeweiligen Klassifizierung des Sektors wie folgt an:

- “within normal limits” - oberhalb des 5. Perzentils der Augen in der Referenzdatenbank
- “borderline” - zwischen dem 1. und 5. Perzentil der Augen in der Referenzdatenbank
- “outside normal limits” - unterhalb des 1. Perzentils der Augen in der Referenzdatenbank



Da Mittelwerte fokale Axonschädigungen im Klassifizierungsdiagramm verbergen können, wird eine genaue Betrachtung des Dickenprofils dringend empfohlen.

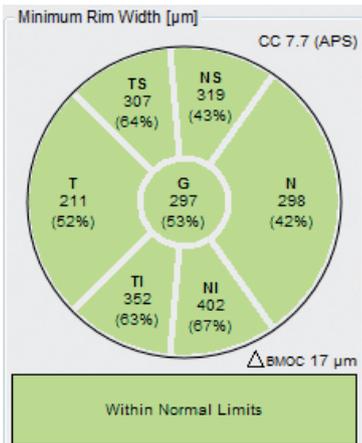


Abb. 15: Klassifizierungsdiagramm

3.1.2 Das Dickenprofil

Wie in Abb. 16 ersichtlich, sollte das Dickenprofil der BMO-MRW gemäß der ISNT-Regel leichte Doppelhügel aufweisen. Der inferiore und superiore Abschnitt des Dickenprofils sollte nicht unter dem nasalen Dickenprofil verlaufen, andernfalls wird die ISNT-Regel nicht erfüllt.

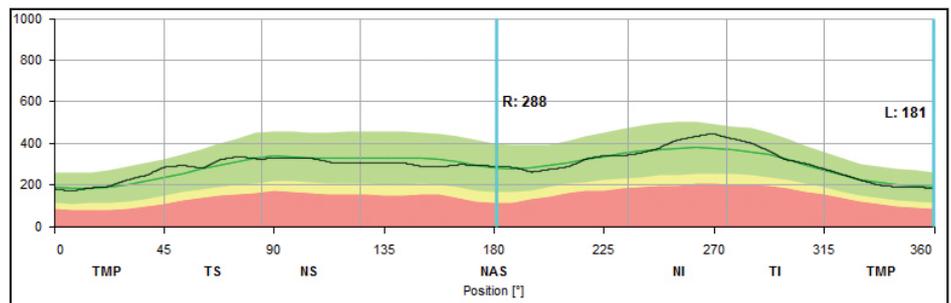
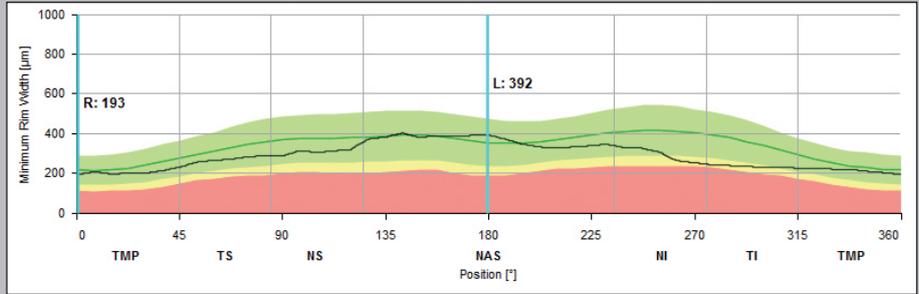


Abb. 16: Dickenprofil

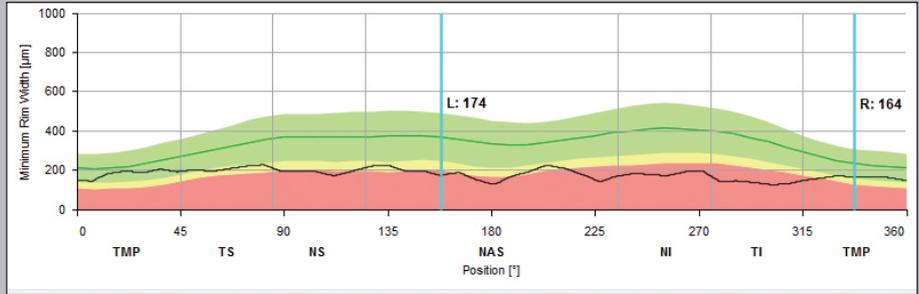
Moderater Defekt

Wie im Diagramm dargestellt, zeigt das MRW-Profil keine temporal-inferioren und temporal-superioren Hügel. Stattdessen befindet sich die schwarze Linie in diesen Sektoren unterhalb des nasalen mittleren Dickenprofils. Somit ist die ISNT-Regel nicht erfüllt.



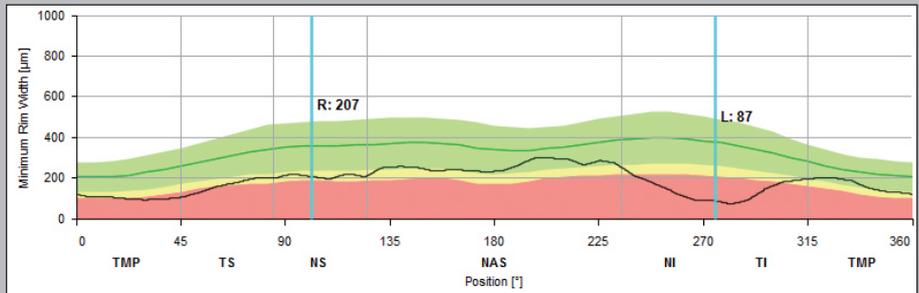
Schwerer Defekt

Das Dickenprofil ist allgemein in allen Sektoren reduziert. Die temporal-inferioren und temporal-superioren Hügel, die die temporal-inferioren und temporal-superioren Nervenfaserbündel repräsentieren, fehlen hier.



Lokalisierter Defekt

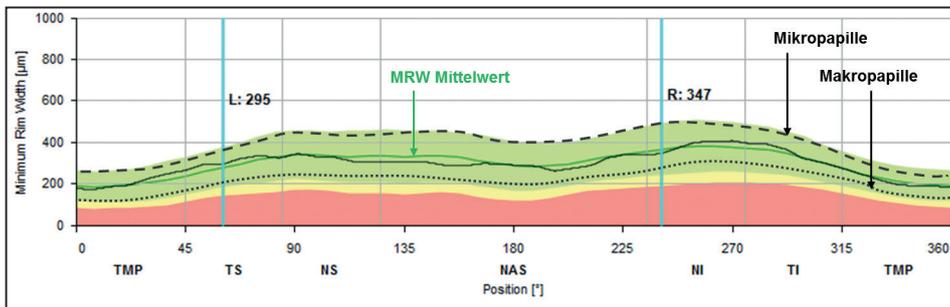
Kerben im temporal-inferioren oder temporal-superioren Dickenprofil entsprechen fokalen Nervenfaserverlusten oder Nervenfaserbündeldefekten, wie im MRW-Diagramm dargestellt.



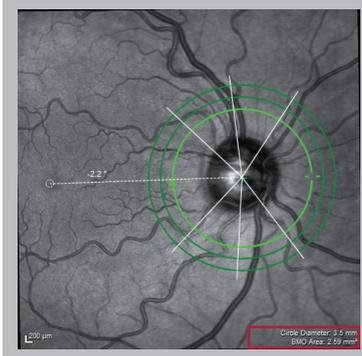
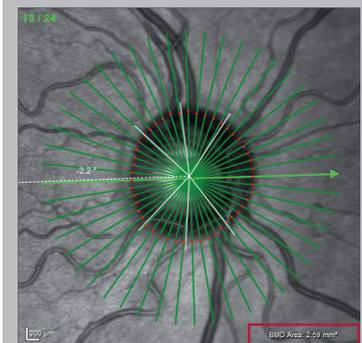
3.1.3 Der Einfluss der Sehnervengröße auf die BMO-MRW

Die Größe des Sehnervenkopfes hat Auswirkungen auf das MRW-Profil. Die Referenzdaten weisen darauf hin, dass das MRW-Profil bei kleinen Papillen (Mikropapillen) oberhalb des grünen mittleren Profils liegt. Umgekehrt verläuft das MRW-Profil bei Makropapillen unterhalb des grünen mittleren Profils.

Um eine Makropapille von einem schweren Defekt zu unterscheiden, zeigt das MRW-Profil bei Makropapillen temporal-inferior und temporal-superior leichte Hügel.



Die Größe der BMO-Fläche wird in der unteren rechten Ecke des IR-Bildes angezeigt (rot hervorgehoben).

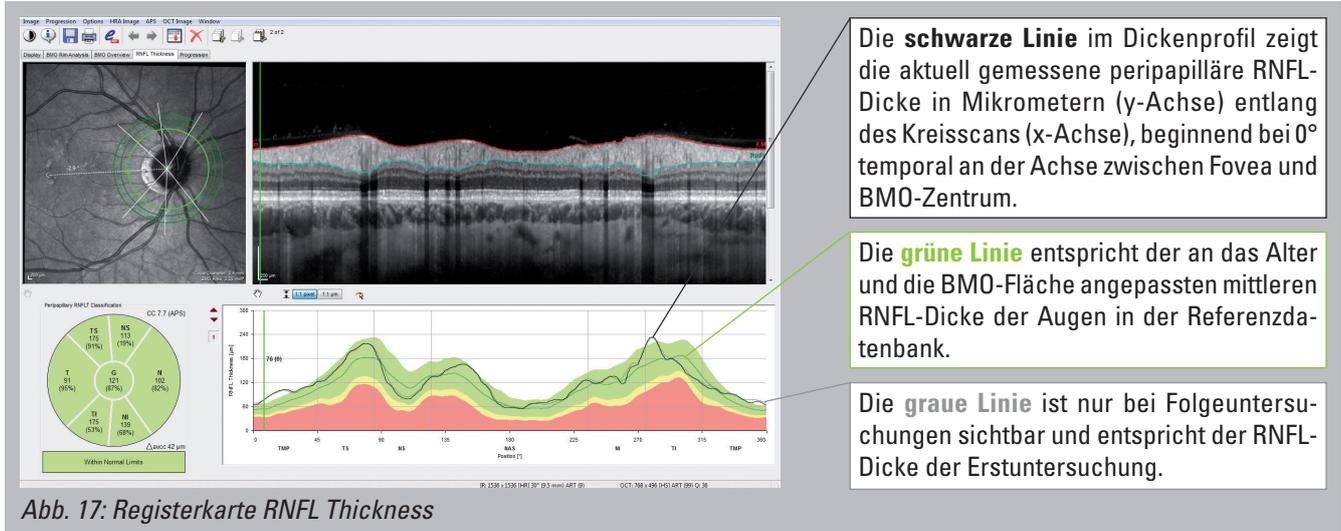


Ein BMO-MRW-Profil, das oberhalb des mittleren Profils der Referenzdatenbank liegt, während die RNFL dem Standard entspricht, kann auf eine physiologische Mikropapille hinweisen.

Umgekehrt kann ein BMO-MRW-Profil, das unterhalb des mittleren Profils der Referenzdatenbank liegt, während die RNFL dem Standard entspricht, auf eine physiologische Makropapille hinweisen.

3.2 Die RNFLT

Die retinale Nervenfaserschicht (RNFL) ist die oberste hyperreflektive Schicht der Retina und entspricht den nicht myelinisierten Axonen der Ganglienzellen. Für die Glaukomdiagnostik wird die peripapilläre retinale Nervenfaserschichtdicke (RNFLT) gemessen und mit einer Referenzdatenbank verglichen.

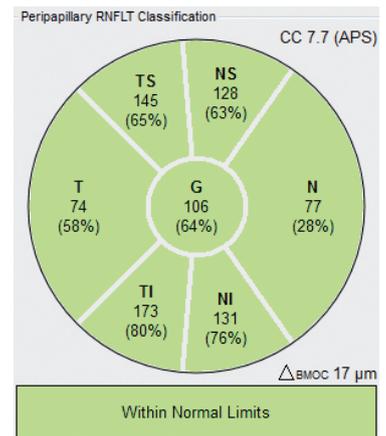


3.2.1 Das Klassifizierungsdiagramm

Die schwarzen Zahlen entsprechen den gemessenen gemittelten RNFLT-Dicken in Mikrometern für jeden einzelnen Sektor. Die Prozentangaben in Klammern sind die korrespondierenden Perzentile der Normalverteilung, angepasst an das Alter und die BMO-Fläche. Ein temporal-inferioren Wert von 80 % (das 80. Perzentil der Normalverteilung) bedeutet zum Beispiel, dass 80 % der Augen der Referenzdatenbank diesen oder einen niedrigeren RNFLT-Wert aufweisen.

Darüber hinaus zeigt das Klassifizierungsdiagramm die farbkodierten Perzentile mit der jeweiligen Klassifizierung des Sektors wie folgt an:

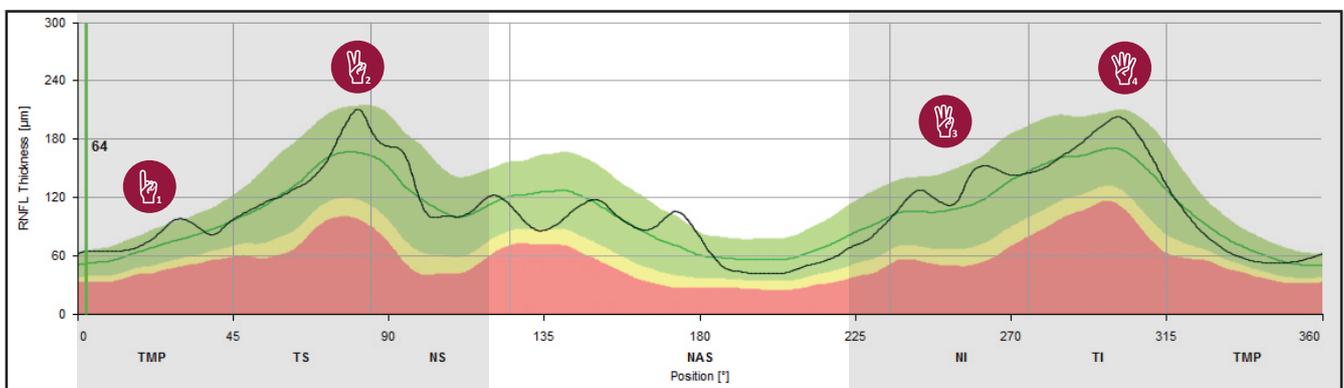
- “within normal limits” - oberhalb des 5. Perzentils der Augen in der Referenzdatenbank
- “borderline” - zwischen dem 1. und 5. Perzentil der Augen in der Referenzdatenbank
- “outside normal limits” - unterhalb des 1. Perzentils der Augen in der Referenzdatenbank



i Da Mittelwerte fokale Axonschädigungen im Klassifizierungsdiagramm verbergen können, wird eine genaue Betrachtung des Dickenprofils dringend empfohlen.

3.2.2 Das Dickenprofil

Das Dickenprofil der RNFL sollte gemäß den anatomischen Eigenschaften der Retina durch deutliche Hügel entlang der temporal-superioren und temporal-inferioren Nervenfaserbündel gekennzeichnet sein und in allen Sektoren im Normbereich liegen.



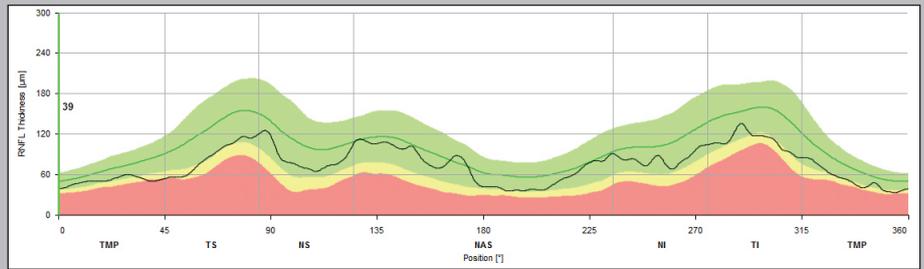
- Gleichmäßiger Anstieg T zu TS.
- RNFLT-Maximum bei TS, gefolgt von einem gleichmäßigen Abfall zu NS.

Abb. 19: Dickenprofil

- Gleichmäßiger Anstieg NI zu TI.
- RNFLT-Maximum bei TI, gefolgt von einer harmonischen Abnahme zu T.

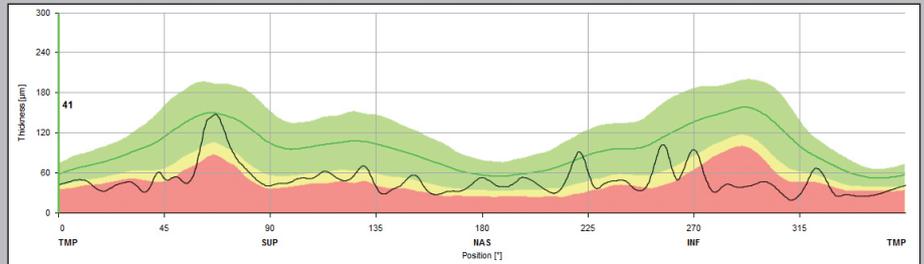
Moderater Defekt

Im Vergleich zum mittleren Dickenprofil der gemittelten und an das Alter angepassten gesunden Augen, ist – wie im Diagramm ersichtlich – das RNFL-Dickenprofil insgesamt reduziert.



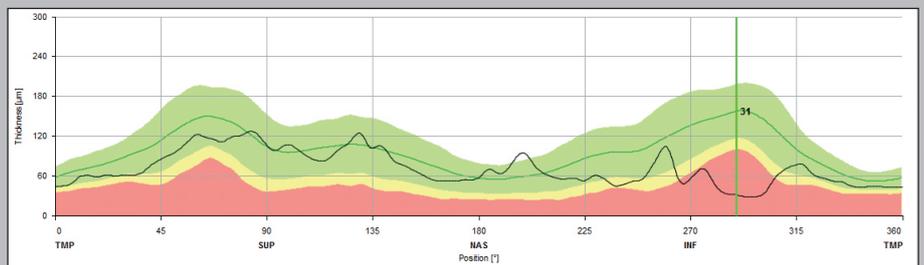
Schwerer Defekt

Das Dickenprofil ist signifikant reduziert und ragt in allen Sektoren in den roten Bereich (außerhalb normaler Grenzen). Einzelne und definierte Spitzen im Diagramm sind Blutgefäße, die aufgrund von Nervenfaserverlusten nicht mehr eingebettet sind.



Lokalisierter Defekt

Kerben im temporal-inferioren oder temporal-superioren Dickenprofil, wie im RNFL-Diagramm dargestellt, können mit fokalen Nervenfaserverlusten oder Nervenfaserbündeldefekten einhergehen.



3.2.3 Die Bedeutung der drei Kreisdurchmesser

Die GMPE Software bietet drei peripapilläre Kreisscans mit den folgenden Durchmessern:

- 3,5 mm
- 4,1 mm
- 4,7 mm

Alle Kreisscans sind auf die jeweilige Achse zwischen Fovea und BMO-Zentrum ausgerichtet. Die Ausrichtung stellt unabhängig von der Kopfposition eine genaue Definition jedes einzelnen Sektors (T, TS, NS, N, NS, TI) sicher und ermöglicht daher einen korrekten Vergleich mit der Referenzdatenbank.

Bezüglich der Größe ist der Kreisdurchmesser von 3,5 mm des ONH-RC-Scans mit dem Standard-12°-RNFL-Scanmuster vergleichbar.

Die beiden zusätzlichen größeren Kreisscan-Durchmesser gewinnen an Bedeutung, sobald der innere Kreis aufgrund einer beeinflussenden Pathologie nicht mehr interpretiert werden kann.

Das Beispiel rechts zeigt peripapilläre myelinisierte Nervenfasern. Aufgrund der Myelinisierung ist die RNFL-Dicke an den inneren Kreisscans nicht messbar. Der äußere Kreisscan ermöglicht eine bessere Messung der RNFLT.

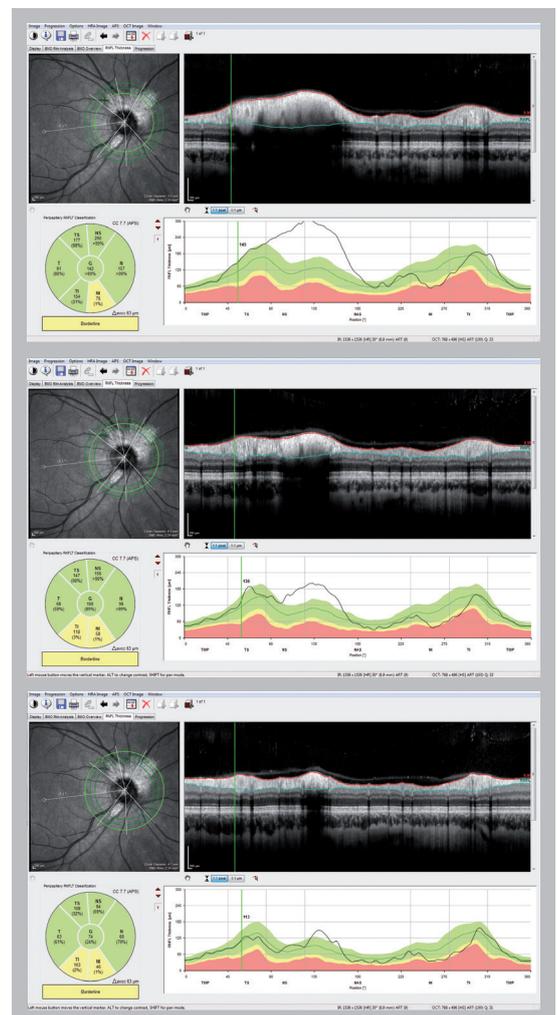


Abb. 20: Vergleich der drei verschiedenen Kreisscan-Durchmesser (3,5 mm, 4,1 mm und 4,7 mm) bei einem Patienten mit myelinisierten retinalen Nervenfasern.

3.3 Die Posterior-Pole-Asymmetrie-Analyse

Die Posterior-Pole-Asymmetrie-Analyse ist nur nach der Aufnahme eines PPoleH-Scans verfügbar. Der PPoleH-Scan ist ein Volumenscan, der am hinteren Augenpol positioniert und an der jeweiligen Achse zwischen Fovea und BMO-Zentrum ausgerichtet wird.



Wählen Sie die Registerkarte <<Posterior Pole>>.

Posterior Pole Dickenkarte

Angezeigte Schicht ändern

OCT-Bild dient zur Prüfung der Schichtsegmentierung.

Erstuntersuchung (EU)

Folgeuntersuchung (FU)

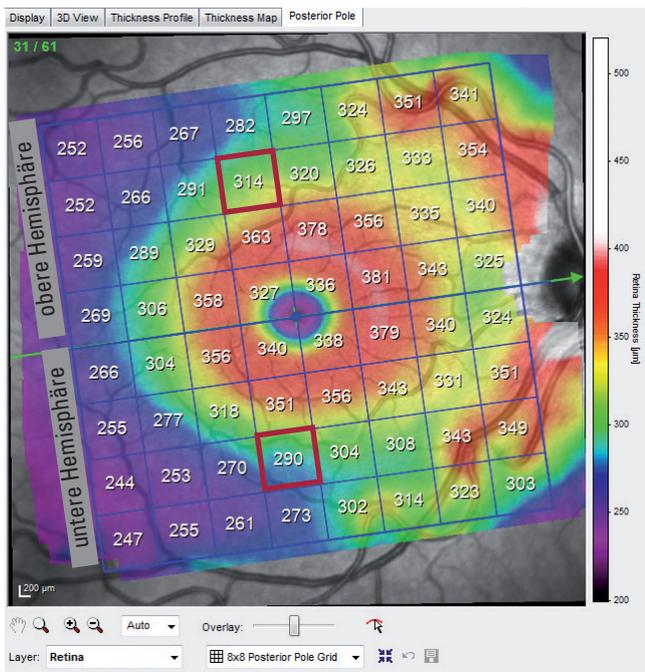
Retina-Dickenänderung
schwarz: Erst- und Folgeuntersuchung unverändert
rot: Folgeuntersuchung dünner als Erstuntersuchung
grün: Folgeuntersuchung dicker als Erstuntersuchung

Abb. 21: Registerkarte Posterior Pole Asymmetry Analysis

3.3.1 Die Posterior-Pole-Dickenkarte

Die Farbskala der Posterior-Pole-Dickenkarte ist feiner als die Standarddickenkarte der Retina und daher detaillierter in der Visualisierung glaukomatöser Veränderungen.

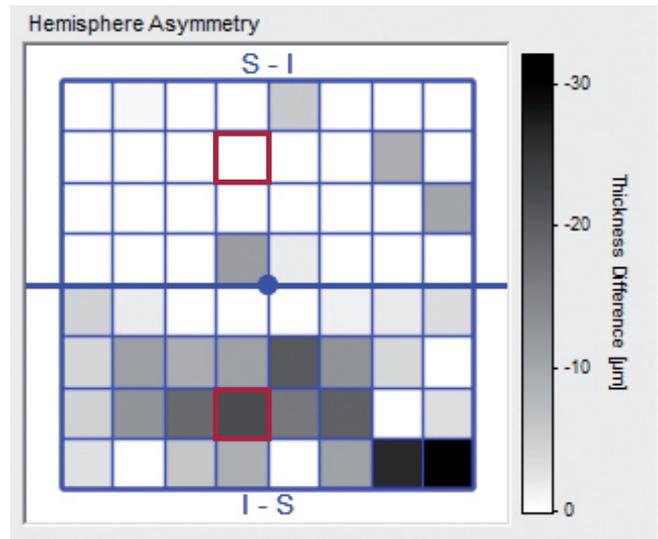
Je wärmer (je röter) die Farbe der Dickenkarte, desto dicker ist die gemessene Retinastelle. Die prominenten bogenförmigen temporal-inferioren und temporal-superioren Nervenfaserbündel werden rot dargestellt. Die hohe Konzentration von Ganglienzellen im Bereich um die Fovea wird als roter Ring sichtbar. Die Fovea selbst sowie die periphere Retina erscheinen aufgrund von physiologisch dünneren Werten violett.



Das blaue Raster wird automatisch an der Achse zwischen Fovea und BMO-Zentrum ausgerichtet und besteht aus 64 Quadraten. In jedem Quadrat wird die gemittelte Retinadicke aller gemessenen Datenpunkte jenes Quadrates angezeigt.

3.3.2 Die Posterior-Pole-Hemisphären-Asymmetrie-Analyse

Bei der Hemisphären-Asymmetrie-Analyse werden die gemittelten Retinadickenwerte einer Hemisphäre mit den entsprechenden Dickenwerten der gegenüberliegenden Hemisphäre verglichen.



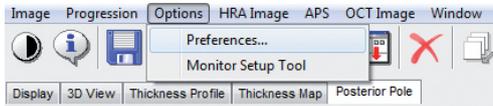
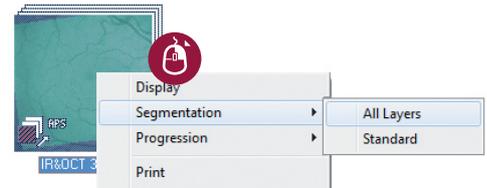
Wenn die Quadrate in einer Hemisphäre grau erscheinen, ist die Retina in diesen Quadraten dünner als in der gegenüberliegenden Hemisphäre. Auf diese Weise entspricht der Grauwert der Quadrate dem Grad der Abweichung zwischen beiden Hemisphären. Das rot umrandete Quadrat in der unteren Hemisphäre zeigt zum Beispiel eine Dicke von 290 Mikrometern, also 24 Mikrometer dünner als das entsprechende rot umrandete Quadrat in der oberen Hemisphäre. Drei dunkle Quadrate nebeneinander können auf einen Defekt hinweisen.

i Dickenunterschiede treten oft an den nasalen, ganz am Rand liegenden Quadraten auf. Diese Unterschiede werden hauptsächlich durch physiologisch asymmetrische Verteilungen der Arterien und Venen verursacht.

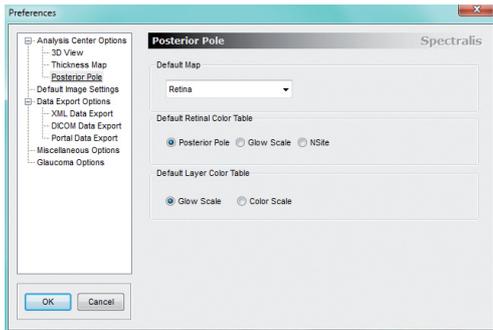
3.3.3 Dickenkarte der RNFL und Ganglienzellschicht (GCL)

Pathologische Veränderungen in den äußeren Netzhautschichten können zu verfälschten Posterior-Pole-Dickenkarten der Retina führen. In diesen Fällen kann es hilfreich sein, die separaten RNFL- und GCL-Karten zu betrachten.

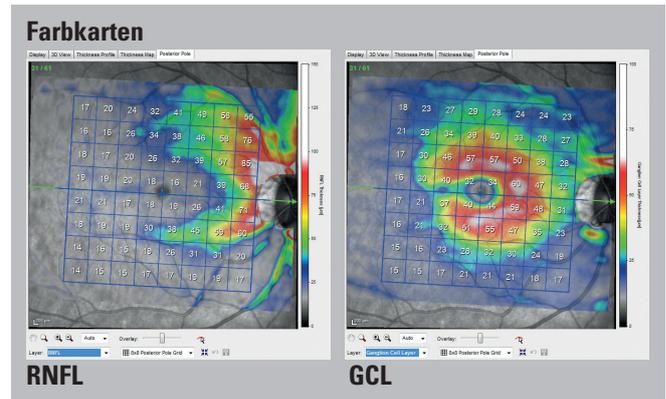
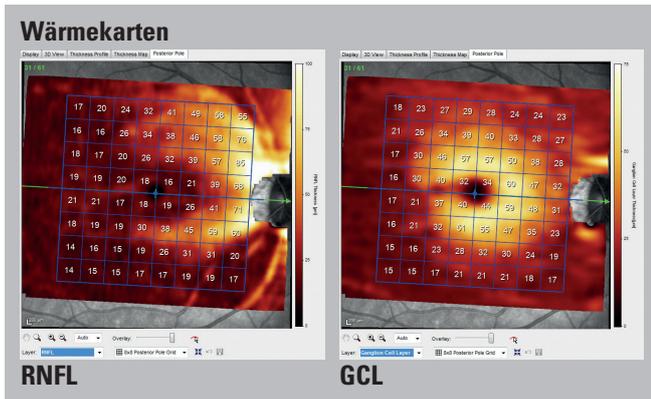
Um Zugriff auf die Dickenkarte der einzelnen Schicht zu erhalten, muss zuvor die Segmentierung des OCT-Scans berechnet werden. Klicken Sie dazu mit der rechten Maustaste auf das Vorschaubild und wählen Sie im Kontextmenü <<Segmentation>> <<All Layers>>.



Die Dickenkarten der einzelnen Schichten können als Standard-Wärmekarten (*Glow Scale*) oder Farbkarten (*Color Scale*) angezeigt werden. Die Standardeinstellungen können in den Voreinstellungen in der Registerkarte <<Posterior Pole>> über <<Options>> <<Preferences>> geändert werden.



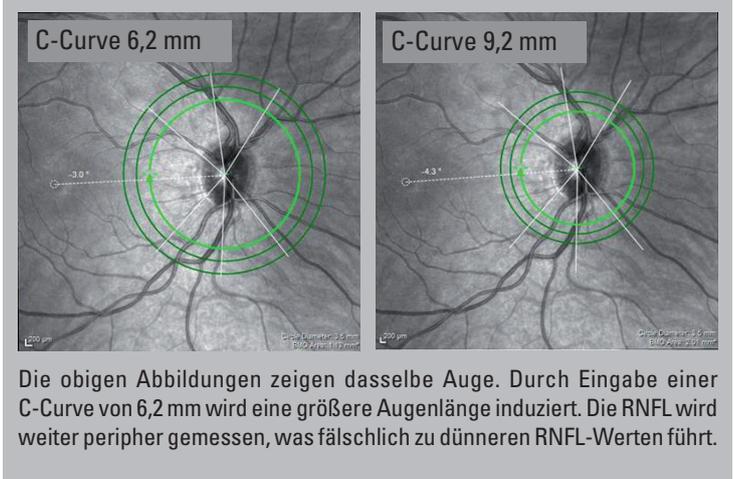
Da Wärmekarten im Vergleich zu Farbkarten einen kontinuierlicheren Farbverlauf aufweisen, wird für die klinische Beurteilung der einzelnen Schichten die Verwendung der Standard-Wärmekarten dringend empfohlen. Auf Farbkarten werden Dickenwerte diskontinuierlicher dargestellt. Daher sind die Farbübergänge bei Veränderungen der Dicke weniger aussagekräftig als bei Wärmekarten, die einen kontinuierlicheren Farbverlauf aufweisen. Geringfügige Dickenänderungen können irrtümlich als signifikante Veränderungen interpretiert werden, besonders wenn sie an den Farbübergangsgrenzen auftreten.



4 Die Bedeutung der C-Curve

| | OD | OS |
|-------------------|------|------|
| C-Curve [mm]: | 7.7 | 7.7 |
| Refraction [dpt]: | 0 | 0 |
| Cylinder [dpt]: | 0 | 0 |
| Axis [deg]: | 0 | 0 |
| Pupil size [mm]: | 0 | 0 |
| IOP [mmHg]: | 0 | 0 |
| VFieldMean: | 0 | 0 |
| VFieldVar: | 0 | 0 |
| Corrective Lens: | None | None |

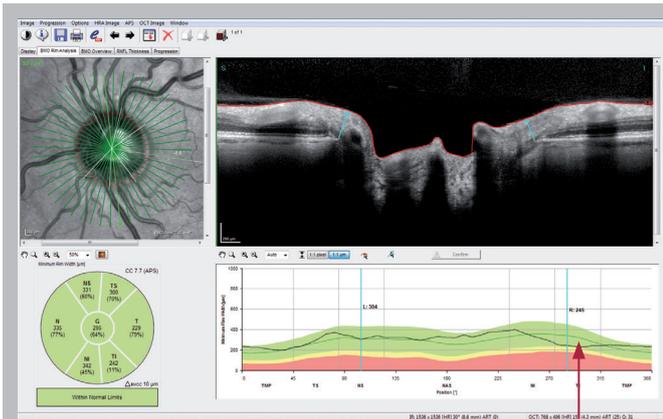
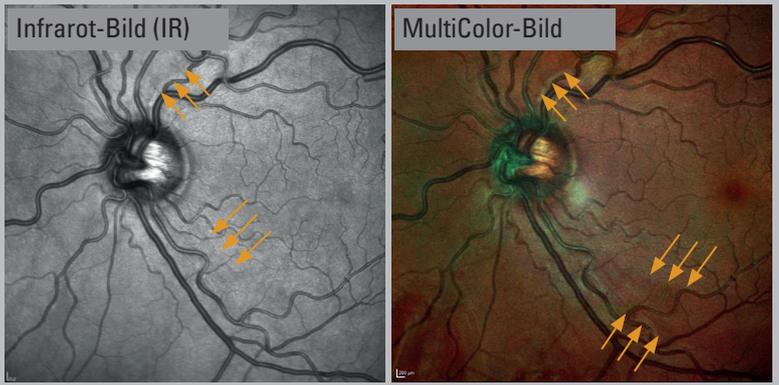
CAUTION: Measurements and classification results will only be accurate if the C-Curve is entered correctly and the patient wears no corrective lenses during the examination.



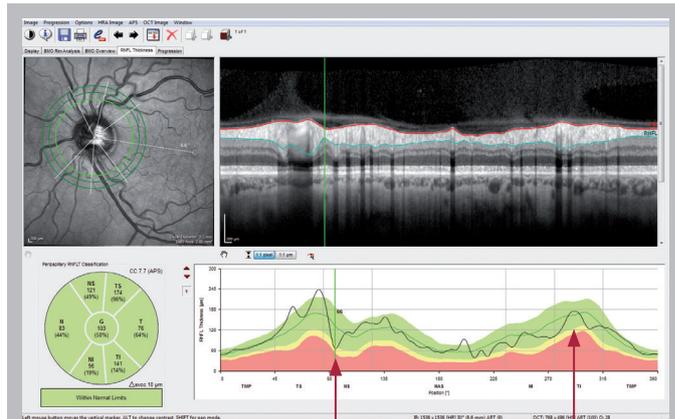
Es ist empfohlen, vor dem Definieren des APS den Standardwert von 7,7 mm zu ändern und die spezifische C-Curve für das entsprechende Auge einzugeben. Nachfolgende Änderungen sind nicht möglich. Die C-Curve ist der mittlere Radius der horizontalen und vertikalen Hornhautkrümmung. Mithilfe der C-Curve und der spezifischen Fokuseinstellung kann die Software die individuelle Augenlänge berechnen. Damit können unabhängig von der Augenlänge Kreisdurchmesser von genau 3,5 mm, 4,1 mm und 4,7 mm garantiert werden. Die C-Curve ist besonders wichtig für die Erstuntersuchung und deren Vergleich mit der Referenzdatenbank. Die Eingabe einer falschen C-Curve führt zu einem systematischen Fehler, der aber keinen Einfluss auf den Vergleich der Folgeuntersuchungen untereinander hat.

5 Klinisches Beispiel

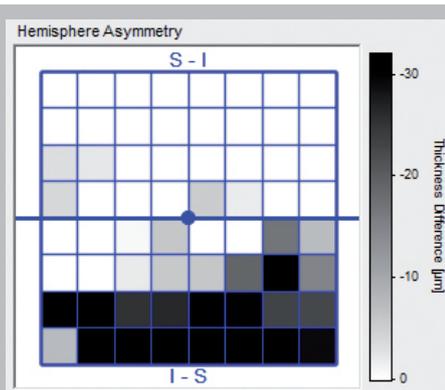
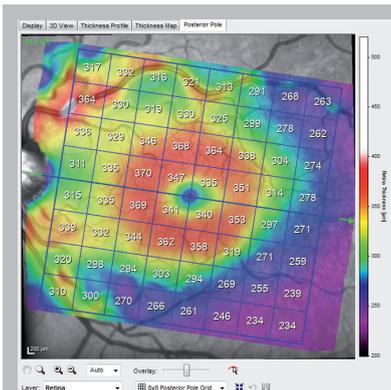
Das klinische Beispiel eines linken Auges zeigt einen breiten keilförmigen RNFL-Defekt temporal-inferior sowie einen eher fokalen Defekt temporal-superior. Nervenfasern reflektieren sehr stark Licht, insbesondere Licht kürzerer Wellenlängen. Wenn Axone degenerieren, nimmt die Reflektivität der retinalen Nervenfaserschicht ab. Obwohl Nervenfaserschichtdefekte in IR-Bildern sichtbar sein können, heben die kürzeren Wellenlängen des grünen und blauen Lasers den Verlust stärker hervor. Dieses Phänomen führt zur besseren Visualisierung derartiger Defekte in blau/grün-reflektiven Bildern oder MultiColor-Aufnahmen.



Das BMO-MRW-Profil zeigt im TI-Sektor eine Absenkung der schwarzen Linie. Die TI-MRW liegt unterhalb des nasalen mittleren Dickenprofils, somit ist die ISNT-Regel nicht erfüllt. Das Klassifizierungsdiagramm bleibt grün und wird als „within normal limits“ eingestuft. Die MRW von 242 µm fällt jedoch auf das 11. Perzentil. Das bedeutet, dass nur 11 % der alterskorrigierten Augen der Referenzdatenbank diesen oder einen niedrigeren MRW-Wert aufweisen.



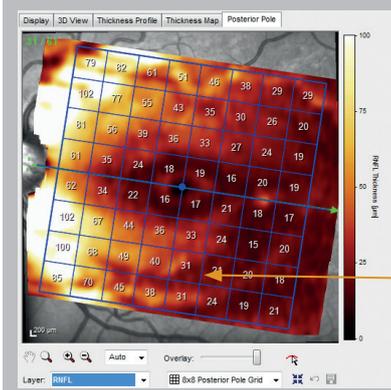
Das RNFL-Profil zeigt einen fokalen Nervenfaserschichtdefekt temporal-superior sowie eine ausgedehnte Absenkung temporal-inferior; beide korrelieren mit dem Fundusbild. Das Klassifizierungsdiagramm bleibt grün und wird als „within normal limits“ klassifiziert. Die RNFLT von 141 Mikrometern liegt jedoch auf dem 14. Perzentil. Das bedeutet, dass nur 14 % der alterskorrigierten Augen in der Referenzdatenbank diesen oder einen niedrigeren RNFL-Wert aufweisen.



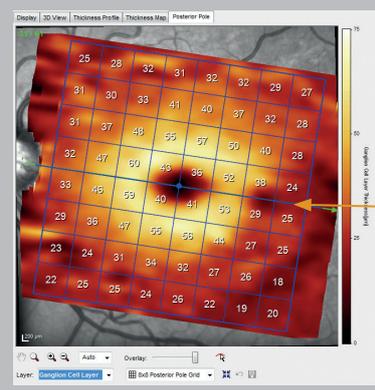
Die Farbkarte des Posterior-Pole-Scans zeigt eine temporal-inferiore Ausdünnung:

Der violette Bereich erstreckt sich weiter zum Sehnervenkopf hin, als dies temporal-superior der Fall ist.

Die Hemisphären-Asymmetrie-Karte bestätigt den bereits in der Farbkarte sichtbaren Defekt. Die schwarzen Quadrate der unteren Hemisphäre stehen für dünnere Retinawerte im Vergleich zu den entsprechenden Quadranten der oberen Hemisphäre.



Außerdem zeigt die RNFL-Dickenkarte eine Kerbe im temporal-inferioren Sektor, die dem Defekt im IR- und MultiColor-Bild sowie in allen anderen Analysen adäquat ist.



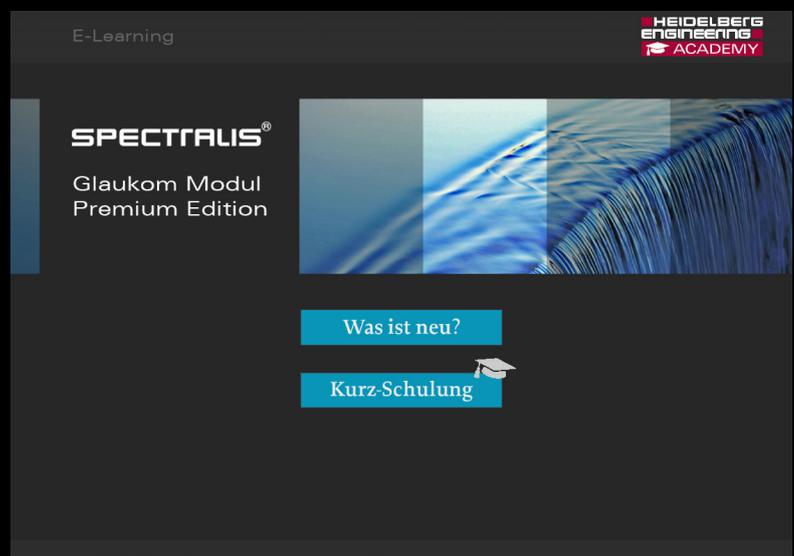
Der in der Dickenkarte sichtbare Ring, der der GCL entspricht, ist intakt und zeigt keine Zeichen eines Verlustes. Leichte temporale Kerben sind in der GCL-Karte oft zu sehen und entstehen bedingt durch die Raphe.

Tabelle der Begriffe und Definitionen

| | |
|----------------|--|
| APS | Anatomisches Positionierungssystem |
| BM | Bruch'sche Membran |
| BMO | Bruch's Membrane Opening (dt.: <i>Bruch'sche Membranöffnung</i>) |
| BMO-MRW | Bruch's Membrane Opening-based Minimum Rim Width (dt.: <i>BMO-basierte minimale Randsaumbreite</i>) |
| ELM | External Limiting Membrane (dt.: <i>Äußere limitierende Membran</i>) |
| FoBMOC | Fovea-to-BMO-center axis (dt.: <i>Achse zwischen der Fovea und dem Zentrum der Bruch'schen Membranöffnung; Mit dem APS werden Scans automatisch an der FoBMOC-Achse des jeweiligen Patienten ausgerichtet.</i>) |
| GCL | Ganglion Cell Layer (dt.: <i>Ganglienzellschicht</i>) |
| GMPE | Glaukom Modul Premium Edition |
| ILM | Internal Limiting Membrane (dt.: <i>Innere limitierende Membran</i>) |
| INL | Inner Nuclear Layer (dt.: <i>Innere Körnerschicht</i>) |
| IPL | Inner Plexiform Layer (dt.: <i>Innere plexiforme Schicht</i>) |
| IZ | Interdigitationszone |
| MRW | Minimum Rim Width (dt.: <i>Minimale Randsaumbreite</i>) |
| ONH | Optic Nerve Head, (dt.: <i>Sehnervenkopf</i>) |
| ONH-RC | Optic Nerve Head-Radial Circle (Das ONH-RC-Scanmuster verbindet einen Radialscan und drei konzentrische Kreisscans, die mit Hilfe des APS auf dem Sehnervenkopf zentriert werden.) |
| ONL | Outer Nuclear Layer (dt.: <i>Äußere Körnerschicht</i>) |
| OPL | Outer Plexiform Layer (dt.: <i>Äußere plexiforme Schicht</i>) |
| PPoleH | Posterior Pole, hinterer Augenpol (horizontal ausgerichtete Scanlinien) |
| RNFL | Retinal Nerve Fiber Layer (dt.: <i>Retinale Nervenfaserschicht</i>) |
| RNFLT | Retinal Nerve Fiber Layer Thickness (dt.: <i>Dicke der retinalen Nervenfaserschicht</i>) |
| RPE | Retinales Pigmentepithel |

Machen Sie sich anhand von 1:1-Simulationen mit den neuen Softwarefunktionen vertraut und prüfen Sie Ihre Kenntnisse mithilfe von interaktiven Übungen!

Hier herunterladen:
www.he-academy.com



E-Learning

HEIDELBERG
ENGINEERING
ACADEMY

SPECTRALIS®
Glaukom Modul
Premium Edition

Was ist neu?

Kurz-Schulung

HEIDELBERG ENGINEERING

Hauptsitz

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

AUS

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

UK

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

USA

Heidelberg Engineering, Inc. · 10 Forge Parkway · MA Franklin, 02038
Tel. +1 508 530 7900 · Fax +1 508 530

www.HeidelbergEngineering.com