OCULUS | Perimeter



Perimeter Fibel

Überarbeitete Auflage

OCULUS®

Den Fortschritt im Auge

Perimeter Fibel

Herausgegeben von OCULUS Optikgeräte GmbH

Mit Beiträgen von:

Dipl. – Ing. Wilhelm Durst
Friedlinde Dorner-Schandl
Professor Dr. Bettina Wabbels
Professor Gerold Kolling
Prof. Dr. Hermann Krastel
Dr. Zoltan Gagyi-Palffy
Dipl. – Ing. Rainer Kirchhübel

Die Informationen in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Dennoch können Fehler nicht vollständig ausgeschlossen werden. Herausgeber, Autor und Übersetzer übernehmen keine juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für eventuell verbliebene Fehler und deren Folgen.

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte bleiben vorbehalten einschließlich der Vervielfältigung, Übersetzung, Mikroverfilmung sowie Einspeicherung und Verarbeitung in elektonischen Systemen.

Kommentare und Fragen können Sie gerne an uns richten:

OCULUS Optikgeräte GmbH
Münchholzhäuser Straße 29
D - 35582 Wetzlar

Lektorat: Dr. Zoltan Gagyi-Palffy
Korrektorat: Elke Halstenberg, Ulrike Weiser
Zeichnungen: Friedlinde Dorner Schandel, Dipl. - Ing. Wilhelm Durst,
Dipl. Ing. Rainer Kirchhübel
Gestaltung des Reihenlayouts und Satz: Kerstin Kirchhübel
Druck: Friedrich Druck

Neuauflage 2017

Inhalt

1. Einführung 10
1.1. Wozu automatisierte Perimetrie? 10
1.2. Statische oder kinetische Perimetrie? 10
1.3. Die OCULUS-Perimeter 12

2. Geschichte der Perimetrie 13
2.1. Geschichte der Perimetrie im Allgemeinen 13
2.2. Geschichte der Perimetrie bei OCULUS 14

3. Grundlagen der Perimetrie 17
3.1. Leuchtdichte 17
3.1.1. Leuchtdichtewerte werden auf einer Dezibelskala angegeben 17
3.1.2. Leuchtdichteschwelle 18
3.1.3. Lichtunterschiedsempfindlichkeit 18
3.1.4. Stimulusgrößen und -leuchtdichtewerte nach Goldmann 19
3.2. Das Prüfpunktraster bei der statischen Perimetrie 20
3.3. Prüfpunktraster der OCULUS Perimeter 21
3.3.1. Prüfpunktraster beim OCULUS Easyfield® 21
3.3.2. Prüfpunktraster beim OCULUS Smartfield 22
3.3.3. Prüfpunktraster beim OCULUS Centerfield® 22
3.3.4. Prüfpunktraster beim OCULUS Twinfield® 24
3.4. Untersuchungsstrategien für die automatisierte Standardperimetrie 24
3.4.1. Schwellenstrategien 25
3.4.1.1. Klassische Schwellenstrategie (mit 4-2 dB Intervallbildung) 25
3.4.1.2. OCULUS Schnelle-Schwelle 26
3.4.1.3. CLIP Strategie 28
3.4.1.4. SPARK Strategie 28
3.4.2. Schwellennnah überschwellige Strategien 31
3.4.2.1. Überschwellige 2-Zonen-Strategie 31
3.4.2.2. Überschwellige 3-Zonen-Strategie 32
3.4.2.3. Überschwellige Strategie mit Defektquantifizierung 33
3.5. OCULUS Klassen-Strategie 34
3.6. Fixationskontrolle 35
3.7. Kinetische Perimetrie 36
3.8. Farbperimetrie 37

4. Praktische Perimetrie 39
4.1. Programmauswahl 39
4.1.1. Glaukom 39
4.1.2. Makulaerkrankungen 40
4.1.3. Neurologie 40
4.1.4. Screening-Untersuchungen des Gesichtsfelds 41
4.2. Zusätzliche Kriterien 41
4.3. Zuverlässigkeit der Untersuchung 42
4.4. Untersuchungshinweise zur exakten Perimetrie 43
4.5. Nahkorrektur während der Untersuchung am Perimeter 45

5. Perimetrieergebnisse interpretieren 48
5.1. Ergebnisbericht 48
5.2. Gesichtsfelddefekte klassifizieren 53
5.3. Normales/Gesundes Gesichtsfeld 54
5.4. Ursprung von Gesichtsfelddefekten 55
5.4.1. Prächiasmatische Defekte 57
5.4.2. Chiasmatische Defekte 60
5.4.3. Postchiasmatische Defekte 60
5.5. Topologie der Gesichtsfelddefekte 62
5.5.1. Gesichtsfelddepressionen/-konstriktionen 62
5.5.2. Sektordefekte 62
5.5.3. Skotome 64

6. Das glaukomatöse Gesichtsfeld 66
6.1. Grundlegende medizinische Informationen zum Glaukom 66
6.2. Funktionsbezogene Glaukomstadieneinteilung nach Aulhorn 67
6.3. Beispielhafte Ergebnisberichte bei Glaukom 68

7. Besondere Merkmale von OCULUS-Perimetern bei Glaukom Untersuchungen 81
7.1. Durchführung der Untersuchung 81
7.1.1. SPARK-Strategie 81
7.1.2. CLIP-Strategie 83
7.2. Beurteilung des Gesichtsfelds 84
7.2.1. Glaucoma Staging Program (GSP) 84
7.2.2. Verbessertes Glaucoma Staging System (nur beim Easyfield®) 85
7.3. Verlaufskontrolle am glaukomatösen Gesichtsfeld 86
7.3.1. Threshold Noiseless Trend (TNT) 87
8. Das periphere Gesichtsfeld 88
Abbildungsverzeichnis 90
Tabellenverzeichnis 93
Beispieleverzeichnis 94
Abkürzungsverzeichnis 95
Index 97

Danksagung

Die Gesichtsfelduntersuchung gehört nach wie vor zum Standard in der klinischen und augenärztlichen Praxis. Herr Professor Heinrich Harms, ehemaliger Direktor der Universitäts-Augenklinik Tübingen, hat 1957 zusammen mit seiner damaligen Oberärztin Frau Professor Dr. Elfriede Aulhorn die statische Perimetrie entdeckt, die zur wesentlich genaueren Untersuchung des zentralen Gesichtsfeldes beiträgt. Diese Strategie ist heute der Standard in der automatischen Perimetrie weltweit.

Das erste Tübinger Automatik Perimeter, gemeinsam von der Universitäts-Augenklinik Tübingen und der Firma OCULUS entwickelt, wurde 1980 auf der DOG in Kiel vorgestellt. Das physiologisch angeordnete Prüfpunktraster mit Rasterverdichtung zum Zentrum hin und mit angepasster Stimulusleuchtdichte war wesentliches Basiselement dieses Gerätes. Die heutige OCULUS Gerätegeneration, Twinfield® und Centerfield®, kann noch wesentlich mehr. Jedoch sind die Basisstrategien nach wie vor Bestandteil der Geräte.

Der Name von Frau Professor Dr. Aulhorn steht bis heute wegweisend für perimetrisches Wissen. Viele Perimetrieseminare hat sie mitgestaltet. Mit ihr zu kooperieren war eine Herausforderung und eine Freude. Unser Dank geht auch an die erfahrene langjährige Perimetristin Frau Friedlinde Dorner-Schandl und Herrn Dipl.-Ing. Wilhelm Durst, die beide über viele Jahre mit Frau Professor Dr. Aulhorn zusammen gearbeitet haben. Dieses Team hat uns bis heute perimetrisch sehr unterstützt.

Seit einiger Zeit sind auch perimetrische Strategien von Herrn Professor de la Rosa aus Teneriffa in den OCULUS Perimetern integriert. Er ist ein großer Spezialist auf diesem Gebiet und hat die TOP Strategie in das Octopus Perimeter und die weiterentwickelte SPARK Strategie in den OCULUS Perimetern integriert. Auch ihm gebührt unser Dank.

Rainer Kirchhübel

Geschäftsführer

OCULUS Optikgeräte GmbH

Vorwort

Dieser kurze Leitfaden kann weder ein Studium der Fachliteratur zur Perimetrie ersetzen noch handelt es sich um ein Benutzerhandbuch für OCULUS Perimeter. Sein Zweck ist zwischen diesen beiden angesiedelt. Einerseits soll er Wissen über Einzelheiten der OCULUS Perimeter vermitteln, andererseits aber auch klinische Informationen bieten. In Teilen mag dieser Leitfaden wie ein allgemeines Praxishandbuch zur Perimetrie erscheinen, in anderen dem jeweiligen Benutzerhandbuch ähneln, und in anderen wiederum wird er sich mit keinem dieser beiden vergleichen lassen. Zur fachgerechten Bedienung eines Perimeters gehört mehr als nur die richtigen Knöpfe zu drücken: Man muss auch die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen richtig verstehen. Dazu bietet der Leitfaden ein Verbindungsglied zwischen dem in der medizinischen Ausbildung erworbenen Wissen und dem jeweiligen Gerätehandbuch. Er soll Sie leichter in die Lage versetzen, Ihre Gesichtsfelduntersuchung mit der richtigen Kompetenz durchzuführen und alle relevanten Informationen aus den Untersuchungsergebnissen zu gewinnen.

1. Einführung

1.1. Wozu automatisierte Perimetrie?

Gesichtsfelduntersuchungen können im wesentlichen drei verschiedenen Zwecken dienen: Zum Einen zur Diagnostik und Differentialdiagnostik von Krankheitsbildern, die die Sehbahn betreffen. Daraus folgt die Möglichkeit der Verlaufskontrolle derartiger Erkrankungen. Schließlich zum Dritten der Einsatz bei gutachterlichen Fragestellungen, wie etwa bei Führerschein – Eignungsprüfungen.

Betrachtet man das Gesichtsfeld eines Auges, könnte man zunächst meinen, es käme vor allem auf die äußerste Grenze des sich von der zentralen Blickachse aus in alle Richtungen erstreckenden Gesichtsfeldes an. Bei eingehender Beschäftigung mit diesem Thema stellt sich allerdings heraus, dass die Verteilung der Wahrnehmungsempflindlichkeit innerhalb des Gesichtsfelds von weit größerer Bedeutung ist. Zahlreiche Erkrankungen machen sich anfänglich innerhalb eines Winkels von 30° um die zentrale Blickachse herum bemerkbar. Mit einem automatischen Perimeter können je nach Modell Empfindlichkeitsmessungen in Winkeln bis zu 90° in jede beliebige Richtung von der Fovea aus vorgenommen werden. Darüber hinaus lassen sich automatisierte Gesichtsfelduntersuchungen schnell und bequem durchführen und an entsprechend geschulte Untersucher auch problemlos delegieren.

1.2. Statische oder kinetische Perimetrie?

In der automatisierten Perimetrie unterscheidet man zwei Vorgehensweisen: die statische und die kinetische Perimetrie.

Bei der statischen Perimetrie wird dem Patienten[1] an einem bestimmten Punkt im Raum ein kurzzeitiger Lichtreiz (meist ein weißer Lichtpunkt) präsentiert, während er angewiesen wird, geradeaus auf einen vorgegebenen Fixationspunkt zu blicken. Der Lichtreiz wird in einer definierten Größe und Helligkeit relativ zur Hintergrundbeleuchtung dargestellt. Aufgabe des Patienten ist es zu sagen, ob er den Lichtreiz (im folgenden auch als Stimulus bezeichnet) gesehen hat. Durch Erhöhen oder Verringern der Helligkeit des Stimulus bestimmt das Instrument die Wahrnehmungsempfindlichkeit des Patienten am jeweiligen Testort. Dieser Test wird an vielen vorher festgelegten Punkten innerhalb des Untersuchungsgebiets wiederholt, aus den erhaltenen Ergebnissen wird eine Karte generiert, die das Gesichtsfeld des untersuchten Auges darstellt.

1 Der Einfachheit halber wird in diesem Leitfaden bei der Bezeichnung von Personen stets die männliche Form verwendet. Selbstverständlich sind damit stets auch Patientinnen bzw. Untersucherinnen gemeint.

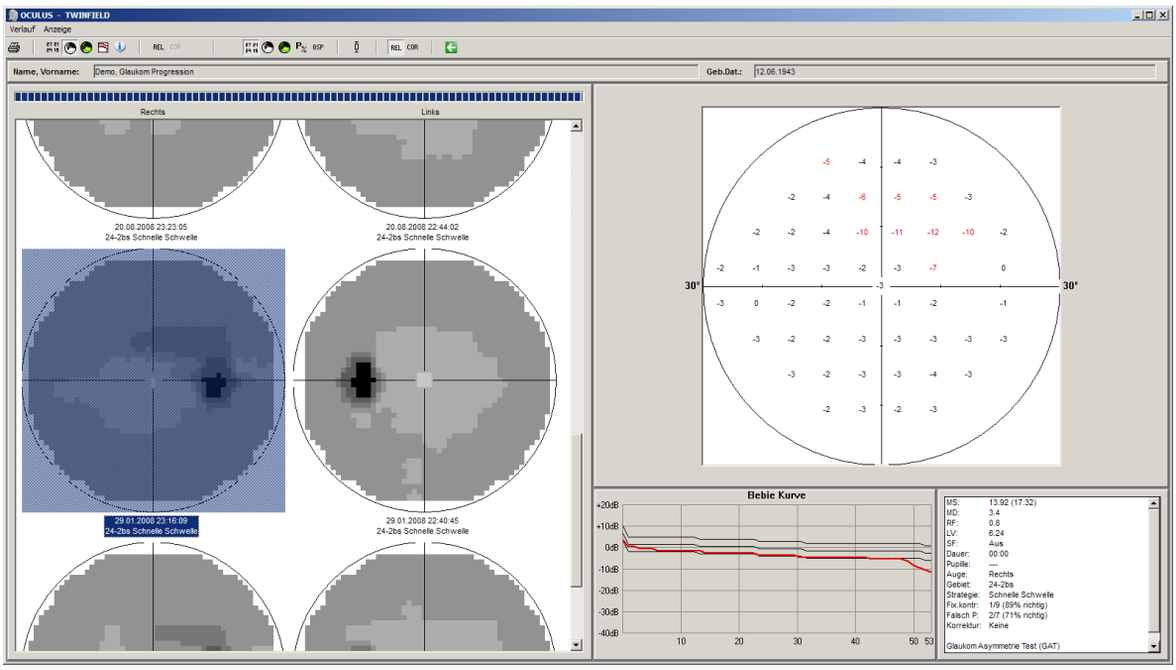


Abb. 1: TF-Verlauf

Bei der kinetischen Perimetrie wird ein Stimulus definierter Größe und Helligkeit aus verschiedenen Richtungen (in der Regel 12) von außen auf den Fixationspunkt zu bewegt bis der Stimulus vom Patienten wahrgenommen wird. Man erhält auf diese Weise 12 Orte gleicher Empfindlichkeiten, die Verbindung dieser Schwellenwerte ergibt eine Linie gleicher Empfindlichkeit, ähnlich einer Höhenlinie in einer Landkarte. Durch Anwendung von Stimuli mit verschiedenen Reizwerten lassen sich Höhenlinien (Isopteren) in verschiedenen Abständen vom Fixierpunkt erzeugen und damit das zu untersuchende Gesichtsfeld flächenhaft erfassen.

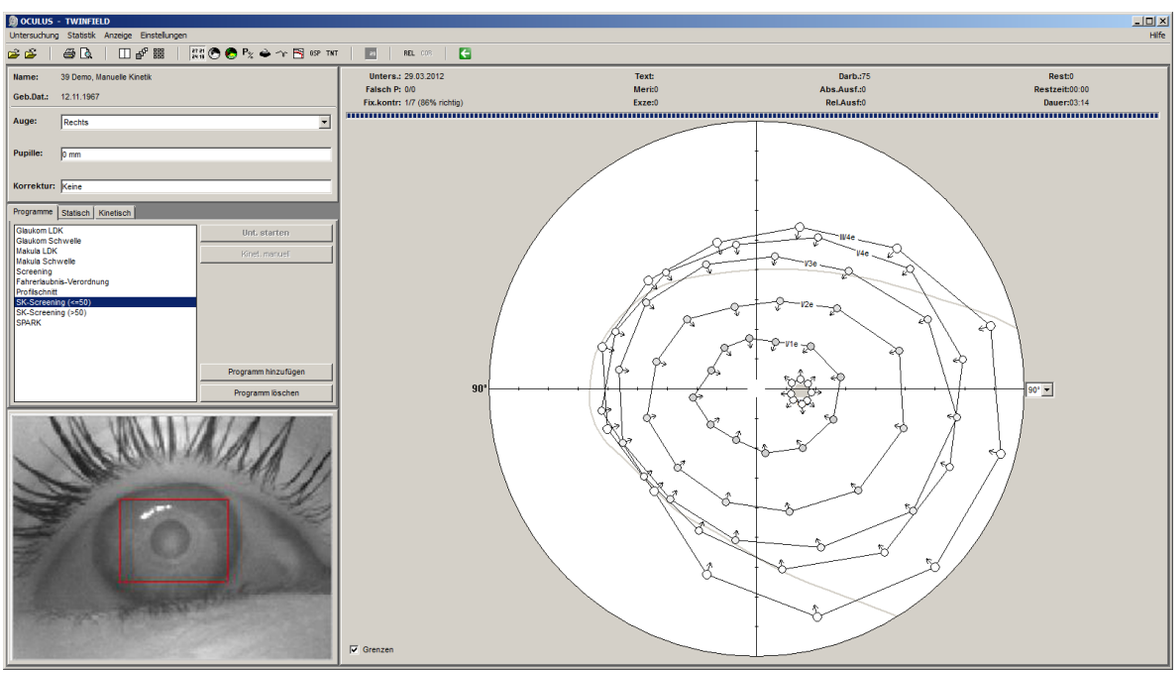


Abb. 2: TF-Kinetik

In einem regelrechten Gesichtsfeld werden auf diese Weise mindestens 4 bis 5 Isopteren sowie der blinde Fleck bestimmt. Um den blinden Fleck zu untersuchen, verwendet man am einfachsten einen kleinen, hellen Stimulus wie z.B. den Stimulus I 4e nach Goldmann.

1.3. Die OCULUS-Perimeter

Das in Wetzlar ansässige Unternehmen OCULUS Optikgeräte GmbH stellt vier verschiedene automatisierte Perimeter mit den Namen Smartfield, Easyfield®, Centerfield® und Twinfield® her.

Mit dem Smartfield, als kleinstes Perimeter, können statische Untersuchungen mit einer Exzentrizität von 30°/25° und bei Versatz des Fixationspunktes 60°/50° durchgeführt werden. Der Stimuli wird als Größe III nach Goldmann (Referenz zu Goldmann Kap.3) auf einem LCD Monitor dargstellt. Durch die geschlossene Bauweise ist kein Dunkelraum erforderlich.

Das Easyfield® ist ebenfalls ein Kompakt-Instrument in der Perimeter Reihe von OCULUS. Mit ihm lassen sich statische Gesichtsfelduntersuchungen bis zu einer Exzentrizität von 30° durchführen. Als Teststimulus dient ein heller weißer Punkt der Größe III nach Goldmann auf weißem Hintergrund.

Das Centerfield® eignet sich für statische Gesichtsfelduntersuchungen bis zu einer Exzentrizität von 70°. Um dies möglich zu machen, musste der physikalische Öffnungswinkel des Instruments von 35° erweitert werden, was durch einen Versatz des Fixationspunkts erreicht wird. Im Untersuchungsrepertoire enthalten ist auch die kinetische Perimetrie des zentralen Gesichtsfelds sowie die Blau/Gelb-Perimetrie (bei der ein blauer Stimulus auf gelbem Hintergrund präsentiert wird). Beim Centerfield® kommt ein Stimulus der Größe III nach Goldmann zum Einsatz.

Das Twinfield® ist das größte der vier Instrumente. Sein Repertoire umfasst die statische Perimetrie bis zu einer Exzentrizität von 90° ohne Versatz des Fixationspunkts, die kinetische Perimetrie (automatische kinetische Perimetrie oder manuelle kinetische Perimetrie nach Goldmann) und die Farbperimetrie (entweder Blau/Gelb-Perimetrie oder Perimetrie mit roten Stimuli). Bei Gesichtfelduntersuchungen mit dem Twinfield® kommen Stimuli der Größen I, III und V nach Goldmann zum Einsatz.

Auch in der Art der Stimuluspräsentation unterscheiden sich die Perimeter von OCULUS. Beim Easyfield® werden die Lichtpunkte durch ein festes Raster von Leuchtdioden (LEDs) generiert. Smartfield Messungen werden mithilfe eines LCD-Bildschirms mit sehr hoher Leuchtdichte durchgeführt. Der Bildschirm erzeugt eine standardmäßige Hintergrundbeleuchtung für statische Perimetrie. Teststimuli werden auf den Hintergrund projiziert.

Die Modelle Centerfield® und Twinfield® hingegen arbeiten mit einem Rückprojektionssystem, mit dem sich der Stimulus praktisch an jedem beliebigen Punkt auf der Projektionsfläche präsentieren lässt. Vorteil der Rückprojektion ist die kreisförmige Abbildung des Stimulus an jedem beliebigen Ort und die Eignung des Perimeters für eine kinetische Untersuchung.

2. Geschichte der Perimetrie

Während die automatisierte Perimetrie noch eine recht junge Technologie ist, die in den 1970er Jahren entstand, lässt sich die Methode der Gesichtsfelduntersuchung als solche einige tausend Jahre bis in die Zeit der alten Griechen zurückverfolgen. Im Folgenden bieten wir Ihnen einen kurzen Überblick über die wesentlichen Stadien ihrer Geschichte mit besonderem Augenmerk auf ihre Entwicklung bei OCULUS.

2.1. Geschichte der Perimetrie im Allgemeinen

Die erste Aufzeichnung einer Gesichtsfelduntersuchung stammt von Hippokrates (430-380 v. Chr.). Darin beschrieb er einen Gesichtsfeldverlust, den man heute als Hemianopsie einordnen würde.

Auf Leonardo da Vinci (1452-1519) geht die Beobachtung zurück, dass das Gesichtsfeld temporal über 90° hinausreicht. Im Jahr 1668 entdeckte Mariotte den physiologischen blinden Fleck, den er dank seiner guten Intuition mit der Papille in Zusammenhang brachte. Die Symptomatik des Skotoms wurde erstmals 1708 von Boerhouve beschrieben. Der Begriff stammt von dem griechischen Begriff „skotos", was Dunkelheit bedeutet. Die äußere Grenze des Gesichtsfelds wurde erstmals von Young im Jahr 1801 beschrieben. Dessen Erkenntnisse erfuhren jedoch schon 1825 eine Korrektur durch Purkinje.

Zu einem echten Durchbruch kam es 1856 mit der Einführung der Gesichtsfelduntersuchung in die medizinische Praxis durch von Graefe, der damit als Vater der klinischen Perimetrie gelten kann. Auf ihn gehen auch die ersten Beobachtungen von Symptomen wie dem vorhangartigen Gesichtsfeldausfall, dem Sektordefekt, dem vergrößerten blinden Fleck und dem zentralen Skotom zurück. Darüber hinaus schuf er als erster eine Systematik der Gesichtsfeldausfälle.

Mit dem wachsenden Verständnis der klinischen Zusammenhänge um das Gesichtsfeld setzte nun auch die Entwicklung von Untersuchungsmethoden ein. Schon ein Jahr später, 1857, bauten Aubert und Förster das erste Bogenperimeter.

1945 entwickelte Goldmann das erste Projektionsperimeter, bei dem die Fixation, die retinale Adaptation sowie die Stimulusgröße und -intensität präzise kontrolliert werden konnten. Darüber hinaus definierte er Standards für Größe und Intensität des Lichtreizes. Dies stellte den letzten Schritt in das Zeitalter der modernen Gesichtsfelduntersuchung dar, wie wir sie heute kennen.

Während dieser Zeit entwickelte Heinrich Harms Techniken für eine statische Perimetrie mit unbewegten Reizmarken. Diese Arbeiten trieb er nach seinem Wechsel nach Tübingen 1952 weiter voran, wobei er später von Elfriede Aulhorn unterstützt wurde. In den USA arbeitete währenddessen auch Louise Littig Sloane an Techniken der statischen Perimetrie.

2.2. Geschichte der Perimetrie bei OCULUS

Die Beschäftigung mit der Perimetrie hat bei OCULUS eine lange Tradition, die vor mehr als 100 Jahren mit der Herstellung des Förster-Perimeters begann. 1957 intensivierte das Unternehmen seine Zusammenarbeit mit der Universitäts-Augenklinik Tübingen. Ziel war dabei die Entwicklung eines Instruments für die Gesichtsfelduntersuchung. 1959 wurde das erste Perimeter aus dieser Zusammenarbeit vorgestellt: das Tübinger Handperimeter (Abb. 3: Tübinger Handperimeter). Dieses äußerst komplexe Instrument wurde mehr als 300 Mal gebaut und bis 1985 weltweit vertrieben. Es war das erste Perimeter, das kinetische und statische Perimetrie gleichermaßen ermöglichte. Zudem bot es im zentralen Gesichtsfeld bis 30° Exzentrizität die 3-fache räumliche Auflösung gegenüber dem bisherigen Standard des Goldmann-Perimeters. Es beinhaltete bereits die vollständigen technischen Grundlagen nahezu jedes automatischen statischen Perimeters das heute auf dem Markt angeboten wird.



Abb. 3: Tübinger Handperimeter

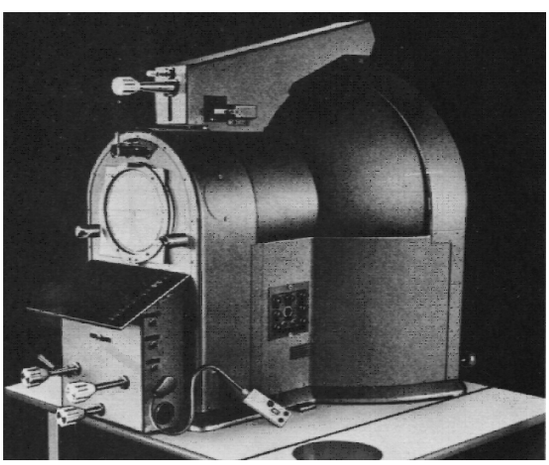


Abb. 4: Tübinger Handperimeter

1976 wurde bei der Tagung der IPS (International Perimetric Society – heute: Imaging and Perimetry Society) in Tübingen der erste Prototyp des Tübinger Automatikperimeters vorgestellt (Abb. 4: Tübinger Handperimeter.



Abb. 5: Erster Prototyp des Tübinger Automatikperimeters (1976)

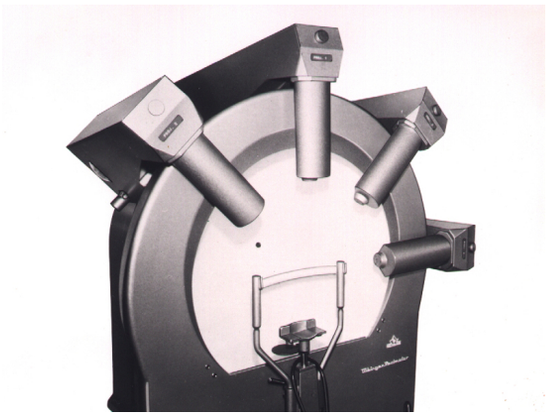


Abb. 6: Erster Prototyp des Tübinger Automatikperimeters (1976)

Dieses wurde aus der Technik des Tübinger Handperimeters in Zusammenarbeit mit der Universitäts-Augenklinik Tübingen und dem Institut für Nachrichtenübertragung der Technischen Universität Stuttgart entwickelt.

Das erste kommerziell erhältliche Tübinger Automatikperimeter (TAP) wurde 1980 bei der (Jahres-) Tagung der DOG in Kiel vorgestellt. Dies war das erste Perimeter von OCULUS, das computergesteuert und somit in der Lage war, Untersuchungen automatisch durchzuführen (Abb. 6: Erster Prototyp des Tübinger Automatikperimeters (1976)).

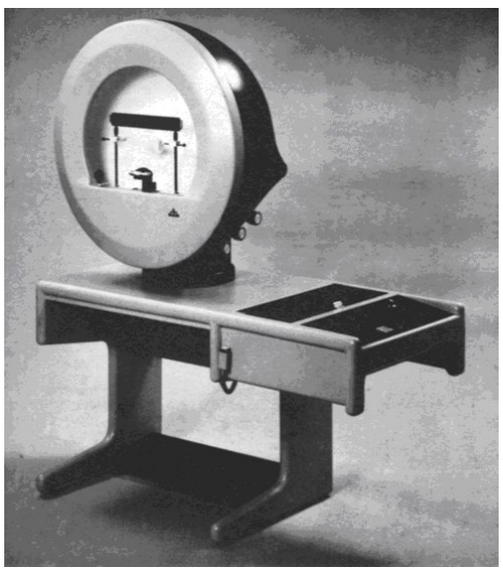


Abb. 7: Das Tübinger Automatikperimeter (TAP) von 1980

Aus der weiteren Entwicklungsarbeit am ursprünglichen TAP gingen zwei Nachfolgemodelle hervor: das TAP 2000 im Jahr 1985 und das TAP 2000 CT im Jahr 1990.



Abb. 8: TAP 2000 CT

1995 brachte OCULUS das Twinfield® Perimeter auf den Markt. Damit waren erstmals sowohl computergesteuert statische als auch kinetische Gesichtsfelduntersuchungen möglich.



Abb. 9: Twinfield®, Easyfield®, Centerfield® und Smartfield Perimeter

Das Twinfield® ist bis heute das Flaggschiff unter den OCULUS Perimetern geblieben. Komplettiert wird die Palette an Instrumenten für die Gesichtsfelduntersuchung durch das Centerfield®, das Easyfield® und das Smartfield Perimeter.

3. Grundlagen der Perimetrie

Unter Perimetrie versteht man die systematische Vermessung des Gesichtsfelds. Die Perimetrie ist eine subjektive Untersuchungsmethode und als solche entscheidend abhängig von der Mitarbeit der untersuchten Person. Für die geeignete Auswahl der durchzuführenden Tests, die korrekte Durchführung der Untersuchung und die Interpretation der Ergebnisse ist ein genaues Verständnis der Grundlagen der Perimetrie unerlässlich.

3.1. Leuchtdichte

Unter dem Begriff Leuchtdichte versteht man ein objektives photometrisches Maß für den Lichtstrom, den ein Leuchtkörper in einer bestimmten Richtung pro Flächeneinheit abgibt. Nach dem Internationalen Einheitensystem (SI) wird die Leuchtdichte in Candela pro Quadratmeter (cd/m²) gemessen. Vor der Zeit der Automatisierung war in der Perimetrie außerdem eine weitere Einheit gebräuchlich, nämlich das Apostilb (asb). Die Umrechnung zwischen diesen beiden Einheiten erfolgt nach der Gleichung 1 asb = 0.3183 cd/m².[1]Zur technischen Spezifikation eines modernen Perimeters werden heute meist die Leuchtdichte des Hintergrunds und die maximale Stimulusleuchtdichte angegeben. Die Leuchtdichte des Hintergrunds beträgt bei allen Perimetern von OCULUS gemäß Goldmann-Standard 10 cd/m² (31.4 asb). Die maximale Stimulusleuchtdichte beträgt bei den OCULUS-Modellen Centerfield® und Twinfield® gemäß Goldmann-Standard 318 cd/m² (1 000 asb) und beim OCULUS Smartfield und Easyfield® Perimeter 3180 cd/m² (10 000 asb).

3.1.1. Leuchtdichtewerte werden auf einer Dezibelskala angegeben

Das menschliche Auge kann Leuchtdichten innerhalb eines Bereichs von 0,001 cd/m² (mondlose Nacht bei geschlossener Wolkendecke) bis ca. 100 000 cd/m² (Neuschnee in vollem Sonnenlicht) verarbeiten. Damit erstreckt sich die Wahrnehmungsfähigkeit des menschlichen Sehsystems über einen Bereich von 8 bis 9 Zehnerpotenzen. Leuchtdichten darüber hinaus verursachen irreversible Schäden der Netzhaut, z. B. durch direkte Sonnenbestrahlung. Um aussagekräftige Untersuchungsergebnisse liefern zu können, müssen Perimeter daher in der Lage sein, Lichtreize über einen großen Leuchtdichtebereich zu erzeugen – meist erstreckt sich dieser über 4-5 Zehnerpotenzen.

Aufgrund dieses großen Wertebereichs wird die Stimulusleuchtdichte in der Perimetrie meist nicht in der Grundeinheit cd/m² sondern in Dezibel (dB) zu einer festen Bezugsgröße angegeben (Twinfield® 318 cd/m², Easyfield® 3 180 cd/m²)[2]. Per Konvention wird für den Referenzwert die maximale Stimulusleuchtdichte des Perimeters verwendet. Der sich ergebende Quotient der Zehnerpotenzen (Zehnerpotenz des Referenz- dividiert durch Zehnerpotenz des gemessenen Werts) wird auf einer Dezibelskala wiedergegeben.[3] Der Referenzwert entspricht demnach dem Nullpunkt der Dezibelskala, beispielsweise entsprechen beim Twinfield® Perimeter 0 dB einer Stimulusleuchtdichte von 320 cd/m². Nach der Rechenvorschrift beschreibt der Messwert 10 dB dann einen Stimulus von einem Zehntel der maximalen Stimulusleuchtdichte, der Messwert 20 dB einen Stimulus von einem Hundertstel dieses Werts, usw. Es handelt sich hierbei um eine logarithmische Darstellung, d. h. dass z. B. eine reale Halbierung des Leuchtdichtewerts auf der Dezibelskala als Erhöhung um ca. 3 dB erscheint.

---

1 Dieser Umrechnungsfaktor ergibt sich aus 1 asb = $1/\varpi$ cd/m².

2 Umrechnung: $\Delta L=10*\log(Lref/\Delta L)$ (im Quotient jeweils in cd/m²). Der Logarithmus einer Zahl <1 ist negativ.
ΔL: Leuchtdichtedifferenz ➔ Unterschied zwischen Leuchtdichte und dem Hintergrund

3 Ein Stimulus der Leuchtdichte L hat auf der Dezibelskala den Wert Lrel = 10·log (Lmax / L). Aus dieser Konvention ergibt sich, dass alle Leuchtdichtewerte auf dieser Skala positiv sein müssen.

Es ist wichtig, sich darüber im Klaren zu sein, dass zwei Stimuli derselben absoluten Leuchtdichte auf der Dezibelskala bei verschiedenen Perimetern verschiedene Werte annehmen können, da die Skala jedes Perimeters von dessen Geräteeigenschaften abhängt. So wird ein Stimulus der Leuchtdichte 10 cd/m^2 beim Easyfield® und Smartfield einen Messwert von 25 dB, beim Centerfield® oder Twinfield® aber einen Messwert von nur 15 dB ergeben. Um vergleichen zu können, muss man also den Referenzleuchtdichtewert der jeweiligen Perimeter kennen.

3.1.2. Leuchtdichteschwelle

Die Leuchtdichteschwelle eines bestimmten Punktes im Gesichtsfeld entspricht dem Übergangsbereich zwischen Stimulusleuchtdichten, die nicht mehr wahrgenommen und solchen, die immer wahrgenommen werden. Da dieser Übergang zwischen dem Sichtbaren und dem Unsichtbaren nicht abrupt, sondern über einen bestimmten Bereich erfolgt, wird die Leuchtdichteschwelle per Konvention mit dem Leuchtdichtewert angegeben, bei dem die Wahrscheinlichkeit, dass der entsprechende Stimulus gesehen wird, 50 % beträgt.

Zwei wesentliche Eigenschaften der Leuchtdichteschwelle gilt es immer zu beachten. Erstens ist sie statistisch definiert, so dass jede Messung der Leuchtdichteschwelle statistischen Schwankungen unterliegt. Daraus folgt, dass einzelne Messungen der Schwelle an ein und demselben Patienten immer etwas unterschiedlich ausfallen können, so dass die wahre Leuchtdichteschwelle durch deren Mittelwert wiedergegeben wird. Zweitens hängt die Schärfe des Übergangs von nicht wahrnehmbaren hin zu stets wahrnehmbaren Stimuli vom Leuchtdichteschwellenwert ab. Im Allgemeinen gilt, dass bei einem (auf der Dezibelskala) hohen Schwellenwert ein schärferer Übergang vorliegt. Bei normalen Schwellenwerten beträgt der Übergangsbereich 3 – 4 dB, während bei pathologischen Werten der Übergangsbereich über bis zu 10 – 12 dB verlaufen kann

Für die Praxis bedeutet dies, dass man standardisierte Stimuli verwenden muss, um Messungen der Leuchtdichteschwelle objektiv miteinander vergleichen zu können (siehe Goldmann).

3.1.3. Lichtunterschiedsempfindlichkeit

Die Lichtunterschiedsempfindlichkeit (LUE) an einem bestimmten Punkt im Gesichtsfeld ist üblicherweise definiert als der (in dB angegebene) Leuchtdichteschwellenwert an eben diesem Punkt. Wie bei der Beschreibung der perimetrischen Dezibelskala erläutert, haben niedrige Leuchtdichtewerte (schwache Lichtreize) hohe Werte auf der Dezibelskala. Um einen solchen Stimulus zu sehen, muss man eine höhere Wahrnehmungsempfindlichkeit haben. Dieser Zusammenhang ist in Abb. 10: Lichtunterschiedsempfindlichkeit veranschaulicht. Die untere Grenze der untersuchbaren Wahrnehmungsempfindlichkeit wird durch die maximale Stimulusleuchtdichte des Perimeters bestimmt, entspricht 0 dB und ist damit geräteabhängig.

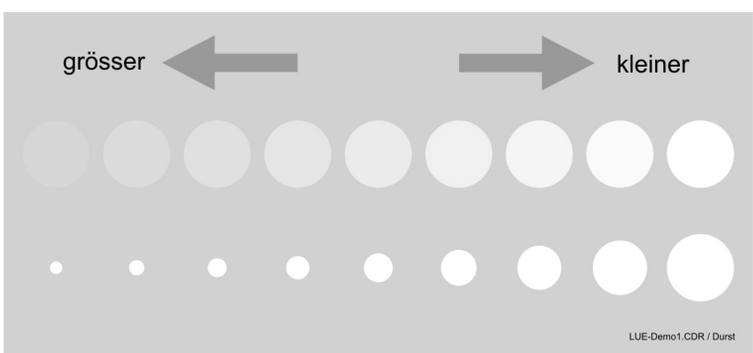


Abb. 10: Lichtunterschiedsempfindlichkeit

3.1.4. Stimulusgrößen und -leuchtdichtewerte nach Goldmann

Im Rahmen seiner Pionierarbeit definierte Hans Goldmann einen Satz von Standardstimuli, die beim Vergleich von Sehtestergebnissen verschiedener Perimeter ein Schlüsselmerkmal sind (Abb. 11: Übersicht über die Testimuli nach Goldmann). Ordnet man sie ihrer Nummerierung nach an (0 bis V), verdoppelt sich der Winkel in Bogenminuten, unter dem sie erscheinen, von einem Stimulus zum nächsten. Die Fläche, die angegeben wird, vervierfacht sich von einer Stimulusgröße zur nächsten. Um ein Gesichtsfeld mit kinetischer Perimetrie hinreichend aussagekräftig darzustellen, werden in der klinischen Perimetrie üblicherweise 4 – 5 Isopteren in je 12 Meridianen bestimmt. Die Testreize werden dazu so gewählt, dass sich Isopteren ergeben, die möglichst gleichmäßig über das Gesichtsfeld verteilt sind. Hierzu kommt vorzugsweise die Marke I in verschiedenen Helligkeitsabstufungen zum Einsatz also I4e, I3e, I2e, I1e. Die Testreizgröße III ist insbesondere bei der gutachterlichen Gesichtsfeldprüfung relevant.

Goldmann definierte auch die Helligkeitswerte der Stimuli auf der Leuchtdichteskala. Als Maximalleuchtdichte legte er den Wert 318 cd/m^2 (1000 asb) fest. Die sich daraus ergebende Dezibelskala unterteilte er in vier Regionen, (logarithmische Dekaden) die er von 1 bis 4 durchnummerierte und jeweils in fünf weitere, mit den Buchstaben a bis e gekennzeichnete Intervalle unterteilte siehe ebenfalls (Abb. 11: Übersicht über die Testimuli nach Goldmann). Nach dieser Konvention hat z.B. ein Stimulus der Leuchtdichte 12 dB die Bezeichnung 2c.

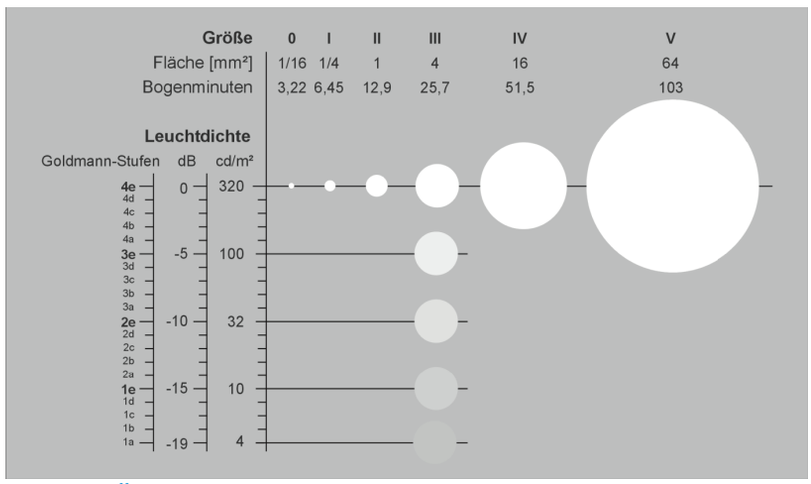


Abb. 11: Übersicht über die Testimuli nach Goldmann

3.2. Das Prüfpunktraster bei der statischen Perimetrie

Große, absolute Gesichtsfeldausfälle, wie etwa bei einem Halbseiten- (Hemianopsie) oder einem Quadrantenausfall, wird man meist ohne weiteres erkennen. Sie können auch per Fingerperimetrie festgestellt werden. Kleine, lokale Gesichtsfelddefekte sind hingegen viel schwieriger zu detektieren. Hierbei spielt das verwendete Prüfpunktraster eine entscheidende Rolle, da die Verteilung der Prüfpunkte über das Gesichtsfeld bestimmt, welche Defekte überhaupt erkannt werden können. Die Wahrscheinlichkeit, kleine Defekte zu erkennen ist umso größer, je dichter das Prüfpunktraster ist. Andererseits wird mit steigender Anzahl an Testpunkten auch die Untersuchungsdauer länger. Dies macht die Untersuchung anstrengender für den Patienten und beeinflusst auch indirekt die Qualität der Messungen. Lange Untersuchungen leiden nicht nur an der abnehmenden Konzentrationsfähigkeit des Patienten, sondern auch an der neurologischen Ermüdung der Retina. Damit nimmt die Genauigkeit, Zuverlässigkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse mit zunehmender Untersuchungsdauer ab.

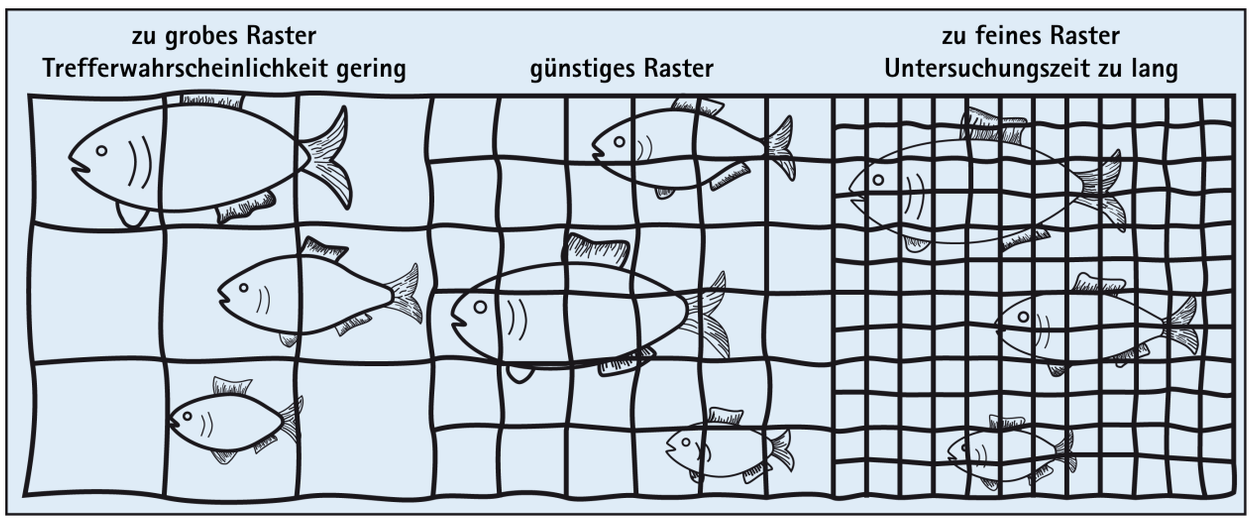


Abb. 12: Zusammenhang zwischen der Anzahl an Prüfpunkten, der Untersuchungsdauer und der Wahrscheinlichkeit, einen Gesichtsfelddefekt zu “fangen”

Nicht nur die Anzahl, sondern auch die Lage der Prüfpunkte spielt eine wichtige Rolle. So ist es in jedem Fall immer sehr hilfreich und auch notwendig, den physiologischen blinden Fleck zu finden. Dessen Lage dient als Bezugspunkt (Referenz-Skotom) bei der Beurteilung der Gesichtsfeldergebnisse. Meist liegt er temporal bei ca. 15° Exzentrizität und weist normalerweise einen Durchmesser von 5° bis 6° auf, wobei ca. 2/3 seiner Fläche unterhalb und 1/3 oberhalb des horizontalen Hauptmeridians zu finden sind.

In der klinischen Praxis trifft man verschiedene typische Defektmuster an, die je nach ihrer Ursache, einen Zusammenhang mit dem horizontalen oder vertikalen Hauptmeridian, also der 0°- bzw. 90°-Achse des Gesichtsfelds, aufweisen. Um die „Abbruchkante" eines solchen Defekts zu finden, sollten Prüfpunkte nicht exakt auf diesen Achsen liegen. Es ist daher sinnvoll, Prüfpunkte in der Nähe dieser Hauptmeridiane zu haben, da man so signifikante Unterschiede zwischen den Quadranten leichter erkennen kann.

Ein günstiges Prüfpunktraster orientiert sich sinnvollerweise an der Physiologie der Netzhaut. So finden sich kleine Gesichtsfeldausfälle in der Regel in der Nähe des Zentrums, größere eher weiter außen. Ein physiologisch orientiertes Raster wird also zum Zentrum hin eine zunehmende Prüfpunktdichte

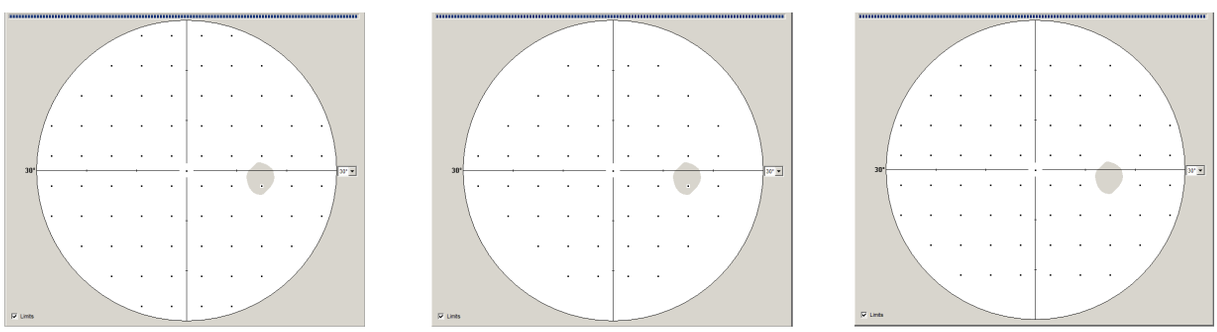
aufweisen und damit eine höhere Trefferquote für kleine Skotome ermöglichen als eine Anordnung mit gleichmäßig verteilten Testorten.

3.3. Prüfpunktraster der OCULUS Perimeter

Welche Prüfpunktraster einem OCULUS Perimter zur Verfügung stehen, hängt zum einen vom eingesetzten Projektionsverfahren und zum anderen natürlich von den physikalischen Grenzen des jeweiligen Perimetermodells ab.

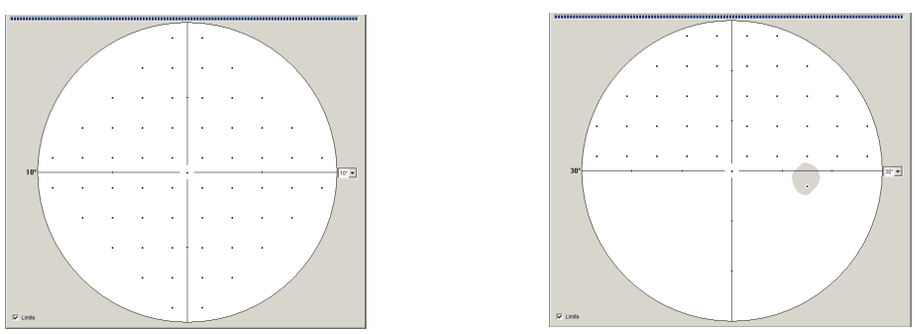
3.3.1. Prüfpunktraster beim OCULUS Easyfield®

Schon ein festes LED-Rastergitter mit einer Exzentrizität bis maximal 30° genügt, um das zentrale Standard-30-2-Raster oder beliebige Teilraster hiervon abzubilden. Gängig sind z.B. das 24-2-Raster, das Raster zur Untersuchung der oberen Gesichtsfeldhälfte oder das Standard 10-2-Raster, mit dem nur der Bereich der Makula untersucht wird.



(a) (b) (c)

Abb. 13: Prüfpunktraster des Easyfield® für das zentrale Gesichtsfeld: 30-2 (a), 24-2 (b) und 30x24 (c) – Letzteres kommt bei der SPARK-Strategie zum Einsatz

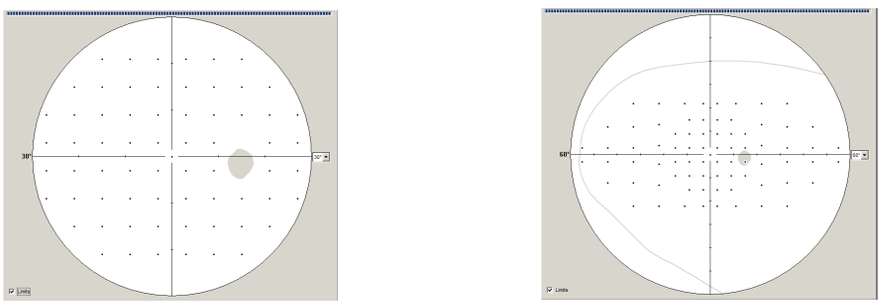


(a) (b)

Abb. 14: Prüfpunktraster des Easyfield® für die Makula (a) und die obere Hemisphäre (b)

3.3.2. Prüfpunktraster beim OCULUS Smartfield

Beim Smartfield Perimeter werden die Stimuli auf einem LCD-Bildschirm dargestellt, daher werden die verfügbaren Gebiete nur durch die Größe des erreichbaren Blickfeldes eingeschränkt. Grundsätzlich soll am Gerät das 30x24-Raster der SPARK-Strategie getestet werden. der Fixationsversatz ermöglicht aber auch Messungen der Peripherie (siehe Abbildung). Selbstverständlich können alle Untersuchungsgebiete für die Makula von den anderen OCULUS Perimetern auch problemlos dargestellt werden.



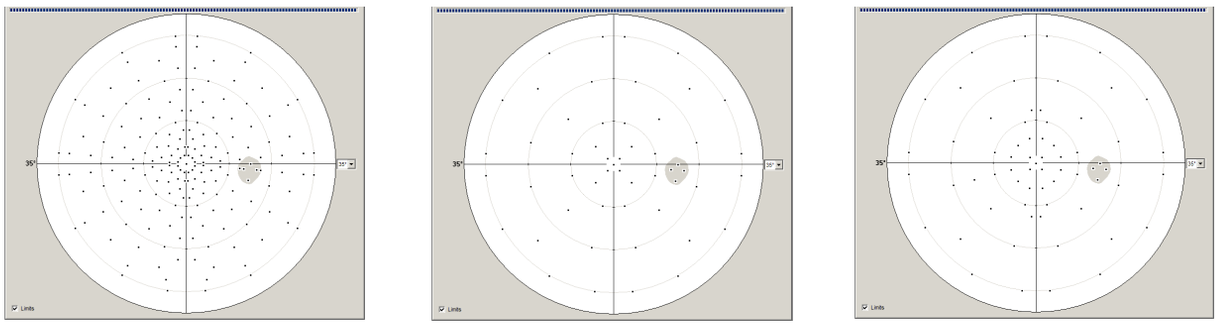
(a) (b)

Abb. 15: Smartfield Prüfpunktraster: 30x24 – Raster der SPARK-Strategie (a) und symmetrisches peripheres Raster (b)

3.3.3. Prüfpunktraster beim OCULUS Centerfield®

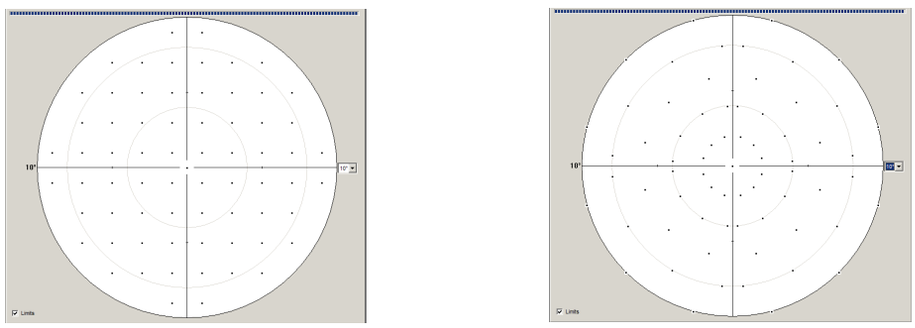
Mit dem im OCULUS Centerfield® realisierten Rückprojektionssystem können Lichtreize an jedem gewünschten Punkt des Gesichtsfelds bis zu einer Exzentrizität von 70° präsentiert werden. Dementsprechend groß ist die Auswahl an vordefinierten Prüfpunktrastern. Darüber hinaus hat der Untersucher bei speziellen Fragestellungen die Möglichkeit, entsprechend den Anforderungen des Einzelfalls eigene Prüfraster zu definieren. Hierbei wird er von dem in die Gerätesoftware integrierten Rastereditor unterstützt.

- **Zentrale Raster:** Neben der Standardauswahl stehen beim Centerfield® auch Raster mit höherer Prüfpunktdichte im Bereich des Fixationspunkts zur Verfügung. Bei diesen Rastern wurden die Prüfpunkte entsprechend der Lage und Orientierung der retinalen Nervenfaserbündel platziert. Aus diesem Grund werden sie auch als physiologische Raster bezeichnet. Besonders bei Glaukomerkrankungen, wenn es darum geht, die genaue Lage von Gesichtsfelddefekten zu bestimmen, sind sie von großem Nutzen. Für die Untersuchung des zentralen Winkelbereichs bis 10° (Makulauntersuchung) stehen auch Alternativen zum orthogonalen 10-2-Raster zur Verfügung.



(a) (b) (c)

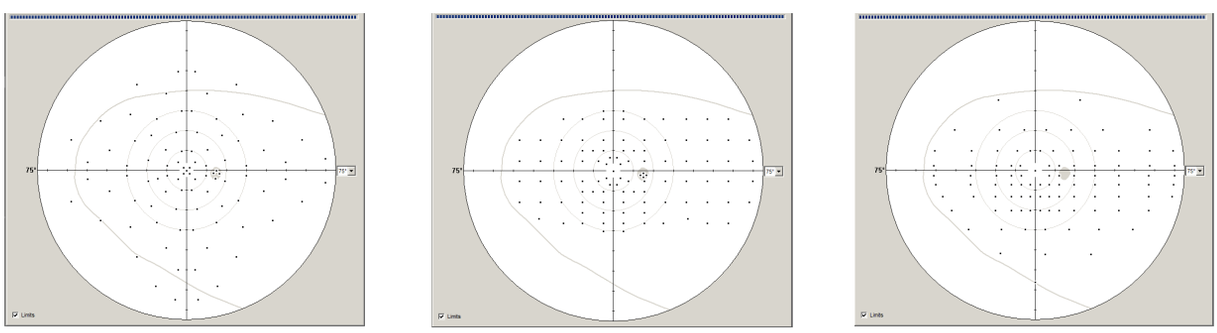
Abb. 16: Physiologische Raster zur Untersuchung des zentralen Gesichtsfelds mit dem Centerfield®: Gebiet 1 (a) für die genaue Defektortung, Gebiet 4 (b) und 8 (c) für schnelle Untersuchungen.



(a) (b)

Abb. 17: Makularaster beim Centerfield®: Raster 10-2 (a) und Gebiet 3 (b)

- **Periphere Raster:** Dank einer raffinierten Verlagerung der Fixationsmarke ist das OCULUS Centerfield® in der Lage, Messungen des peripheren Gesichtsfelds (welches definitionsgemäß im Winkelbereich ab 30° liegt) bis zu einer Exzentrizität von 70° durchzuführen. Periphere Raster kommen vor allem bei Patienten mit Verdacht auf eine neurologische Erkrankung sowie den bei Führerscheinprüfungen routinemäßig durchgeführten Sehtests zum Einsatz.

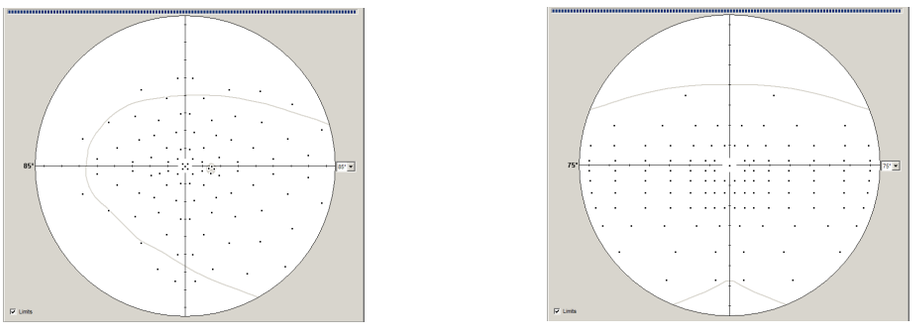


(a) (b) (c)

Abb. 18: Periphere Raster beim Centerfield®: (a) Gebiet 6 für neurologische Patienten, (b) Raster nach FeV-70 für die Untersuchung von Führerscheinanwärtern in Deutschland und (c) Raster für den monokularen Esterman-Test

3.3.4. Prüfpunktraster beim OCULUS Twinfield®

Kennzeichnend für das OCULUS Twinfield® ist die offene Halbkugel, mit der das gesamte Gesichtsfeld ohne Verschiebung des Fixationspunkts untersucht werden kann. Die Raster für die Untersuchung des zentralen Gesichtsfelds sind mit denen des Centerfield® nahezu identisch. Lediglich in der Peripherie bestehen hier aufgrund des erweiterten Messbereichs beim OCULUS Twinfield® geringfügige Unterschiede. Ein weiterer Unterschied ist, dass beim Twinfield® Perimeter auch binokulare Gesichtsfelduntersuchungen möglich sind.



(a) (b)

Abb. 19: Periphere Raster beim Twinfield®: (a) Gebiet 6 mit leicht modifizierter Lage der Prüfpunkte und (b) Raster für den binokularen Esterman-Test.

3.4. Untersuchungsstrategien für die automatisierte Standardperimetrie

Um Informationen über die Lichtunterschiedsempfindlichkeit (LUE) an den durch das gewählte Prüfpunktraster vorgegebenen Punkten zu gewinnen, stehen viele verschiedene Möglichkeiten zur Verfügung. Meist werden an jedem gewählten Punkt Teststimuli unterschiedlicher Leuchtdichte präsentiert, und zwar in einer bestimmten Reihenfolge, die nach einem besonderen Algorithmus unter Berücksichtigung der Reaktion des Patienten auf vorangegangene Stimuli bestimmt wird. Diese Messalgorithmen werden in der Perimetrie als Untersuchungsstrategien bezeichnet. Ist im Zusammenhang mit OCULUS Perimetern von Strategien die Rede, ist damit die verwendete Messmethode gemeint[4].

Hauptziel jeder Strategie ist es, mit möglichst wenigen Testwiederholungen je vorgegebenem Prüfpunkt so viel Information wie möglich über die Lichtunterschiedsempfindlichkeit des Patienten zu gewinnen. Einerseits möchte man genaue Informationen über die Lage der Leuchtdichteschwelle an jedem Prüfpunkt gewinnen; andererseits muss man berücksichtigen, wie gut der Patient die mit der Untersuchung verbundene körperliche und psychologische Belastung bewältigt. Dazu sollte die Untersuchungsdauer möglichst kurz gehalten werden. Im Allgemeinen dauert die Untersuchung umso länger, je höher die gewünschte Ergebnisgenauigkeit ist, da hierzu jeder Prüfpunkt häufiger getestet werden muss. Die einzige Ausnahme hiervon stellt die SPARK-Strategie dar (siehe Refererenz zu SPARK).

4 Ein in einem OCULUS Perimeter installiertes Programm beinhaltet neben den wichtigsten Parametern wie dem Prüfpunktrastern und der Untersuchungsstrategie noch weitere Einstellungen (Methode der Fixationskontrolle, Untersuchungsgeschwindigkeit, usw.)

Die mit den OCULUS-Perimetern verfügbaren Untersuchungsstrategien lassen sich wie folgt in zwei Gruppen aufteilen:

- Schwellenbestimmende Strategien (auch einfach als Schwellenstrategien bezeichnet)
- Schwellennah überschwellige Strategien

Da die jeweilige Messstrategie durch den angewandten Algorithmus bestimmt wird, kann jede Strategie ohne Einschränkung mit beliebigen Prüfpunktrastern kombiniert werden. Einzige Ausnahme hierzu bildet wieder die SPARK-Strategie (siehe Referenz zu SPARK). Bevorzugt eingesetzte Kombinationen aus Rastern und Strategien lassen sich zum leichteren Gebrauch in Form von Programmen abspeichern. Jedes OCULUS-Perimeter wird mit einem Satz vorinstallierter Programme ausgeliefert, der um weitere, nach Vorgaben des Kunden erstellte Programme problemlos erweitert werden kann.

3.4.1. Schwellenstrategien

Bei Schwellenstrategien wird an jedem Punkt des untersuchten Prüfpunktrasters ein Leuchtdichteschwellenwert bestimmt. Meist werden diese Werte auf einer Dezibelskala wiedergegeben. Bei hinreichend großem Datenumfang können die gemessenen Empfindlichkeitswerte einer statistischen Analyse unterzogen und mit einer überschaubaren Anzahl globaler statistischer Indizes zusammenfassend beschrieben werden.

Der in (Referenz zum Luminance Threshold) beschriebenen physiologischen Schwelle wohnt eine Ungenauigkeit inne, der auch mit noch so präziser Messtechnik nicht beizukommen ist, da mit der erforderlichen Mehrfachmessung unweigerlich die natürlichen Schwankungen der Gesichtsfeldfunktion miterfasst werden. Die höhere Realitätstreue erhält man hier durch Mittelung der Ergebnisse.

3.4.1.1. Klassische Schwellenstrategie (mit 4-2 dB Intervallbildung)

Die klassische Schwellenstrategie (Full -Threshold) gilt als Goldstandard unter den verschiedenen Schwellenwertmessmethoden. Da ihr grundlegender Algorithmus auf jedem Perimeter problemlos reproduziert werden kann, ist es mit ihr ohne weiteres möglich, auch auf verschiedenen Perimetern gewonnene Ergebnisse miteinander zu vergleichen.

Die Klassische Schwellenstrategie arbeitet nach folgenden Grundsätzen.

- Alle Punkte im Gesichtsfeld werden unabhängig voneinander geprüft.
- Alle Punkte im Gesichtsfeld werden ausgehend vom jeweils erwarteten Empfindlichkeitswert untersucht.
- Die Vermessung der Leuchtdichteschwelle wird beendet, nachdem der Patient seine Antwort zweimal geändert hat (d.h. die Schwelle zweimal überschritten wurde).

Umseitig ist das Flussdiagramm für die Vermessung eines vorgegebenen Prüfpunkts im Gesichtsfeld nach der klassische Schwellenstrategie dargestellt:

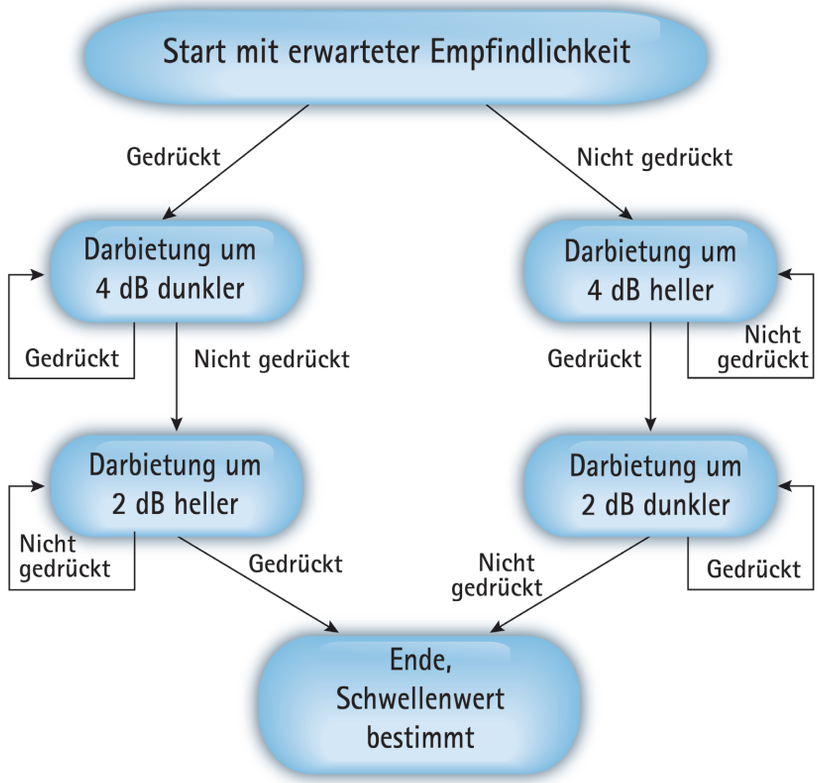


Abb. 20: Extra Schwellenwertbestimmung 4-2

3.4.1.2. OCULUS Schnelle-Schwelle

Die Schnelle-Schwelle wurde entwickelt, um eine kürzere Alternative zur zeitaufwendigen klassischen Schwellenstrategie bieten zu können. Ein naheliegender Weg die Untersuchungsdauer zu verringern besteht darin, dem Patienten weniger Darbietung zu präsentieren. Damit dies nicht zulasten der Präzision geht, muss der damit verbundene Verzicht auf verfügbare Information irgendwie aufgewogen werden. Bei der OCULUS Fast-Threshold-Strategie wird Information dadurch gewonnen, dass die Messung je Prüfpunkt mit einem Stimulus beginnt, dessen Leuchtdichte dem für diesen Punkt erwarteten Empfindlichkeitswert entspricht. Dieser erwartete Wert wird zuvor anhand bereits erhaltener Messergebnisse zu benachbarten Prüfpunkten errechnet. Darüber hinaus ist der Algorithmus derart modifiziert, dass Regionen mit Gesichtsfelddefekten schneller vermessen werden können. Diese sind es nämlich oft, die bei der Gesichtsfelduntersuchung besonders viel Zeit in Anspruch nehmen.

Die Schnelle-Schwellen-Strategie beruht auf folgenden Grundsätzen:

- Alle Prüfpunkte des Gesichtsfelds werden einzeln vermessen.
- Anhand bereits erhaltener Empfindlichkeitswerte zu benachbarten Prüfpunkten werden für neu zu vermessende Prüfpunkte erwartete Empfindlichkeitswerte berechnet.
- Durch den Algorithmus ist sichergestellt, dass die Schwelle mindestens einmal überquert wird.
- Die Schwellenwertmessung für einen Prüfpunkt endet, sobald die Differenz zwischen der gefundenen Ober- und Unter-Grenze für den gesuchten Schwellenwert eine vorgegebene Größe unterschreitet (3 dB).

Unten ist das Flussdiagramm für die Vermessung eines vorgegebenen Prüfpunkts im Gesichtsfeld nach der Schnellen-Schwellen-Strategie dargestellt:

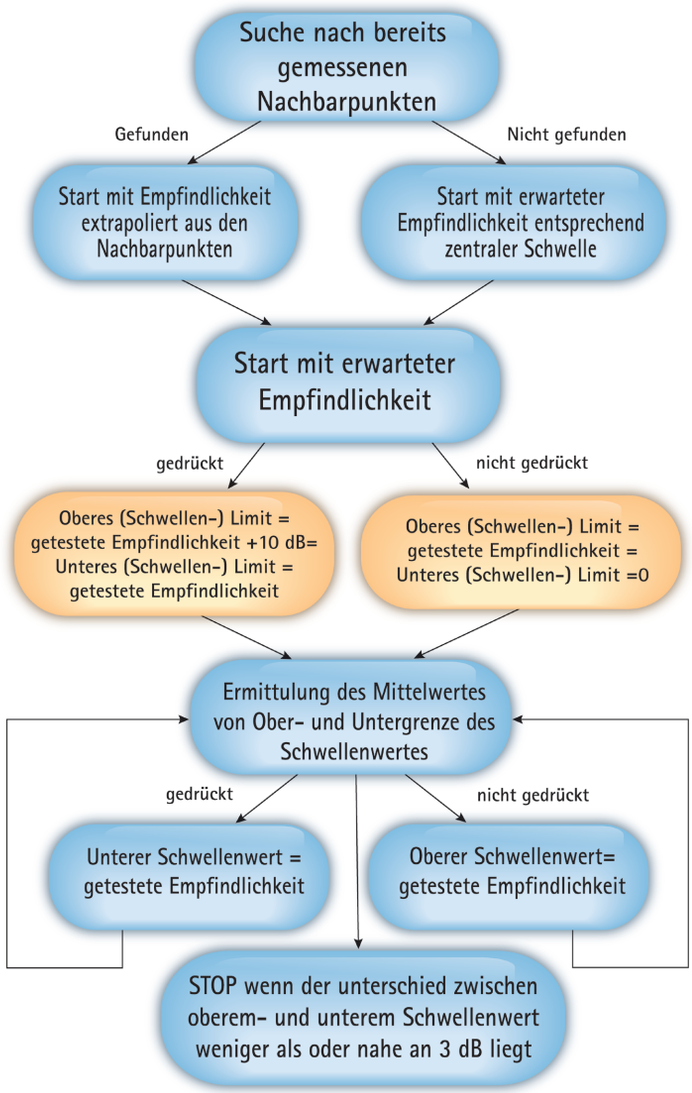


Abb. 21: Schnelle Schwellenwertbestimmung

3.4.1.3. CLIP Strategie

Der CLIP (Continuous Light Increment Perimetry-Perimetrie mit fortlaufend ansteigender Leuchtdichte) Strategie liegt eine völlig andere Untersuchungsmethode zugrunde. Jeder Punkt des Rasters bleibt eingeschaltet und seine Leuchtdichte wird fortlaufend in Schritten von 8x1 dB, 3x2 dB bzw. nx4 dB erhöht bis er erkannt wird.

Diese Strategie beruht auf folgenden Grundsätzen:

- Alle Prüfpunkte des Gesichtsfelds werden einzeln untersucht.
- Die Stimulusleuchtdichte wird in Schritten erhöht, deren Geschwindigkeit anhand der am Patienten gemessenen Reaktionszeit bestimmt wird.
- Der Algorithmus erfordert eine einzige Überquerung der Leuchtdichteschwelle.
- Die Schwellenwertmessung ist abgeschlossen, sobald der Patient den Stimulus erkennt (oder die maximale Leuchtdichte erreicht ist).

Um die Messgenauigkeit zu erhöhen, werden je Quadrant zwei Prüfpunkte zunächst voruntersucht. Daraus ergeben sich geeignete Anfangswerte für die Untersuchung der übrigen Prüfpunkte. Bei dieser Strategie spielt die individuelle Reaktionszeit eine wichtige Rolle. Je schneller der Patient reagiert, desto schneller kann die Helligkeit erhöht und die Untersuchung damit auch durchgeführt werden. Messungen, deren Ergebnisse außerhalb des erwarteten Bereichs liegen, können automatisch wiederholt werden.

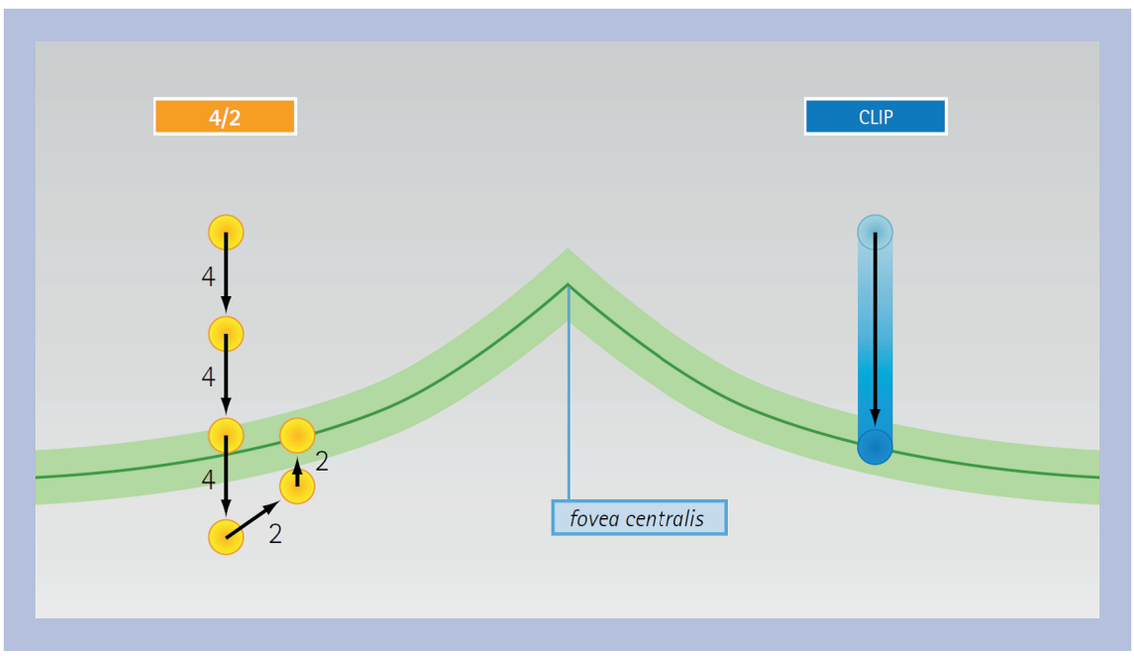


Abb. 22: Unterschied im Vorgehen der 4-2 dB Intervallbildungs-Strategie (= Full-Threshold-Strategie) und der CLIP Strategie

3.4.1.4. SPARK Strategie

Die SPARK Strategie liefert schnellere und besser reproduzierbare Ergebnisse als jede andere derzeit bekannte Strategie der Gesichtsfelduntersuchung. Als Produkt des 21. Jahrhunderts stützt sie sich auf

den gesamten Fundus an Wissen und Erfahrung, der sich seit den Anfängen der computergesteuerten automatisierten statischen Perimetrie angesammelt hat. Ihr Vorgehen zur schnellstmöglichen Generierung verlässlicher Durchschnittswerte beruht auf vielen Jahren intensiver Forschungsarbeit.

Die SPARK Strategie beruht auf folgenden Grundsätzen:

- Die Empfindlichkeitsschwelle ist ein statistisches Phänomen; zu „wahren" Ergebnissen bei der Gesichtsfelduntersuchung gelangt man nur durch Mittelwertbildung.
- Glaukomatöse Gesichtsfeldausfälle treten nicht isoliert auf, sondern lassen in benachbarten Regionen eine ähnlich beeinträchtigte Empfindlichkeit erwarten. Stark korrelierende Ergebnisse findet man außerdem entlang des Verlaufs von Nervenfaserbündeln.
- Durch Heranziehen bestimmter repräsentativer Prüfpunkte kann die durchschnittliche Empfindlichkeit entlang eines Nervenfaserbündels bestimmt werden.
- Die zu untersuchenden Prüfpunkte werden nicht unabhängig voneinander getestet, sondern unter Einbeziehung von Ergebniskorrelationen, die aus groß angelegten klinischen Studien an Glaukompatienten gewonnen wurden.

Zu den Hauptkennzeichen der SPARK Strategie zählt die Aufteilung der Untersuchung in vier Phasen. Jede dieser vier Phasen liefert ein eigenständiges Ergebnis zur Funktionsfähigkeit des gesamten Gesichtsfelds. Durch Mittelwertbildung wird daraus das Endergebnis berechnet.

3.4.1.4.1. SPARK verstehen

Die SPARK Strategie beruht auf statistischen Zusammenhängen, die zwischen den Leuchtdichteschwellenwerten verschiedener Punkte im Gesichtsfeld bestehen. Diese Zusammenhänge wurden aus der Analyse von mehr als 90.000 Gesichtsfelduntersuchungen gewonnen. Um den an einem bestimmten Prüfpunkt angewandten Algorithmus zu beschreiben, reicht ein einfaches Flussdiagramm hier nicht mehr aus. Dank ihres modularen Aufbaus kann die SPARK Strategie in der klinischen Praxis vielseitig eingesetzt werden.

In der ersten Phase werden einige Vortests zum Auffinden möglicher ausgeprägter Empfindlichkeitsverluste durchgeführt. Danach werden einige repräsentative Prüfpunkte untersucht, deren Position dem Verlauf verschiedener Nervenfaserbündel entsprechen. Je nach den Antworten des Patienten werden aus den statistischen Verteilungen vorliegender klinischer Daten die zu erwartenden Schwellenwerte festgelegt. Zur Beseitigung möglicher Artefakte und Feststellung der endgültigen Schwellenwerte wird dieser Vorgang mehrfach wiederholt. Für alle übrigen Prüfpunkte wird der Schwellenwert durch multiple lineare Regressionsrechnung aus den oben genannten klinischen Daten gewonnen. Mit dieser ersten Phase der Untersuchung können Gesichtsfeldausfälle innerhalb 40 Sekunden erkannt werden. Darüber hinaus kann sie zur Eingewöhnung des Patienten dienen oder für Screening-Untersuchungen an großen Probandengruppen oder Routineuntersuchungen an Patienten ohne besondere Krankheitsrisiken eingesetzt werden.

Der ersten Phase, auch Screening-Phase genannt, können drei weitere Untersuchungsphasen nachgeschaltet werden, in denen die Topografie der gefundenen Defekte erfasst und genauer vermessen wird. In diesen zusätzlichen Phasen der Untersuchung werden alle verbleibenden Prüfpunkte miteinbezogen. Die Punkte werden dabei für die zuvor angenommene Schwellenwerte getestet. Von der Patientenantwort abhängig werden diese Werte unter Berücksichtigung des verfahrensbedingten statistischen Standardfehlers nach oben oder nach unten korrigiert. An Prüfpunkten, die in einer Untersuchungsphase ohne Messung bleiben, wird der Schwellenwert durch Interpolation ermittelt. Zum Abschluss jeder der Untersuchungsphasen werden sämtliche Schwellenwerte neu bestimmt. Nach

vollständiger Durchführung aller vier Phasen wird jeweils der Median (Zentralwert). der an einem Prüfpunkt erhaltenen Schwellenwerte. als dessen endgültiger Schwellenwert erfasst. Dieses Vorgehen erhöht die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, da es sich um bereits gemittelte Schwellenwerte handelt.

In ihren Details ist die SPARK Strategie besonders für Screening-Untersuchungen sowie für klinische Untersuchungen an Glaukompatienten ausgelegt. Für Untersuchungen bei vorliegendem Verdacht auf eine neurologische Erkrankung wurde eine eigene Version mit der Bezeichnung SPARK-N entwickelt. In der Genauigkeit, mit der Empfindlichkeitsverluste erkannt werden, ähneln sich die beiden Versionen; ein genaues Bild von deren Topografie erhält man aber am besten durch ihren selektiven Einsatz. Bei der SPARK-N Strategie beinhaltet die vierte Phase keine Messungen mehr, sondern lediglich eine Anpassung der Ergebnisse anhand von Berechnungen an den in den vorangehenden Phasen gewonnenen Informationen.

3.4.1.4.2. Mit SPARK arbeiten

In den OCULUS Perimetern kommen verschiedene Varianten der SPARK Strategie zum Einsatz, denen jedoch allen dasselbe Prüfpunktraster aus 30x24 Punkten (3.3. Prüfpunktraster der OCULUS Perimeter) gemein ist. Anders als andere Strategien kann die SPARK Strategie nur mit diesem einen Raster durchgeführt werden. Bis auf die Methode der Fixationskontrolle sind bei den Untersuchungsparametern auch sonst keine Wahlmöglichkeiten vorgesehen. Dadurch ist gewährleistet, dass SPARK Untersuchungen stets unter identischen Bedingungen stattfinden.

In der Bedienungssoftware der OCULUS-Perimeter stehen folgende Varianten der SPARK Strategie zur Verfügung:

- SPARK Precision – beinhaltet alle vier Phasen der Strategie und liefert die präzisesten und am besten reproduzierbaren Ergebnisse. SPARK Precision erzielt eine hohe Präzision in erstaunlich kurzer Zeit. Auch in ihrem vollen Umfang dauert die Untersuchung nicht länger als 3 Minuten. SPARK Precision wird für klinische Untersuchungen und Studien sowie für die Verlaufskontrolle empfohlen.
- SPARK Quick – beinhaltet die ersten beiden Phasen von SPARK und benötigt hierfür 1,5 Minuten. Diese Variante wird für Screening-Untersuchungen empfohlen. Bei Patienten, die bereits mit der Perimetrie Erfahrung haben, sind die erhaltenen Ergebnisse den von SPARK Precision generierten sehr ähnlich.
- SPARK Training – beinhaltet nur die erste Phase von SPARK. Mit ihrer kurzen Dauer von nur 40 Sekunden eignet sich diese Variante für die Eingewöhnung von Patienten sowie für Screening-Untersuchungen.
- SPARK-N Precision, SPARK-N Quick und SPARK-N Training wurden speziell an die Erfordernisse bei neurologischen Erkrankungen angepasst. Im Wesentlichen sind diese Varianten den übrigen SPARK-Versionen jedoch ähnlich.

3.4.2. Schwellennnah überschwellige Strategien

Bei überschwelligen Strategien werden die Stimuli per Definition an allen Prüfpunkten in einer Leuchtdichte präsentiert, die stets über der erwarteten Empfindlichkeitsschwelle liegt. Als erwarteter Empfindlichkeitswert wird meist der je Prüfpunkt geltende altersabhängige Durchschnittswert bezogen auf die Allgemeinbevölkerung eingesetzt. Dieser Strategietyp wird von Patienten als viel angenehmer empfunden, da die Teststimuli heller sind als bei Schwellenwertuntersuchungen. Außerdem dauern die entsprechenden Untersuchungen weniger lang, da bei gesunden Patienten im ganzen Gesichtsfeld pro Prüfpunkt nur eine einzige Stimulusdarbietung erforderlich ist. Aufgrund eines schnelleren Ablaufs kann hier üblicherweise eine höhere Rasterdichte verwendet werden, mit einer höheren Trefferquote für kleine umschriebene Skotome im engeren Gesichtsfeldbereich.

3.4.2.1. Überschwellige 2-Zonen-Strategie

Diese überschwellige Strategie ermöglicht die einfachsten und schnellsten Untersuchungen mit einem OCULUS Perimeter. Hierbei werden alle Prüfpunkte des gewählten Rasters in eine der beiden Kategorien "gesehen" (erwartet) und "nicht gesehen" (Empfindlichkeitsverlust) eingeordnet. Auf diese Weise können auffällige Punkte des Gesichtsfelds schnell dargestellt werden. Diese Strategie kann nicht zwischen Defekten verschiedener Tiefe unterscheiden.

Unten ist das Flussdiagramm für die Vermessung eines vorgegebenen Prüfpunkts im Gesichtsfeld nach der überschwelligen 2-Zonen-Strategie dargestellt:

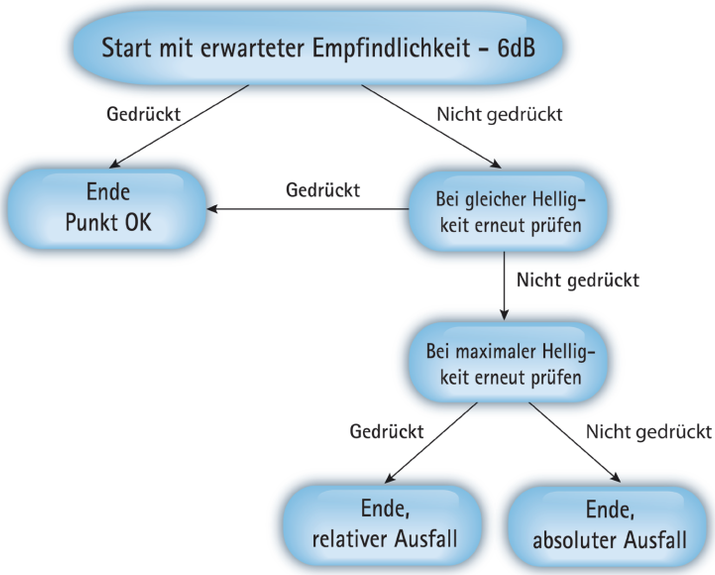


Abb. 23: Überschwelllige 3-Zonen-Strategie

3.4.2.2. Überschwellige 3-Zonen-Strategie

Diese Strategie ist der 2-Zonen-Strategie sehr ähnlich, bietet dabei jedoch den wesentlichen Vorteil, dass zwischen relativen und absoluten Gesichtsfeldausfällen unterschieden werden kann. Sie liefert also eine detailliertere und informationsreichere Beschreibung der Gesichtsfeldfunktion.

Unten ist das Flussdiagramm für die Vermessung eines vorgegebenen Prüfpunkts im Gesichtsfeld nach der überschwelligen 3-Zonen-Strategie dargestellt:

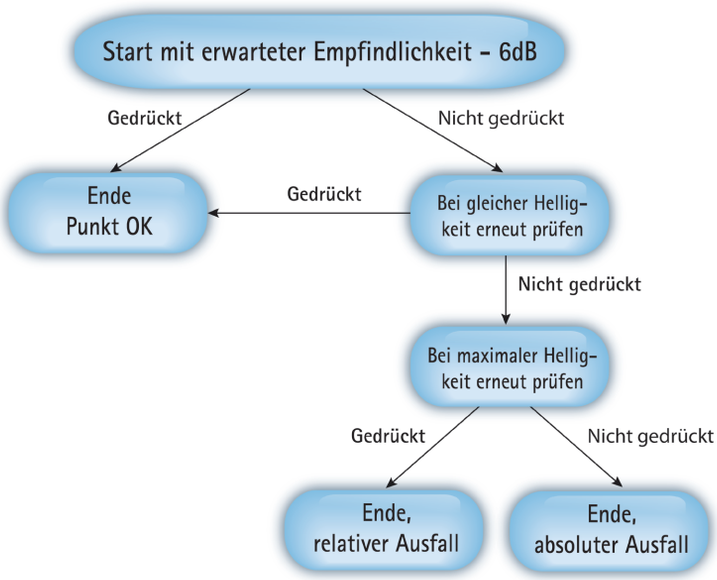


Abb. 24: Überschwelllige 3-Zonen-Strategie

3.4.2.3. Überschwellige Strategie mit Defektquantifizierung

Diese Strategie ähnelt in der Vorgehensweise zunächst der 3-Zonen-Strategie, unterscheidet sich von ihr aber darin, dass relative Ausfälle nicht nur als solche klassifiziert sondern nach der 4-2-dB-Intervallbildungsstrategie auf ihren Schwellenwert hin untersucht werden. Sie stellt eine Mischform zwischen einer überschwelligen und einer schwellenbestimmenden Strategie dar.

Unten ist das Flussdiagramm für die Vermessung eines vorgegebenen Prüfpunkts im Gesichtsfeld nach der überschwelligen Strategie mit Defektquantifizierung dargestellt:

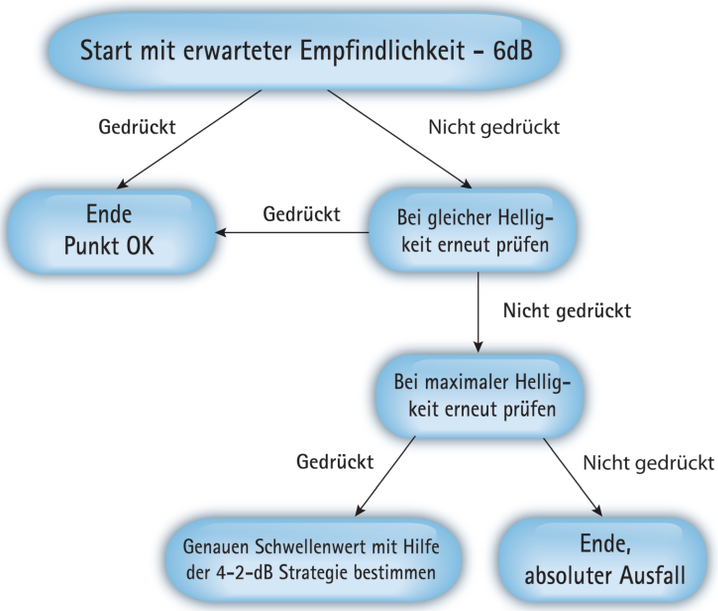


Abb. 25: Überschwellige Strategie mit Defektquantifizierung

3.5. OCULUS Klassen-Strategie

(verfügbar bei Centerfield® und Twinfield®)

Die Leuchtdichteklasse (LDK) beschreibt den Verlauf der Prüfpunkthelligkeit vom Zentrum des Gesichtsfeldes zur Peripherie bei der schwellenorientiert-überschwelligen Untersuchungsstrategie. Entsprechend der Abnahme der LUE zur Peripherie hin muss die Prüfpunktleuchtdichte ansteigen, um im überschwelligen Bereich zu bleiben. Das Gefälle der LDK wurde am mittleren Empfindlichkeitsverlauf von augengesunden Menschen von Aulhorn und Harms ermittelt. Die absolute Höhe der LDK ändert sich über das gesamte Altersspektrum um 4–5 dB und ist im Perimeter in Form von altersentsprechenden Normwerten hinterlegt. Deshalb ist die Altersangabe des Patienten bei der Gesichtsfelduntersuchung von Bedeutung.

Um das gesamte Empfindlichkeitsspektrum der Patienten abdecken zu können, sind alle OCULUS Perimeter mit 6 Leuchtdichteklassen ausgestattet, die auf der Leuchtdichteskala in Abständen von je 5 dB angeordnet sind. Damit wird eine Anpassung an das individuelle Empfindlichkeitsniveau jedes Patienten erreicht. Leuchtdichteklasse 6 repräsentiert immer die maximale Geräteleuchtdichte und wird zur Detektion eines absoluten Defektes verwendet.

Zentrale Leuchtdichteschwelle T_C	Leuchtdichteschwelle bei 15° Exzentrizität T_{15}	Zu wählende Leuchtdichteklasse	Symbol
$27\ dB \leq T_C$	$22\ dB \leq T_{15}$	1	□
$22\ dB \leq T_C \leq 26\ dB$	$17\ dB \leq T_{15} \leq 21\ dB$	2	◫
$17\ dB \leq T_C \leq 21dB$	$12\ dB \leq T_{15} \leq 16\ dB$	3	▥
$12\ dB \leq T_C \leq 16\ dB$	$7\ dB \leq T_{15} \leq 11\ dB$	4	⊞
$7\ dB \leq T_C \leq 11\ dB$	$2\ dB \leq T_{15} \leq 6\ dB$	5	▦
$0\ dB \leq T_C \leq 6\ dB$	$0\ dB \leq T_{15} \leq 1\ dB$	6	■

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen der zentralen Leuchtdichteschwelle (T_C) und der bei 15° Exzentrizität (T_{15}) für jede der sechs Leuchtdichteklassen

Zu Beginn einer Untersuchung stehen zwei Möglichkeiten zur Auswahl: Entweder wählt man aufgrund bereits bestehender Informationen – wie etwa bei Folgeuntersuchungen – direkt eine Leuchtdichteklasse, oder die Leuchtdichteklasse des Patienten wird erst festgestellt. Für die Bestimmung der Leuchtdichteklasse stehen zwei automatische Verfahren zur Verfügung, die beide letztlich darin bestehen, die Leuchtdichteschwelle an geeigneten Prüfpunkten so genau wie möglich zu messen. Welches angewandt wird, richtet sich nach der Entscheidung des Untersuchers, ob von einer intakten Makula oder einer Erkrankung der Makula ausgegangen werden soll. Im ersten Fall wird die zentrale Leuchtdichteschwelle direkt gemessen, und der Computer wählt automatisch die Leuchtdichteklasse, die dem dort gemessenen Wert am besten entspricht.

Ist im Bereich der Makula ein Empfindlichkeitsverlust zu erwarten, sollte sich die Bestimmung der Leuchtdichteklasse nicht nach der zentralen Gesichtsfeldempfindlichkeit richten. Stattdessen sollten 4 Schwellenwerte bei einer Exzentrizität von 15° an den 45°- und 135°-Meridianen gemessen und der beste sich dabei ergebende Wert als Bezugswert für die Festlegung der Leuchtdichteklasse herangezogen werden.

Nach Festlegung der Leuchtdichteklasse wird automatisch ein Programm zur Messung der LUE an jedem Prüfpunkt durchlaufen.

Zunächst präsentiert das Perimeter einen überschwelligen Teststimulus, dessen Leuchtdichte von der aktuell eingestellten Leuchtdichteklasse und der Exzentrizität des gerade untersuchten Punkts bestimmt ist. Erkennt der Patient den Stimulus, ist die Untersuchung für diesen Punkt bereits abgeschlossenen, und man spricht von der erwarteten Empfindlichkeit oder, falls die Leuchtdichteklasse 1 eingestellt ist, von normaler Empfindlichkeit.

Wird der Stimulus nicht erkannt, testet das Perimeter auf das Vorhandensein eines absoluten Defekts, indem es einen Stimulus der maximalen Leuchtdichte, d.h. von 318 cd/m^2 präsentiert. Wird dieser ebenfalls nicht erkannt, stellt die Software für diesen Prüfpunkt einen absoluten Defekt fest.

Wird der Stimulus maximaler Leuchtdichte gesehen, handelt es sich möglicherweise um einen relativen Defekt. Dies wird weiter untersucht, indem ein Stimulus derselben Leuchtdichte wie beim ersten Mal präsentiert wird. Sieht der Patient auch den dritten Stimulus nicht, stellt das Perimeter in einem vierten Schritt das Ausmaß des Defekts fest und ordnet diesen dann einer entsprechenden Leuchtdichteklasse zu.

3.6. Fixationskontrolle

Für die Zuverlässigkeit einer perimetrischen Untersuchung ist das Verhalten des Patienten von ausschlaggebender Bedeutung. Nur bei korrekter Fixation (d.h. der Blick bleibt auf die Fixationsmarke des Geräts gerichtet) ist sichergestellt, dass die gemessenen Werte den ihnen zugeordneten Punkten im Gesichtsfeld entsprechen. In der Fachwelt besteht weitestgehend Konsens darüber, dass die Fixation des Patienten am wirksamsten und zuverlässigsten durch direkte Beobachtung des Untersuchers überprüft werden kann und dass man hier keinem automatisierten Verfahren (wie z.B. dem Eyetracking) blind vertrauen sollte. OCULUS Perimeter bieten die Möglichkeit einer ununterbrochenen Beobachtung des Patientenauges während der Untersuchung, indem über eine Digitalkamera ein kontinuierliches Echtzeitvideo des Auges auf dem Computerbildschirm gezeigt wird. Zusätzlich wird die Fixation des Auges während der Untersuchung nach einem der beiden folgenden Verfahren überwacht:

1. Zentrale Fixationskontrolle (Fixationskontrolle über die zentrale Leuchtdichteschwelle): Dieses Verfahren beruht auf der Tatsache, dass das Gesichtsfeld normalerweise seine höchste Empfindlichkeit in Blickrichtung (seinem Zentrum) hat und dass die Empfindlichkeit von hier ausgehend mit zunehmender Exzentrizität rapide abnimmt. Nach Bestimmung der zentralen Leuchtdichteschwelle zu Beginn der Untersuchung wird dem Patienten von Zeit zu Zeit ein leicht überschwelliger Stimulus präsentiert, der nur bei korrekter Fixation wahrgenommen werden kann. Diese Methode wird allgemein bei Glaukompatienten empfohlen, da der zentrale Bereich des Gesichtsfelds bei dieser Erkrankung meist lange Zeit unbeeinträchtigt bleibt.
2. Heijl-Krakau-Methode (Fixationskontrolle über den physiologischen blinden Fleck): Bei diesem Verfahren wird nach Feststellung der Lage des blinden Flecks (der durchschnittlich temporal bei der Exzentrizität von 15° und dabei zu ca. 80% in der unteren Hemisphäre liegt und einen Radius von ca. 5° aufweist) genau an diesem Punkt des Gesichtsfelds von Zeit zu Zeit ein heller Stimulus präsentiert. Blickt der Patient hierbei auf die Fixationsmarke, wird er den Stimulus nicht wahrnehmen. Diese Methode eignet sich für Patienten mit beeinträchtigter Makula (bei der die zentrale Fixationskontrolle nicht funktioniert), nicht aber für Glaukompatienten, da diese oft hochgradige Gesichtsfeldausfälle im Bereich des blinden Flecks haben und deshalb den Stimulus selbst bei abweichender Blickrichtung möglicherweise nicht sehen würden. Voraussetzung

für diese Art der Fixationskontrolle ist allerdings ebenfalls das Vorhandensein einer zentralen Fixation, da sonst der blinde Fleck möglicherweise nicht an der o.g. Position liegt und bei festgelegtem Prüfpunktraster ggf. nicht hinreichend genau bestimmt werden kann.

3.7. Kinetische Perimetrie

In der klinischen Praxis ist im Allgemeinen die automatisierte Standardperimetrie (SAP) die bevorzugte Methode der Gesichtsfelduntersuchung. Allerdings kann die kinetische Perimetrie in manchen Situationen zu einer genaueren Diagnose beitragen.

Die kinetische Perimetrie dient sowohl der Erfassung der Außengrenzen des Gesichtsfeldes als auch der Messung eines kompletten Gesichtsfeldes. Sie kann zum Beispiel zu der genauen Erfassung eines Skotoms genutzt werden.

Ein Stimulus definierter Größe und Leuchtdichte wird außerhalb des Gesichtsfeldes eingeschaltet und langsam zur Mitte hin bewegt. Sobald der Patient ihn sieht, reagiert er durch Drücken der Handtaste. Anschließend wird das Ganze wiederholt, aber aus einer anderen Richtung. Nach mehrfacher Wiederholung aus verschiedenen Richtungen (üblicherweise 12) ergibt sich ein Ring aus einzelnen Positionen, bei denen der Patient den Stimulus bei einer bestimmten Größe und Leuchtdichte zu sehen beginnt.

Diesen Ring nennt man Isoptere, eine Linie gleicher Empfindlichkeit. Anschließend wird die Leuchtdichte verringert bzw. der Stimulus verkleinert und der Prozess wiederholt. Dadurch erhält man eine weiter innen liegende Isoptere. Das Gesamtbild erhält man aus vier bis fünf Isopteren, die ähnlich wie Höhenlinien auf einer Landkarte das Gesichtsfeld beschreiben. Insgesamt ist diese Untersuchungsmethode etwas einfacher für den Patienten, weshalb sie sich empfiehlt, wenn der Patient mit der statischen Perimetrie überfordert ist. Besonders eignet sich dieses Verfahren zur Ermittlung des peripheren Gesichtsfeldes.

Soll ein Skotom genauer ermittelt werden, kann das ebenfalls per kinetischer Perimetrie geschehen. Man schaltet den Stimulus innerhalb des Skotoms ein und bewegt ihn nach außen. Wenn der Stimulus den defekten Bereich verlässt, dann erkennt der Patient den Stimulus und antwortet. Somit lassen sich die Außengrenzen eines Skotoms sehr genau bestimmen.

Dabei kann man wie folgt vorgehen: Man führt den Stimulus langsam mit ca. 2° pro Sekunde aus dem nicht sehenden Bereich, bis der Patient durch Drücken der Handtaste reagiert. Die verwendeten Prüfpunktrasterhelligkeiten sollten so abgestimmt werden, dass sich die Isopteren möglichst gleichmäßig über das Gesichtsfeld verteilen. Um dem Patienten eventuelle Ängste oder Unsicherheiten zu nehmen, kann vorab die Untersuchungsmethode mit bewegter, kleiner und heller Prüfmarke im sichtbaren Bereich demonstriert werden.



Beginnen Sie NICHT mit der hellsten Prüfmarke, lassen Sie sich immer die Möglichkeit, dem Patienten noch eine hellere Prüfmarke anbieten zu können! Wählen Sie auch nicht gleich die blasseste Prüfmarke, da Ihr Patient sonst eventuell gar keine Angaben machen kann.

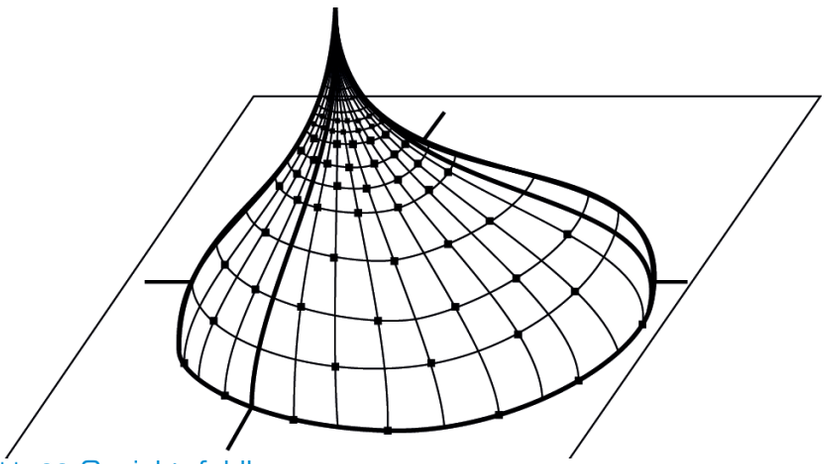


Abb. 26: Gesichtsfeldberg

Die äußere Grenze des Gesichtsfelds lässt sich durch Vermessung der Lage einer einzelnen Isoptere bestimmen. Meist verwendet man hierzu einen Stimulus der Größe III und Helligkeit 4e nach Goldmann (0 dB). Durch Vermessung weiterer Isopteren, die man entsprechend den Erfordernissen des Einzelfalls auswählen wird, erhält man ein detaillierteres Bild des Gesichtsfelds (Abb. 26: Gesichtsfeldberg).

Das OCULUS Twinfield® 2 erlaubt auch vollständig manuelle kinetische Gesichtsfelduntersuchungen und stellt insofern einen modernen Nachfolger der frühen mechanischen kinetischen Perimeter dar. Im Gegensatz dazu wird in der automatisierten kinetischen Perimetrie ein Stimulus frei wählbarer Helligkeit von außen nach innen entlang äquidistanter Meridiane bewegt. Diese Art der Untersuchung lässt sich mit Stimuli der Größe III nach Goldmann und bis zu einer Exzentrizität von 35° auch im Centerfield® 2 Perimeter durchführen.

Die automatisierte kinetische Perimetrie führt allerdings nur bei weitgehend ungestörten Isopteren, also „normalen Gesichtsfeldern, zu brauchbaren Ergebnissen. Komplexe Ausfallsituationen lassen sich mit dieser Methode nicht abbilden, hier sind die automatische Rasterperimetrie oder die manuelle kinetische Methode überlegen und deshalb vorzuziehen.

3.8. Farbperimetrie

(Prof. apl. Dr. Hermann Krastel)

Bei Erkrankungen von Netzhaut und Sehnerv gehen Helligkeitsverluste für Blau und Rot denen für Weiß voraus. Mit blauen und auch mit roten Prüfreizen können in der Perimetrie Befunde erfasst werden, die sich mit weißen Prüfreizen noch nicht zeigen.

Blauperimetrie:

Bei der Blau-praeferentiellen Perimetrie (Blue preferential perimetry; BPFP) drängt die gelbe Umfeld Beleuchtung die Aktivität der mittel- und langwellig empfindlichen Zapfen zurück, so dass bevorzugt das kurzwellig empfindliche System untersucht wird. Das OCULUS Twinfield bietet hier die Möglichkeit die Farben des Prüfpunktes und der Hintergrundbeleuchtung entsprechend anzupassen.

International spricht man hier von der Blue-on-Yellow Perimetry oder auch SWAP = Short Wavelength Automated Perimetry.

Kurzwellig empfindliche Zapfen und Ganglienzellen („Blauzapfen" und „Blauganglienzellen") sind in der Netzhaut besonders gering an Zahl: das kurzwellig empfindliche System ist besonders weitmaschig geknüpft. Schäden der spatialen neuronalen Netzhautorganisation werden deshalb mit BPFP besonders früh erfasst: Störungen der Makula-Funktion bei juvenilem Diabetes, bei seröser Makulopathie, bei juvenilen erblichen und bei toxischen Makulopathien und Retinopathien, Chloroquin- und Hydroxychloroquin Makulo- und Retinopathie, Morbus Stargardt und Retinitis pigmentosa.

Auch bei Glaukompatienten stellen sich Skotome in der BPFPerimetrie ausgeprägter dar als mit Standard-Weiß-Perimetrie, weil der spatiale Raster der Ganglienzellen aufgebrochen ist. Bei diabetischer Retinopathie kommt es zu Ausfällen der Rezeptoren und Ganglienzellen, aber besonders zu Unterbrechungen der Querneurone. Letzterees verursacht den bekannten Verlust an Kontrastempfindlichkeit bei niedrigen Ortsfrequenzen, und eben auch bevorzugt Ausfälle im blau-praeferentiellen Gesichtsfeld.

Die Aussagen der BPFP bei Patienten über 45 Jahren, werden jedoch zunehmend von einer Linsenabsorption beeinflusst. Bei älteren Patienten nimmt die Blauabsorption der Linse überproportional zu. Dann ist im individuellen Befund schwierig abzugrenzen, welche Ausfälle durch neuroretinale Schäden und welche durch die Blauabsorption der Linse bedingt sind.

Rotperimetrie: Die Linsenabsorption stört bei der Rotperimetrie besonders wenig. Die roten Prüfreize werden im Perimeter auf demselben weißen Untergrund dargeboten wie die weißen. Auch das Prinzip der Inkrement Perimetrie ist dasselbe: Rot Inkrement Perimetrie (Red increment perimetry; RIP).

Der Rotstimulus ist spezifisch zur Untersuchung der Zapfenfunktion geeignet. Stäbchen können den langwelligen Stimulus nicht wahrnehmen. Bei Achromatopsie, der angeborenen totalen Farbenblindheit, fehlen die Zapfen und ihre Funktion mehr oder weniger vollständig. Entsprechend fehlt auch ein Gesichtsfeld für Rot vollständig oder größtenteils.

Bei Zapfenerkrankungen sind mit RIP Skotome zu erfassen, die in der Weiß-Perimetrie erst bei weiterem Voranschreiten erkannt werden, so bei Zapfendystrophien, bei Zapfenschäden durch Hydroxychloroquin und Chloroquin, und z.B. bei Carcinom-assoziierter Retinopathie (CAR), aber auch bei Morbus Stargardt („Pseudoprotanomalie") und bei AMD.

Im Sehnerv werden die Signale der mittel- und langwelligen Zapfen mit höherer Frequenz geleitet, als die der kurzwelligen. Handelt es sich um einen Sehnervenschaden, welcher die Erregungsleitung verlangsamt, z.B. durch Demyelinisierung, zeigen sich perimetrische Befunde in der Rot-Perimetrie besonders deutlich.

Handelt es sich um primäre Schäden der Ganglienzellen mit Vergröberung ihres spatialen retinalen Rasters, resultieren besonders ausgeprägte Defekte bei blau-präferenzieller Perimetrie.

Zu berücksichtigen ist, dass auch die angeborenen Farbsinnstörungen Protanopie und Protanomalie mit Helligkeitsverlust für Rot einhergehen und eine mehr oder minder starke Konstriktion des Rot-inkrement-Gesichtsfeldes bewirken. Das eingeschränkte Gesichtsfeld für Rot kann gutachtliche Relevanz haben.

Vor einer Farb-Perimetrie ist nach angeborenen Farbsinndefekten zu fragen und der Farbensinn zu prüfen.

4. Praktische Perimetrie

Die Perimetrie ist bis heute das einzige Verfahren, mit dem sich umfassende Informationen über das Gesichtsfeld eines Patienten gewinnen lassen. Da es sich um eine subjektive Untersuchungsmethode handelt, ist eine gute Mitarbeit des Patienten unerlässlich, wenn sie zuverlässige und aussagekräftige Ergebnisse generieren soll. In diesem Kapitel werden weitere praktische Hinweise zur Perimetrie gegeben, von denen einige speziell die OCULUS-Perimeter betreffen, während andere allgemeingültig sind.

4.1. Programmauswahl

Bei einer Gesichtsfelduntersuchung mit einem OCULUS Perimeter wird über die Softwareschnittstelle des Geräts ein Untersuchungsprogramm ausgeführt. Die zur Auswahl stehenden Programme werden in der Programmliste der Befehlssoftware aufgeführt. Ihre Bezeichnungen geben meist einen Hinweis auf die darin enthaltenen Untersuchungen. Allzuviel Bedeutung sollte man dem Programmnamen allerdings nicht beimessen; entscheidend sind vielmehr die Programmparameter. Erst durch Einstellung der für die jeweilige Untersuchung verfügbaren Parameter wird nämlich das Untersuchungsprogramm eindeutig festgelegt[1]. Meist werden diese Parametereinstellungen auf dem Standardausdruck des Untersuchungsberichts angegeben.

Es gibt eine überschaubare Anzahl von Untersuchungsprogrammen, die in der klinischen Praxis routinemäßig zum Einsatz kommen. Nachfolgend finden Sie einige Empfehlungen zu den häufigsten Untersuchungsverfahren, die bei OCULUS Perimetern zur Verfügung stehen.

4.1.1. Glaukom

Häufigster Anlass für eine Gesichtsfelduntersuchung ist das Krankheitsbild des Glaukoms. Hier sind die aussagekräftigsten Informationen im zentralen Gesichtsfeld bis zu einer Exzentrizität von 30° zu finden, so dass es sich empfiehlt, an einigen Punkten in diesem Bereich die lokale Empfindlichkeitsschwelle zu bestimmen. Dazu werden in der folgenden Tabelle geeignete Paramatereinstellungen empfohlen:

Gebiet	Strategie	Fixation
30x24	SPARK Precision	zentral
24-2[bs]	Fast Threshold	zentral
24-2[bs]	CLIP	zentral

Tabelle 2: Glaukom Parameter[2]

Im Allgmeinen eignet sich für Glaukomuntersuchungen jede Kombination aus den verfügbaren zentralen Rastern (24-2, 24-2bs, 30-2, 30-2bs, Gebiet 4, Gebiet 8) und einer der Schwellenstrategien (Full Threshold, Fast Threshold, CLIP)[3]. Bei Glaukompatienten empfiehlt es sich, die Fixation durch Überwachung der zentralen Empfindlichkeitsschwelle zu kontrollieren.

1 Bei den aktuellen Modellen können im Untersuchungsprogramm folgende Parameter eingestellt werden: Gebiet (Raster), Strategie (Untersuchungsstrategie), Geschw. (Frequenz der Stimuluspräsentation), Modus (nur beim Twinfield®, Standard oder HiSpeed, Fixation (Methode der Fixationskontrolle), SF (Kurzzeitfluktuation – Aus, An oder Auto), Stimulus (Stimulusgröße) und Farbe (Stimulusfarbe).

2 Raster mit der Zusatzbezeichnung „bs" enthalten zusätzliche Prüfpunkte am erwarteten Ort des blinden Flecks, um dessen Lage genauer bestimmen zu können.

3 SPARK stellt einen Sonderfall dar: die SPARK Precision Strategie ist nur in Kombination mit dem 30x24 Raster möglich.

4.1.2. Makulaerkrankungen

Bei Makulaerkrankungen (wie der altersbedingten Makuladegeneration, AMD) ist eine Gesichtsfelduntersuchung in der Umgebung der Fovea zu empfehlen. Dazu werden in der folgenden Tabelle geeignete Paramatereinstellungen empfohlen:

Gebiet	Strategie	Fixation
10-2	Fast Threshold	Heijl-Krakau
10-2	Full Threshold	Heijl-Krakau
Gebiet 3	Fast Threshold	Heijl-Krakau

Tabelle 3: Makulaerkrankung Parameter

Ob eine Makulaerkrankung vorliegt oder welchen Status sie hat, kann über jede Kombination aus den hierfür verfügbaren Rastern (10-2, Gebiet 3) und einer der Schwellenstrategien (Full Threshold, Fast Threshold, CLIP) dieser Untersuchungen herausgefunden werden.

Da diese Erkrankung gerade das Zentrum des Gesichtsfelds betrifft, empfiehlt es sich hier, die Fixation durch Überwachung der Lage des blinden Flecks nach der Heijl-Krakau-Methode zu kontrollieren.

4.1.3. Neurologie

In neurologischen Fällen sollte man zunächst entscheiden, ob es genügt, Informationen über den Zustand des zentralen Gesichtsfelds zu gewinnen oder ob zusätzlich Informationen über die Peripherie gebraucht werden. Im ersten Fall sollte ein symmetrisches Raster, das die zentralen 30° abdeckt, verwendet werden, während im zweiten ein bis in die Peripherie reichendes Raster zu empfehlen ist. Da es bei neurologischen Erkrankungen meist zu sehr ausgeprägten Gesichtsfeldausfällen kommt, kann man hier der schnelleren Ergebnisse wegen auf eine überschwellige Strategie setzen. Für neurologische Patienten ist es besonders geeignet, die zentralen 30° statisch zu erfassen und außen 2 Isopteren kinetisch zu prüfen III4 und I4. Die folgende Tabelle fasst die Empfehlungen für neurologische Fälle zusammen:

Gebiet	Strategie	Fixation
30-2[bs]	2-Zonen	zentral
Gebiet 6	2-Zonen	zentral
30x24	SPARK-N Precision	zentral

Tabelle 4: Neurologie Parameter

SPARK-N Precision ist eine im Hinblick auf neurologische Fälle modifizierte Version der SPARK Precision Strategie. Allerdings können auch Kombinationen aus einem der Raster 30-2, 30-2bs oder denen für Gebiet 4, Gebiet 8, Gebiet 6, dem Esterman-Test oder dem FeV-70 Raster mit einer 2- oder 3-Zonen überschwelligen Strategie geeignet sein, um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten. Auch die kinetische Perimetrie kommt aufgrund ihrer Schnelligkeit und des für den Patienten bequemen Ablaufs in neurologischen Fällen in Frage, um so mehr, als die statische Perimetrie bei dieser Patientengruppe sehr oft eine unzumutbare Belastung darstellt.

4.1.4. Screening-Untersuchungen des Gesichtsfelds

Bei Screening-Untersuchungen kann die Programmstruktur variieren, je nachdem ob es um eine allgemeine Untersuchung oder um die Erkennung einer bestimmten Erkrankung (z.B. Glaukom) geht. Da es bei Screening-Untersuchungen aber auf jeden Fall auf Schnelligkeit ankommt, sind überschwellige Strategien hier eine naheliegende Wahl. Diese wesentliche Anforderung kommt auch in den untenstehenden Empfehlungen zum Ausdruck:

Gebiet	Strategie	Fixation
24-2[bs]	2-Zonen	zentral
30x24	SPARK Quick	zentral
30-2[bs]	3-Zonen	zentral

Tabelle 5: Screening Parameter

Für Screening-Untersuchungen des Gesichtsfeldes kommen im Allgemeinen Kombinationen aus einem der verfügbaren zentralen Raster (24-2, 24-2bs, 30-2, 30-2bs, Gebiet 4, Gebiet 8) mit einer überschwelligen Strategie in Frage (2-Zonen, 3-Zonen). Eine sehr schnelle Übersicht bietet auch die SPARK Training Strategie in Verbindung mit dem 30x24 Raster. Mit dem Centerfield® und dem Twinfield® können auch statische Screening-Untersuchungen unter Einbeziehung der Peripherie (mit Rastern für den Esterman-Test oder Gebiet 5 oder 6 in Verbindung mit einer überschwelligen Strategie) durchgeführt werden. Das Twinfield®-Perimeter bietet zusätzlich die Möglichkeit binokularer Tests (die in manchen Ländern bei Fahrtauglichkeitsprüfungen vorgeschrieben sind) sowie Kombinationen aus den Modulen für statische und kinetische Screening-Untersuchungen (wobei z.B. das zentrale Gesichtsfeld mit Methoden der statischen und die Peripherie der Schnelligkeit wegen mit Methoden der kinetischen Perimetrie untersucht wird).

4.2. Zusätzliche Kriterien

Zusammen mit den obigen Empfehlungen bilden die in den OCULUS Perimetern voreingestellten Untersuchungsprogramme einen guten Ausgangspunkt, um für die in der eigenen klinischen Praxis auftretenden Situationen ein geeignetes Repertoire an Untersuchungsprogrammen zu erstellen. Bei der Erstellung eines geeigneten Programms müssen unter Umständen weitere Kriterien berücksichtigt werden:

- Kompatibilität: Sehr oft kann es von Nutzen sein, die Ergebnisse einer aktuellen Gesichtsfelduntersuchung mit einem früheren perimetrischen Befund des Patienten zu vergleichen. Dies ist keine triviale Aufgabe, da man es dabei meist mit Messungen zu tun hat, die mit verschiedenen Perimetern durchgeführt wurden. Um hier bestmögliche Vergleichbarkeit herzustellen, kann man schon im voraus die Parameter der aktuellen Untersuchung so gut wie möglich an die der früheren Untersuchung anpassen[4].
- Zustand des Patienten: Für manche Patienten kann es sehr schwer sein, die ganzen Untersuchungsprogramme im eigentlich erforderlichen Umfang durchzustehen, während für

4 Die Nachbildung des Prüfpunktrasters bereitet meist keine Probleme, da OCULUS Perimeter in ihrer Software alle über einen Raster-Editor verfügen. Die Untersuchungsstrategien unterliegen dagegen dem Markenschutz der einzelnen Hersteller, sodass es nicht möglich ist, in einem OCULUS Perimeter die Untersuchungsstrategie eines Fremdgeräts zu verwenden. In solchen Fällen sollte man zur bestmöglichen Replizierung eine Strategie verwenden, die der der früheren Untersuchung möglichst ähnlich ist.

andere Patienten manche Teile irrelevant geworden sein können[5]. Sehr oft kann man die Qualität und den Sinngehalt des perimetrischen Befundes wesentlich verbessern, indem man durch Verringerung der Anzahl zu prüfender Punkte oder durch Wechsel von einer Schwellen- zu einer überschwelligen Strategie oder durch Anpassung des Prüfpunktrasters an die Topologie des vorhandenen Gesichtsfelddefekts die Untersuchungsdauer verkürzt.

- Besondere Überlegungen: Es kommt vor, dass ein eindeutiger Befund mit den Standarduntersuchungsprogrammen nicht zu erzielen ist. In solchen Fällen kann ein erfahrener Untersucher ein maßgeschneidertes Programm einsetzen, um die noch offenen Fragen zu klären. Auch für Forschungszwecke können maßgeschneiderte Programme wertvoll sein.

4.3. Zuverlässigkeit der Untersuchung

Die Ergebnisse einer Gesichtsfelduntersuchung liefern nicht nur detaillierte ortsbezogene Informationen über die Leuchtdichteempfindlichkeit des Patienten, sondern müssen oft auch zur Absicherung therapeutischer Entscheidungen dienen. Aus diesem Grund ist es essentiell wichtig, die Zuverlässigkeit der mit einer Untersuchung gewonnenen Ergebnisse einschätzen zu können. Eine Grundvoraussetzung hierfür ist natürlich ein ordnungsgemäß funktionierendes Perimeter. Darüber hinaus ist es aber wegen des subjektiven Messprinzips der Perimetrie unumgänglich, das Verhalten des Patienten bei der Untersuchung zu beurteilen. Es gehört zu den Aufgaben des Untersuchenden, den Patienten zu überwachen, ihm deutlich zu machen, dass er beobachtet wird, ihn zu motivieren und ihm auch Pausen zu gönnen, wenn er Zeichen der Überanstrengung oder Ermüdung zeigt. Solche Zeichen sind z.B. häufige Änderungen der Sitz- oder Kopfhaltung oder eine erhöhte Lidschlagfrequenz.

Ergänzend zu den Möglichkeiten der Interaktion zwischen Untersucher und Patient, die von der Gerätetechnik kaum übernommen werden können, sind die meisten Perimeter mit Tests ausgestattet, die auf der Grundlage von drei Hauptindizes eine Kontrolle der Datenqualität ermöglichen:

1. Fixationskontrolle: Dieser Index misst die Qualität der Fixation des Patienten. Hier bieten OCULUS-Perimeter die Wahl zwischen zwei verschiedenen Messmethoden (siehe auch: Kapitel 3.6. Fixationskontrolle):

   a. Zentrale Fixationskontrolle (Fixationskontrolle über die zentrale Leuchtdichteschwelle): Diese beruht auf der von der Fovea nach außen hin (innerhalb eines Winkelbereichs von ca. 2°) steil abnehmenden Empfindlichkeit. Ein in Fixationsrichtung präsentierter Stimulus von einer leicht über der fovealen Schwelle liegender Helligkeit wird nur gesehen, wenn die Blickrichtung nicht erheblich von der Fixationsmarke abweicht. Zeigt der Patient auf diesen Fixationskontrolltest keine Reaktion, stellt dies eine falsch-negative Antwort dar.

   b. Die Heijl-Krakau Methode (Fixationskontrolle über den physiologischen blinden Fleck): Diese macht sich den blinden Fleck als einen Bezugspunkt zunutze, an dem kein Stimulus wahrnehmbar sein darf. Da der blinde Fleck eine größere Flächenausdehnung hat als die Fovea, werden Fixationsfehler mit dieser Methode erst bei größeren Abweichungen der Blickrichtung erkannt. Fragwürdig wird diese Methode besonders bei Gesichtsfeldausfällen, die den blinden Fleck betreffen (z.B. bei hochgradigem Glaukom). Zu empfehlen ist sie

5 Beispiel: Bei hochgradigem Glaukom verliert das Raster bis 30° gegenüber dem bis 10° zunehmend an Bedeutung, da nur mit letzterem aussagekräftige Informationen über die noch erhaltenen Sehfunktionen des Patienten geliefert werden.

dagegen bei Gesichtsfeldausfällen im Bereich der Makula. Reagiert der Patient auf diesen Fixationskontrolltest, stellt dies eine falsch-positive Antwort dar.

2. Falsch-Positiv-Rate: Dieser Index misst die Neigung des Patienten, auch dann eine positive Antwort zu geben, wenn kein Stimulus präsentiert wurde. Bei OCULUS Perimetern wird die Falsch-Positiv-Rate dadurch bestimmt, dass das Gerät alle bei einer Messung üblichen Geräusche von sich gibt und Bewegungen zeigt, ohne dabei einen Stimulus zu präsentieren, und die Reaktion des Patienten hierauf erfasst. Mit dieser Methode können „reaktionsfreudige" Patienten als solche erkannt werden. Eine hohe Falsch-Positiv-Rate führt meist zu irreführenden Ergebnissen, die die Gesichtsfeldfunktion des Patienten besser erscheinen lassen als sie in Wirklichkeit ist. Wird dies entdeckt, sollte man dem Patienten erklären, dass er nur eine positive Antwort geben soll, wenn er tatsächlich einen Stimulus sieht, und die fehlerhaften Messungen dann wiederholen.
3. Falsch-Negativ-Rate: Dieser Index misst die Neigung des Patienten, einen sonst für ihn sichtbaren Stimulus (den er gerade zuvor noch erkannt hat) zu ignorieren. Falsch-negative Antworten können allerdings auch eine mögliche Folge der beim Glaukom häufig auftretenden starken Fluktuationen der Gesichtsfeldfunktion sein.
4. Kurzzeitfluktuation (SF): Mit diesem Index wird die Zuverlässigkeit der gemessenen Schwellenwerte anhand von mehreren Schwellenwertbestimmungen an verschiedenen Punkten geschätzt. Hier ist zu bedenken, dass wiederholte Schwellenwertbestimmungen eine längere Untersuchungsdauer und damit eine erhöhte Fehlerwahrscheinlichkeit mit sich bringen. Außerdem verliert der Index bei einem beeinträchtigten Gesichtsfeld von vorneherein an Bedeutung, da die beeinträchtigten Gebiete unabhängig von der Qualität der Untersuchung eine erhöhte Variabilität aufweisen. Bei modernen Strategien wie SPARK wird dieser Index nicht mehr verwendet, da der Verkürzung der Untersuchungszeit als Mittel zur Vermeidung von Messfehlern der Vorrang gegeben wird. Bei Anwendung der CLIP Strategie bei Patienten mit beginnendem Gesichtsfeldverlust durch Glaukom kann der Einsatz des SF-Index dennoch gerechtfertigt sein.

Bei Schwellenwertbestimmungen im zentralen Gesichtsfeld wird aus den Ergebnissen der Kontrolltests ein Zuverlässigkeitsfaktor (RF) berechnet, der Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann. Als grober Erfahrungswert gilt, dass RF < 0,7 auf einen unzuverlässiges Ergebnis hinweist. Bei RF > 0,85 handelt es sich meist um zuverlässige Ergebnisse, während im Bereich 0,7 < RF < 0,85 eine Überprüfung der einzelnen Zuverlässigkeitsindizes auf jeden Fall zu empfehlen ist.

Bei unzuverlässigen Ergebnissen ist die Untersuchung zu wiederholen. Allerdings gibt es Situationen, in denen eine Wiederholung keine Verbesserung erwarten lässt (etwa bei ausgeprägten Gesichtsfelddefekten in der Nähe der Fovea, was meist die Fixation erschwert). In solchen Fällen muss der Untersucher versuchen einzuschätzen, wie sich die Ungenaugkeit auf das Ergebnis ausgewirkt hat und dieses dementsprechend beurteilen.

(siehe hierzu Kapitel 5. Perimetrieergebnisse interpretieren)

4.4. Untersuchungshinweise zur exakten Perimetrie

Die Gültigkeit und Bedeutung perimetrischer Befunde sind entscheidend davon abhängig, dass die äußeren Bedingungen bei ihrer Erhebung gewissen Mindeststandards entsprochen haben. Im Detail können die einzuhaltenden Bedingungen je nach Gerät etwas variieren; abgesehen davon lassen sich aber gewisse allgemeingültige Regeln angeben. Auch um aussagekräftige Folgeuntersuchungen zu

ermöglichen ist es wichtig, dass die Umgebungsbedingungen bei einer Gesichtsfelduntersuchung einem Standard entsprechen.

Die im folgenden genannten Empfehlungen sind für Untersucher mit noch keiner oder nur wenig praktischer Erfahrung in der Perimetrie gedacht. Mit zunehmender Erfahrung wird der Untersucher die Einstellungen und die Umgebungsbedingungen der Untersuchung der Gesichtsfeldfunktion und der Fähigkeit des Patienten zur Mitarbeit eigenverantwortlich anpassen können.

Allgemeine Empfehlungen

- Gesichtsfelduntersuchungen erfordern eine hohe Konzentration; daher sollte der Untersucher für eine ruhige Umgebung ohne Störungen sorgen.
- Um aussagekräftige Ergebnisse zu erhalten ist es wichtig, dass die Untersuchung dem Patienten in einfachen Worten erklärt wird. Dazu gehören Fixationskontrolle, Antwortkontrolle, die Möglichkeiten zu Pausen und die voraussichtliche Untersuchungsdauer.
- Manche Patienten müssen während der Untersuchung fortwährend motiviert werden, andere wiederum bei Nervosität oder körperlichen Beschwerden beruhigt werden. Aus diesem Grund ist es ratsam, dem Patienten im Voraus alle Fragen zur bevorstehenden Untersuchung zu beantworten. Dies erleichtert einerseits die Arbeit des Untersuchers und verbessert andererseits die Mitarbeit des Patienten erheblich.
- Der Patient sollte so bequem wie möglich am Perimeter sitzen (mit aufrechter Sitz- und Kopfhaltung). Ist das bequeme Sitzen auch nur im Geringsten beeinträchtigt, kann dies schon nach wenigen Minuten zu einem schwerwiegenden Störeinfluss werden. Die korrekte Kopfhaltung und die Fixation müssen während der gesamten Untersuchung beibehalten werden, da gültige Ergebnisse nur bei korrekter Fixation möglich sind.
- Meist wird das bessere Auge zuerst untersucht. So hat es der Patient mit der ersten Untersuchung leichter, gewinnt Selbstvertrauen und kann sich so bei der Untersuchung des schlechteren Auges besser entspannen. Das nicht zu untersuchende Auge sollte mit einer halbtransparenten Opalaugenklappe abgedeckt werden, der Patient kann dann beide Augen geöffnet lassen, sodass an beiden Augen der gleiche Adaptationszustand herrscht. Manche Patienten sind davon irritiert, dann muss das Auge dunkel abgedeckt werden. Dies kann wegen der Dunkeladaptation zu einer leichten Schwellenverschiebung führen. (das Smartfield und das Easyfield® bieten hierzu vormontierte durchscheinende Augenblenden, so dass auch ohne Augenklappe untersucht werden kann).
- Die Pupille darf vor einer Gesichtsfelduntersuchung nicht erweitert werden. Auch darf kein Augengel und keine -salbe auf das Auge aufgetragen werden.
- Da der Pupillendurchmesser das Endergebniss beeinflusst aber nicht den Verlauf der Untersuchung, empfielt es sich, ihn zu messen. Der Einfluss des Pupillendurchmessers auf die Empfindlichkeitswerte ist im zentralen Gesichtsfeld größer als in der Peripherie. (Je kleiner der Pupillendurchmesser, desto weniger Licht tritt in das Auge ein und desto niedriger liegt die Empfindlichkeit; bei der kinetischen Perimetrie rücken die Isopteren entsprechend zentralwärts). Das gleiche gilt bei Trübungen der brechenden Medien.
- Die Raumbeleuchtung muss angemessen eingestellt sein. Mit einem Smatrfield, Easyfield® oder Centerfield® kann die Untersuchung in einem normal, dabei aber diffus beleuchteten Raum durchgeführt werden (starke Lichtquellen im Rücken des Patienten sind zu vermeiden). Das Twinfield® erfordert einen abgedunkelten Raum; außerdem sollte sichergestellt sein, dass die Perimeterhalbkugel frei von störenden Schatten ist.
- Werden Korrekturgläser eingesetzt, müssen diese mittig vor der Pupille angeordnet sein. Die Lage der Pupille kann über die Kamerafunktion des Perimeters überwacht werden. Der

Abstand zwischen Auge und Korrekturglas sollte ca. 1 cm betragen, damit nicht scheinbare Gesichtsfelddefekte durch den Linsenrand entstehen. Bei geringerem Abstand kann sich Kondenswasser auf der Linse niederschlagen und die gemessene Empfindlichkeit herabsetzen. Ist der Abstand zu groß, kann der Linsenrand den Blick des Patienten verstellen und so Artefakte hervorrufen.

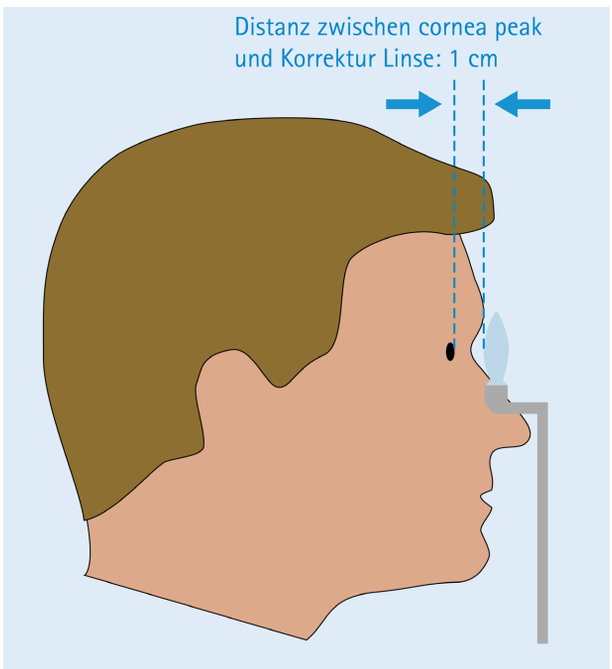


Abb. 27: Richtige Anordnung eines Korrekturglases

- Die Frequenz der Stimulusdarbietung (und damit das Tempo der Untersuchung) muss an den Patienten angepast sein. Beide Augen müssen untersucht werden, besonders bei der ersten Untersuchung.
- Der Untersucher muss den zu untersuchenden Gesichtsfeldbereich festlegen, eine geeignete Strategie wählen und entsprechend dem Alter und der Akkomodation des Patienten ein geeignetes Korrekturglas einsetzen.
- Bei unzuverlässig erscheinenden Ergebnissen sollte die Untersuchung (sofort oder zeitnah) wiederholt werden. Auch verdächtige Befunde sollten zur Überprüfung eine erneute Untersuchung nach sich ziehen. Manchmal genügt es, nur bestimmte Bereiche des Gesichtsfelds erneut zu untersuchen.

4.5. Nahkorrektur während der Untersuchung am Perimeter

Eine genaue Perimetrieuntersuchung erfordert, dass der Patient den Stimulus so scharf wie möglich wahrnimmt. Das heißt, dass der Untersucher sicherstellen muss, dass der Patient im üblichen Untersuchungsabstand von 30 cm über eine gute Sehschärfe verfügt. Bei Fehlsichtigkeit muss daher ein geeignetes Korrekturglas verwendet werden. Auch bei einer Stabsichtigkeit von mehr als 1,0 dpt sollte korrigiert werden.

Ist der Korrekturwert für die Nahsicht (30 cm) unbekannt, kann der erforderliche Korrekturwert ungefähr geschätzt werden, indem man den Korrekturwert für die Fernsicht zugrunde legt und entsprechend der nachfolgenden Tabelle einen altersabhängigen Korrekturwert hinzuaddiert:

Alter	Addition
Ab 40 Jahre	+1.0 D
50–60 Jahre	+2.0 D
Über 60 Jahre	+3.0 D

Tabelle 6: Korrekturtabelle

Individuelle Abweichungen sind möglich und müssen im Einzelfall berücksichtigt werden, z.B. brauchen latente Hyperopien bei ca. 40–50 jährigen Patienten eine höhere Pluskorrektur.

Allerdings gilt zu beachten, dass es bei dem Einsatz von dickeren Gläsern zu Unschärfe kommen kann, die die Untersuchung negativ beeinflusst. Das dickere Korrekturglas sollte näher am Auge, also innen im Glashalter, platziert werden, denn auch so lassen sich „Glasrandskotome" eher vermeiden.

Sphärische und astigmatische Gläser können wie folgt umgerechnet werden, damit man die für die optische Abbildung jeweils geringere Glasdicke verwenden kann:

Bsp. sph +4,0 cyl -3,0 A 90°

sph +1,0 cyl +3,0 A 0°

Addieren Sie zum sphärisches Glas das cylindrisches Glas dazu (+4+(-3)=+1); das Vorzeichen des cyl wird umgekehrt (-3=+3) und die Achse dreht sich um 90°= 0°. Viele Perimeter bieten hier allerdings auch schon eine automatische Umrechnung in ihrer Software an.

Die Korrektur sollte während der Untersuchung derjenigen Gesichtsfeldbereiche benutzt werden, die innerhalb des Brillenglases erscheinen, also bis ca. 30° Exzentrizität.

In der Peripherie ist keine Glaskorrektur nötig und nur dann beizubehalten, wenn das Fixationszeichen überhaupt nicht erkannt wird, da sonst bei der Untersuchung der Gesichtsfeldanteile im Randbereich des Glases durch die Projektion des Prüfpunktes auf die Fassung Skotome bzw. eine konzentrische Gesichtsfeldeinengung vorgetäuscht werden kann.

Auch deshalb sind nur Schmalrandgläser erlaubt, die exakt in den jeweiligen Glashalter passen.

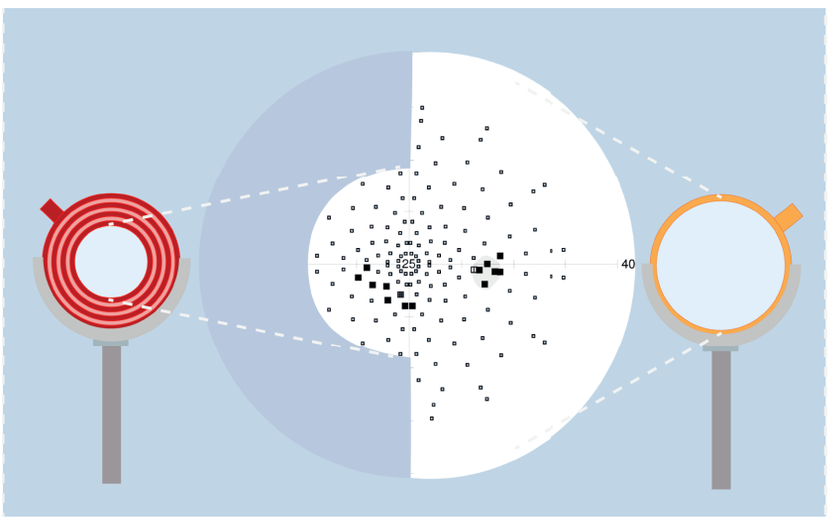


Abb. 28: Zur Veranschaulichung der verfälschenden Wirkung eines üblichen Probeglases gegenüber einem Schmalrandglas

Die Untersuchung kann auch mit eigener Vollglasnahbrille oder mit Kontaktlinsen durchgeführt werden, bei intakter und ausreichender Akkommodation auch mit eigener Fernbrille.

Ein falsches Korrekturglas bzw. eine Dezentrierung des Korrekturglases kann bewirken, dass die Abbildung der Prüfpunkte unscharf wird, sich die Wahrnehmbarkeit verschlechtert und die gemessene Lichtunterschiedsempfindlichkeit sinkt. Die Auswirkungen sind bei kleineren Reizmarken grösser, der Effekt trifft alle Gesichtsfeldorte gleichartig, deswegen kommt es zu einer homogenen Absenkung der LUE. Eine Dezentrierung des Korrekturglases kann zusätzlich durch den Glasrand Absolutdefekte induzieren, die je nach Richtung der Dezentrierung überall liegen können.

Um Glasrandartefakte und Artefakte durch nicht adäquate Korrektur zu vermeiden darf man

- keine Gleitsichtbrille
- keine Bi- oder Trifokalgläser
- keine Breitrandgläser
- keine getönten Gläser
- keine Kantenfiltergläser
- keine Halbbrillen

verwenden.

Korrekturgläser ab ca. -5 dptr. bewirken eine Bildverkleinerung auf der Netzhaut und eine Vergrößerung des Gesichtsfelds, der blinde Fleck ist ebenfalls etwas größer und nach außen verlagert. Bei der kinetischen Perimetrie liegen die Isopteren etwas weiter außen.

Positive Korrekturgläser ab ca. + 5 dptr bewirken eine Verkleinerung des Gesichtsfeldes, der blinde Fleck ist kleiner und nach innen verlagert, die Isopteren rücken bei der kinetischen Perimetrie näher zusammen.

Literatur: Rasterperimetrie mit dem Tübinger Automatik Perimeter (F. Dorner-Schandl, W. Durst, G. Kolling, B. Leo-Kottler)

5. Perimetrieergebnisse interpretieren

Nach Durchführung einer Gesichtsfelduntersuchung muss der Untersucher die erhaltenen Ergebnisse interpretieren. Dies ist eine komplexe Aufgabe, da nicht nur die Messdaten, sondern soweit möglich auch die subjektiven Aspekte der Untersuchung berücksichtigt werden müssen (schließlich handelt es sich um einen subjektiven Funktionstest). Um zu einer richtigen Interpretation der Perimetrieergebnisse zu kommen, muss man sich die gesamte Krankengeschichte des Patienten vergegenwärtigen. Wer sich darin übt, wird mit Jahren der Erfahrung im Interpretieren von Perimetrieergebnissen wesentlich sicherer. In diesem Kapitel werden einige Leitlinien zur Interpretation von Ergebnissen aus der statischen Perimetrie – allerdings ohne Anspruch auf Vollständigkeit – wiedergegeben.

5.1. Ergebnisbericht

Für die Beurteilung der Ergebnisse einer Gesichtsfelduntersuchung werden meist die im Ergebnisbericht enthaltenen Informationen herangezogen. In diesem Abschnitt wird der Aufbau des Standardausdrucks am Beispiel einer mit dem OCULUS Twinfield® durchgeführten Schwellenwertuntersuchung für das zentrale Gesichtsfeld beschrieben (Abb. 29: Beispielhafter Ergebnisbericht zu einer Schwellenwertuntersuchung mit dem Twinfield®1).

Der Standardausdruck beinhaltet Informationen in Form von Text, Zahlen, Symbolen und/oder Grafiken. Beschreibungen zu den nummerierten Bereichen der nachfolgenden Abbildung finden Sie in diesem Kapitel.

1 Im Aussehen kann der Standardausdruck je nach Hersteller leicht variieren; die klinisch wichtigen Informationen sind jedoch immer vorhanden und leicht zu finden.

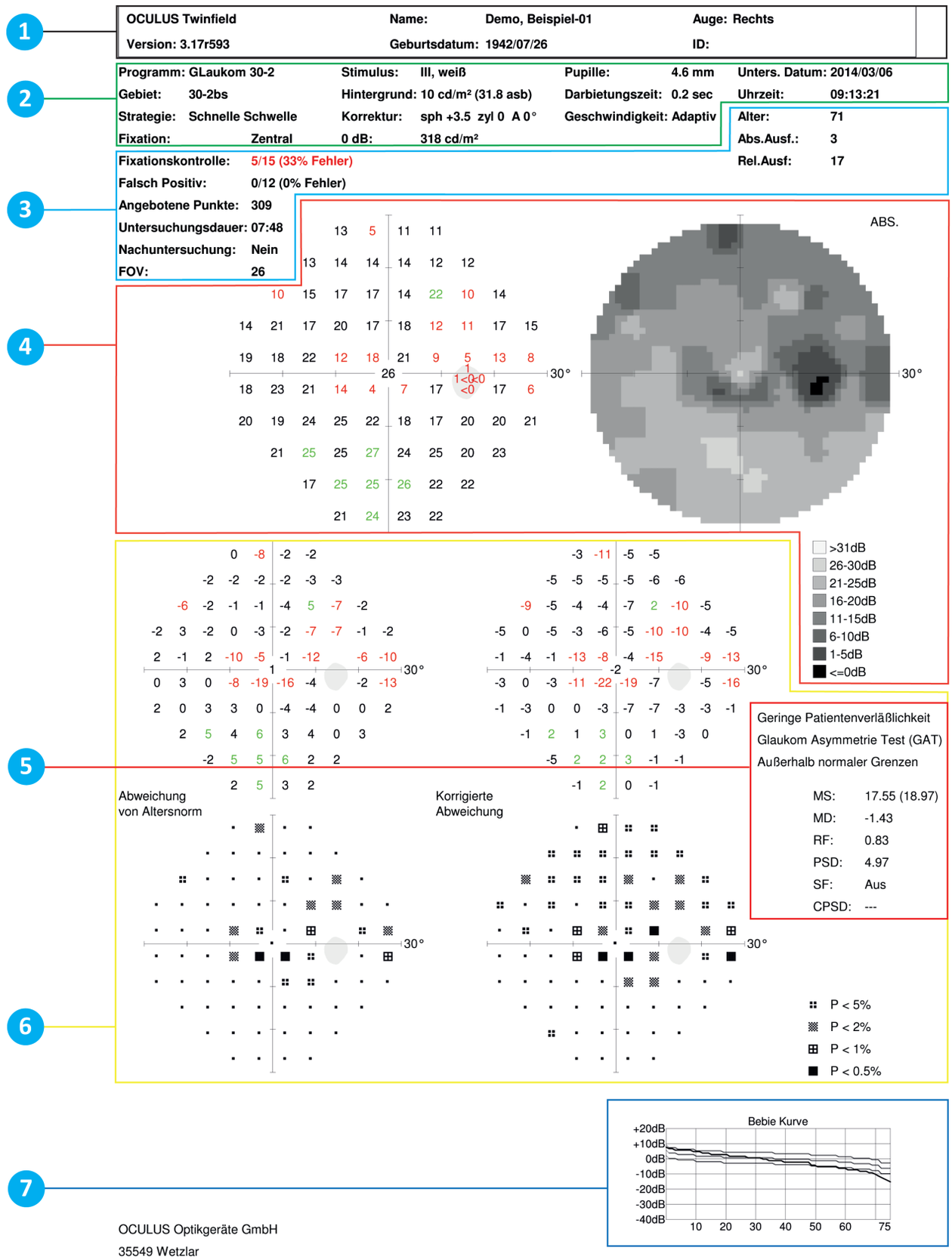


Abb. 29: Beispielhafter Ergebnisbericht zu einer Schwellenwertuntersuchung mit dem Twinfield®

1 Patientenspezifische Daten: Informationen über Namen, Geburtsdatum, Patienten-Nr. und das untersuchte Auge (links/rechts) des Patienten. Auch die bei der Untersuchung eingesetzte Softwareversion ist wiedergegeben.

2 Untersuchungsspezifische Daten: Informationen über die durchgeführte Untersuchung:

- Bezeichnung des Untersuchungsprogramms („Programm"), Bezeichnung des Rasters („Gebiet "), eingesetzte Untersuchungsstrategie („Strategie") und Methode der Fixationskontrolle („Fixation").
- Stimulusgröße und -farbe („Stimulus"), Hintergrundleuchtdichte („Hintergrund"), eingesetzte Refraktionskorrektur („Korrektur"), maximale Stimulusleuchtdichte („0 dB").
- Pupillendurchmesser („Pupille"), Stimulusdarbietungsdauer („Darbietungszeit"), Untersuchungstempo („Geschwindigkeit").
- Untersuchungsdatum („Unters. Datum") und Uhrzeit („Uhrzeit"), Alter des Patienten(„Alter").

3 Kontrolltests und weitere Ergebnisse:

- „Fixationskontrolle": Das Ergebnis der Fixationskotrolltests. Angegeben ist die Anzahl der Fixationsverluste und der insgesamt durchgeführten Tests (z.B. „4/21") und der sich daraus ergebende Prozentsatz (z.B. „19% Fixationsverlust")
- „Falsch Positiv": Das Testergebnis zur Falsch-Positiv-Rate. Angegeben ist die Anzahl der falsch-positiven Antworten und der hierzu insgesamt durgeführten Tests (z.B. „2/23") und der sich daraus ergebende Prozentsatz (z.B. „9% Fehlerrate")
- „Angebotene Punkte": Die Anzahl an Darbietungen einschließlich aller Kontrolltests während der gesamten Untersuchung
- „Untersuchungsdauer": Untersuchungsdauer
- „Nachuntersuchung": zeigt an, ob die Ergebnisse bei einer wiederholten Untersuchung erhalten wurden („Ja" oder „Nein")
- „FOV": Wert der fovealen Schwelle (in Dezibel)
- „Abs. Ausf.": Anzahl erkannter absoluter Gesichtsfelddefekte
- „Rel. Ausf.": Anzahl erkannter relativer Gesichtsfelddefekte

4 Haupt-Ergebnisschaubild: Beinhaltet eine Karte der Schwellenwerte sowie eine Graufstufenkarte.

- Schwellenwerte: zeigt die gemessenen absoluten Schwellenwerte an sämtlichen Prüfpunkten des gewählten Untersuchungsrasters an; dient zur Beurteilung der Gesichtsfeldempfindlichkeit des Patienten.
- Schwellenwert-Graustufenkarte: zeigt die Schwellenwerte über verschiedene Grautöne an. Beim Easyfield® besteht über die Einstellungen die Wahl hierbei die absoluten ("ABS.") oder die relativen ("REL.") Schwellenwerte anzeigen zu lassen. Die relative Graustufenkarte stellt letztlich die Gesamtabweichungen dar (siehe Punkt 6.) und ist von größerer klinischer Bedeutung. Eine Legende der Graustufen wird ebenfalls angezeigt.

5 Globale Beurteilungen und perimetrische Indizes: **Glaucoma Asymmetric Test (GAT):** Die Auswertungen dieses Tests werden angezeigt, wenn Bereiche untersucht werden, die die Prüfpunkte des 24-2-Rasters enthalten. Sie erfolgen auf die gleiche Weise wie beim Halbfeldtest (Glaucoma Hemifield Test (GHT19)). Aus einem Vergleich der Schwellenwerte der oberen und unteren Hemisphäre können folgende Befunde abgeleitet werden:

- Abnormal hohe Empfindlichkeit
- Innerhalb normaler Grenzen
- Grenzfall
- Außerhalb normaler Grenzen
- Allgemeine Reduktion der Empfindlichkeit

Bemerkung: Die OCULUS Twinfield®- und Centerfield®-Perimeter haben an dieser Stelle die Möglichkeit, auf dem Ausdruck anstatt der mittleren Abweichung (MD) und der musterbezogenen Standartabweichungen (PSD) den Wert für die mittlere Deffekttiefe - MD (MeanDefect) und die Verlustvarianz - LV (Loss Variance) anzugeben. Die mittlere Defekttiefe entspricht der mittleren Abweichung mit invertiertem Vorzeichen und die Verlustvarianz der Unebenheit des Gesichtfeldberges (ähnlich wie PSD). Für die Aktivierung dieser Option siehe Benutzerhandbuch des Twinfield - Perimeters.

- **MS – Mittlere Empfindlichkeit** *(Mean Sensitivity)***:** Gibt das arithmetische Mittel der mit dem jeweiligen Raster gemessenen absoluten Empfindlichkeitswerte an. Der Wert in Klammern gibt den aus Normwertstudien gewonnenen durchschnittlichen Empfindlichkeitswert für das Alter des Patienten an. Fällt der gemessene Wert geringer aus, heißt das, dass die Gesichtsfeldempfindlichkeit des Patienten herabgesetzt ist.
- **MD – Mittlere Abweichung** *(Mean Deviation)***:** Die mittlere Abweichung der Empfindlichkeitswerte ergibt sich als Differenz aus dem mittleren Empfindlichkeit (MS) des Patienten und dem altersentsprechenden Normwert. Negativere Werte bedeuten schlechteren Gesichtdsfeldbefund.
- **MD – Mittlere Defekttiefe** *(Mean Defect)***:** Entspricht der mittleren Abweichung mit invertiertem Vorzeichen
- **PSD – Musterbezogene Standardabweichung** *(Pattern Standard Deviation)***:** Gibt den Grad der Unregelmäßigkeiten im vermessenen Gesichtsfeld an und ist damit ein Maß für die Formunterschiede zwischen diesem und einem normalen Gesichtsfeld. Bei lokalisierten Defekten steigt dieser Wert.
- **RF – Zuverlässigkeitsfaktor** *(Reliability Factor)*: Wird aus den Ergebnissen der Kontrolltests berechnet und kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen. Je höher der Wert, desto besser ist die Mitarbeit. Ein Ergebnis RF < 0,7 bedeutet, dass die Mitarbeit des Patienten schlecht war und die Untersuchung wiederholt werden sollte. Ein Wert > 0,85 bedeutet in der Regel eine verwertbare Mitarbeit.

- **SF – Kurzzeitfluktuation** *(Short-Term Fluctuation)*: Gibt die Variabilität der gemessenen Schwellenwerte während einer Untersuchung an. Dieser Index wird nur erfasst, wenn die entsprechende Option bei den Parametern für die statische Untersuchung aktiviert wurde (sonst steht hier "Aus"). Hohe SF-Werte treten typischerweise bei Gesichtsfeldern mit großen Defekten auf, können aber auch auf mangelnde Mitarbeit des Patienten hinweisen.
- **CPSD – Korrigierte musterbezogene Standardabweichung** *(Corrected Pattern Standard Deviation)*: Die Ursache für einen hohen PSD Wert kann durch Schwankungen der Patientenantworten oder tatsächliche Unregelmäßigkeiten im Gesichtsfeldhügel des Patienten bedingt sein. Deshalb werden im Wert CPSD die Schwankungen in den Antworten des Patienten mit Hilfe der Kurzzeitfluktuation (SF) korrigiert. Ist kein SF-Wert verfügbar, wird auch CPSD nicht berechnet.
- **GSS:** Stadium nach dem Enhanced Glaucoma Staging System von Brusini (nur beim Easyfield® und Smartfield): gibt das geschätzte Stadium (Werte von 0 bis 5 oder B („Borderline")) und die Art der Defekte an (L für lokal, G für generalisiert, M für gemischt).

6 Abweichungen von der Altersnorm und Korrigierte Abweichung

- Abweichung von Altersnorm (Total deviation): Zeigt die Abweichungen der gemessenen Schwellenwerte von den zu erwartenden Normwerten entsprechend des Alters des Patienten an jedem einzelnen Prüfpunkt (links oben). Darunter wird die statistische Signifikanz dieser Abweichungen durch Symbole für verschiedene p-Werte angezeigt. Da die Werte im peripheren Gesichtsfeld stärker streuen, müssen hier größere Abweichungen von der Altersnorm bestehen, bevor diese Abweichungen signifikant sind.
- Korrigierte Abweichung (Pattern deviation): Zeigt die Abweichnugen von der Altersnorm um die allgemeine Gesichtsfeldshöhe (GH – general height) korrigiert. Der Wert für diese Korrektur ergibt sich aus dem 85. Perzentil der Abweichungen. Sinn der Korrektur ist, die gemessenen Defekte um einen möglichen generalisierten Empfindlichkeitsverlust, wie er durch Trübungen der brechenden Medien entstehen kann (z.B. beim grauen Star), zu bereinigen. Die korrigierten Abweichungen können bei Patienten mit großflächigem Empfindlichkeitsverlust lokalisierte Defekte sichtbar machen. Man soll beachten, dass diese Darstellung nur bei positivem Korrekturwert klinische Aussagekraft haben kann, also nur wenn die korrigierte Darstellung tatsächlich bereinigt wurde und geringere Gesichtsfeldverluste zeigt als die ursprüngliche Darstellung der Abweichungen von der Altersnorm.

7 Die Defektkurve (*Bebié-Kurve*) zeigt die Werte der Abweichungen von der Altersnorm in absteigender Reihenfolge. Aus dieser Definition folgt, dass klinisch normale ("gesunde") Orte im Gesichtsfeld am Anfang (links), während klinisch auffällige ("stärker beeinträchtigte") Orte am Ende (rechts) dieser stetig abnehmender Kurve wiedergegeben sind. Sämtliche Ortsinformationen gehen bei dieser Darstellung verloren. Ihr Vorteil ist ihre Robustheit gegenüber natürlichen Schwellenfluktuationen. Die Defektkurve wird zusammen mit einer Vergleichskurve (samt Konfidenzintervall), die sich bei normalem Gesichtsfeld ergeben würde, dargestellt.

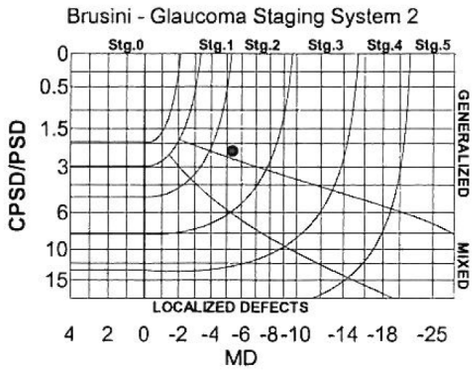


Abb. 30: Brusini - Glaucoma Staging System

8 Glaucoma Staging System (GSS 2 Diagramm): grafische Darstellung nach dem Enhanced Glaucoma Staging System von Brusini (nur für Easyfield® und Smartfield). Im GSS 2 Diagramm werden die Ergebnisse der Gesichtsfelduntersuchung entsprechend den Werten für die mittlere Abweichung (MD) und die musterbezogene Standardabweichung (PSD oder CPSD) klassifiziert. Dazu wird der repräsentative Punkt der Untersuchung in einem Achsendiagramm der beiden perimetrischen Indizes abgebildet. Aus dem Diagramm ergeben sich klar erkennbare Regionen unterschiedlicher Stadien des Gesichtsfeldverlustes (Stadium 0 – 5) entsprechend dem Fortschritt der Erkrankung. Außerdem können generalisierte und lokale Defekte sowie Mischformen zwischen diesen unterschieden werden.

5.2. Gesichtsfelddefekte klassifizieren

Bei der Klassifizierung von Gesichtsfelddefekten spielt die Topologie des Gesichtsfelds eine wichtige Rolle. Wie bereits bildlich dargestellt, werden die Ergebnisse von Gesichtsfelduntersuchungen aus der Perspektive des Patienten gezeigt. Dieser Konvention folgt auch die Bezeichnung der Gesichtsfeldquadranten. Wie im Diagramm dargestellt, wird der obere Teil des Gesichtsfelds auch als superior und der untere auch als inferior bezeichnet. Die Region zur Nase hin wird als nasal und die nach außen hin als temporal bezeichnet.

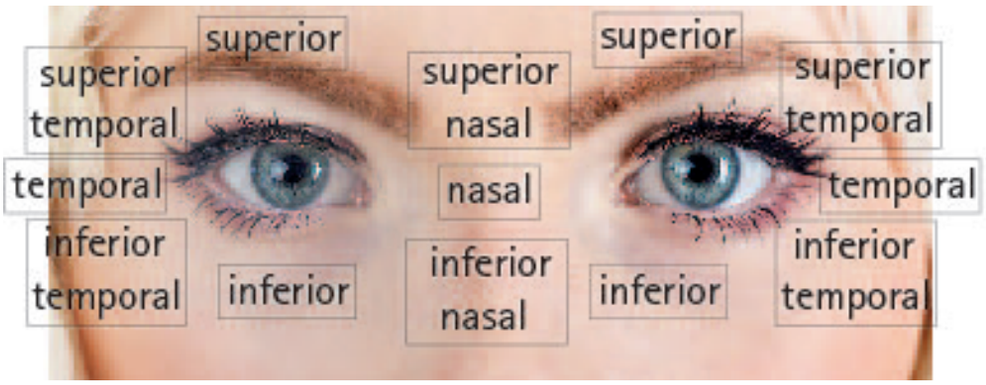


Abb. 31: Gesichtfeld Quadranten

5.3. Normales/Gesundes Gesichtsfeld

Ein normales monokulares Gesichtsfeld erstreckt sich

- Ca 60° nach nasal und nach oben
- Ca 70° nach unten
- Ca 90 °nach temporal

Mit Gesichtsfeld bezeichnet man in der Physiologie, Augenheilkunde, Neurologie und allgemeiner in der Wahrnehmungsforschung das Sichtfeld der Augen an ihrem natürlichen, anatomischen Ort, gewichtet mit der Lichtempfindlichkeit des Zentralen Nervensystems, das die Lichtimpulse aufnimmt und auswertet. Das Gesichtsfeld repräsentiert sowohl den für ein unbewegtes Auge sichtbaren Raum[1] (im 2-dimensionalen Sinn)[2,3] als auch „...die Gesamtheit der optisch-sensorischen Reize, die [...] zur Gehirnrinde geleitet und wahrgenommen werden."[4]

Man unterscheidet das monokulare Gesichtsfeld des jeweils rechten und linken Auges allein, und das binokularen Gesichtsfeld, das die Summe der beiden monokularen Gesichtsfelder ist. Beim Menschen überlappen sich die Gesichtsfelder beider Augen in bestimmten Bereichen, werden zum binokularen Deckfeld, in dem Fusion stattfinden und den sog. Horopter erzeugen kann – eine Voraussetzung für die Entstehung von räumlichem Sehen. Bei einem Erwachsenen beträgt die horizontale Ausdehnung des

1 Robert F. Schmidt, Gerhard Thews (Hrsg.): Physiologie des Menschen, 21. korrigierte Auflage, Springer Verlag, Berlin u. a. 1983, ISBN 3-540-12222-2

2 Raum ist hier im zweidimensionalen Sinn gemeint, als Kugelfläche um den Beobachter herum. Das Gesichtsfeld repräsentiert nicht die Tiefe des Umgebungsraumes, wie sie etwa mittels Stereosehen wahrgenommen wird.

3 Strasburger, H. (2003). Indirektes Sehen. Formerkennung im zentralen und peripheren Gesichtsfeld. Göttingen: Hogrefe

4 Theodor Axenfeld (Begründer), Hans Pau (Hrsg.): Lehrbuch und Atlas der Augenheilkunde. 12., völlig neu bearbeitete Auflage. Unter Mitarbeit von Rudolf Sachsenweger u. a. Gustav Fischer, Stuttgart u. a. 1980, ISBN 3-437-00255-4.

binokularen Gesichtsfelds etwa 214° (±107° auf jeder Seite),[5,6,7] die vertikale zirka 60°–70° nach oben und 70°–80° nach unten.[8,9,10] Das binokulare Gesichtsfeld erstreckt sich also über etwa 1/3 des gesamten Raumes.

Die quantitative, funktionelle Prüfung und Vermessung des Gesichtsfeldes nennt man Perimetrie. Diese Untersuchung hat nicht nur für Erkrankungen des Sehsystems eine hohe Bedeutung, sondern kann auch einen Teil einer allgemeinen neurologischen Diagnostik sein.[11]

Durch die Anatomie von Gesichtsform, Auge und Nase können sich Einschränkungen der Gesichtsfeldaussengrenzen ergeben

5.4. Ursprung von Gesichtsfelddefekten

Um Darstellungen von Gesichtsfelddefekten im Ergebnisbericht richtig interpretieren zu können, ist ein gewisses Grundwissen zur Struktur der Sehbahn unerlässlich. Das durch die brechenden Medien des Auges hindurchtretende Licht wird zunächst auf die Retina projiziert. Wie schematisch in *Abb. 32: Schematische Darstellung der Sehbahn* gezeigt, wird die rechte Seite des Gesichtsfelds (grün) auf die temporale Seite der Netzhaut des linken Auges und auf die nasale Seite der Netzhaut des rechten Auges projiziert. Die dort empfangene Information wird durch den Sehnerv zur Sehnervenkreuzung (dem Chiasma opticum) und von dort weiter zur linken Hirnhemisphäre geleitet. Der Sehnerv selbst lässt sich in drei Regionen aufgliedern: die prächiasmatische (vor der Sehnervenkreuzung gelegene) Region, die Sehnervenkreuzung selbst und die postchiasmatische Region. Wie dargestellt, kreuzen die nasalen Nervenfasern zur kontralateralen Hirnhemisphäre, während die temporalen ihre Richtung ändern und auf die ipsilaterale Hemisphäre projizieren.

Damit lassen sich Gesichtsfelddefekte entsprechend ihrem topologischen Ursprung in drei Gruppen einteilen:

1. Prächiasmatische Läsionen: Hierzu gehören Läsionen der Sehbahn zwischen Hornhaut und Sehnervenkreuzung.
2. Chiasmatische Läsionen: Hierzu gehören Läsionen der Sehnervenkreuzung selbst.
3. Postchiasmatische Läsionen: Hierzu gehören alle Läsionen zwischen der Sehnervenkreuzung und dem visuellen Cortex.

---

5 In den meisten Lehrbüchern wird der horizontale Durchmesser des Gesichtsfeldes fälschlich zu klein angegeben, nämlich mit nur 180°. Der Grund liegt einerseits in der technischen Beschränkung moderner handelsüblicher Kugelperimeter, deren Messbereich nur bis 180° oder noch weniger reicht. Ein weiterer Grund ist die fälschliche Annahme, dass Lichtstrahlen, die seitlich unter einem Winkel von 90° auftreffen (also tangential), gar nicht in das Auge gelangen können. Tatsächlich können sie jedoch sogar noch unter etwas größeren Winkeln als 90° seitlich auf die Hornhaut auftreffen und dennoch, durch deren Brechkraft, ins Auge hinein gelenkt werden.

6 Traquair's Abbildung, aus der die Größe des Gesichtsfeldes hervorgeht

7 Mathur, Gehrmann, Atchison (2013). Pupil shape as viewed along the horizontal visual field. Journal of Vision 13(6):3 1-8.

8 Henning Rönne: Zur Theorie und Technik der Bjerrrumschen Gesichtsfelduntersuchung. In: Archiv für Augenheilkunde. 78, Nr. 4, 1915, S. 284–301.

9 Harry Moss Traquair: An Introduction to Clinical Perimetry, Chpt. 1. Henry Kimpton, London 1938, S. 4–5.

10 Robert H. Spector: Clinical Methods: The History, Physical, and Laboratory Examinations. 3rd edition.. 1990.

11 Claus-W. Wallesch (Hrsg.): Neurologie. (Diagnostik und Therapie in Klinik und Praxis). Elsevier, Urban & Fischer, München u. a. 2005, ISBN 3-437-23390-4.

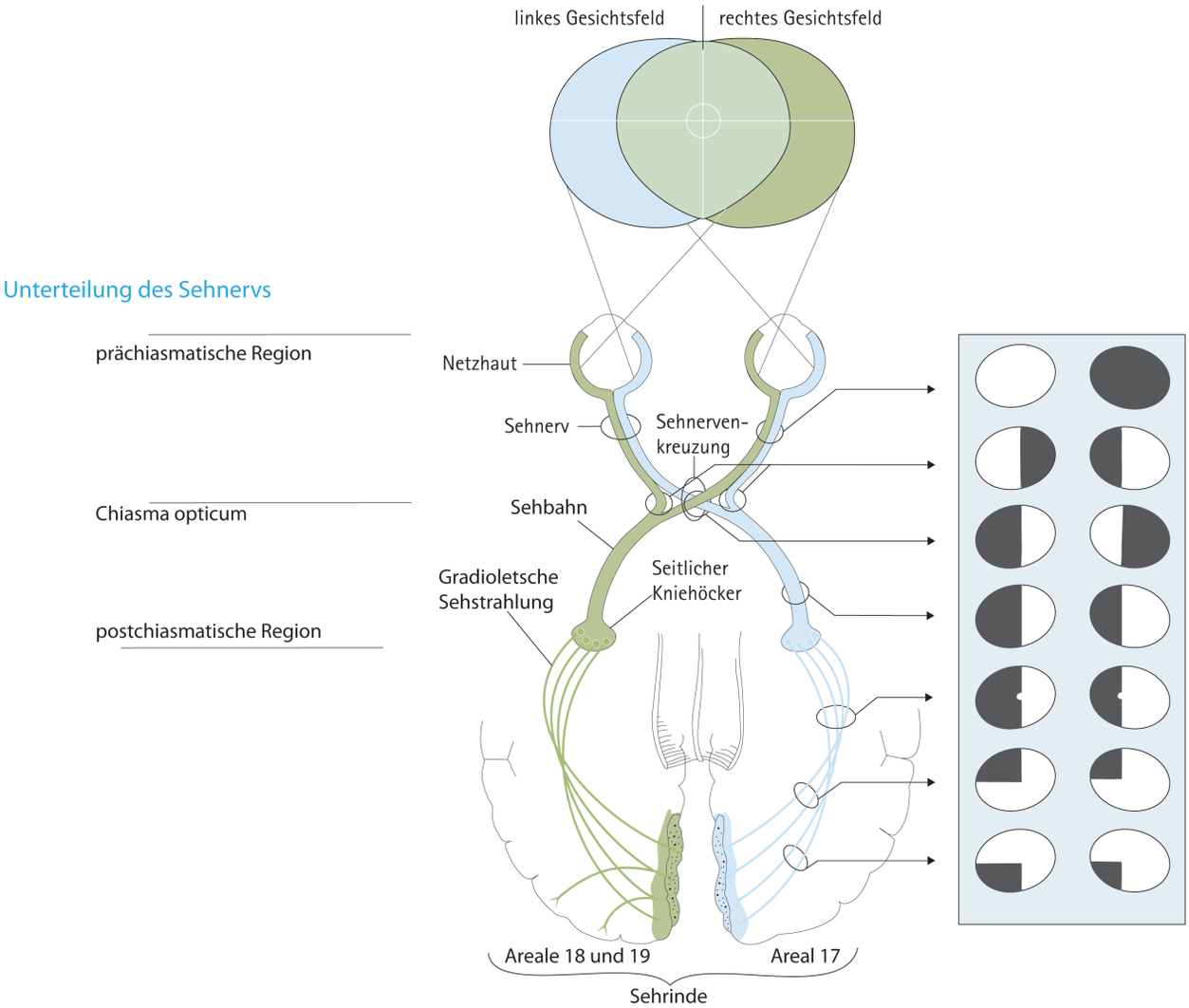


Abb. 32: Schematische Darstellung der Sehbahn

Damit treten Gesichtsfelddefekte in den Ergebnissen einer Gesichtsfelduntersuchung je nach dem Ort ihres Ursprungs auf unterschiedliche Weise zutage[12] und es lassen sich aus den Untersuchungsergebnissen Hinweise zu möglichen Ursachen gewinnen. Im Folgenden werden einige Besonderheiten der drei oben genannten Symptomgruppen beschrieben. Sie liefern keine umfassende medizinische Erklärung der Symptome, sondern sollen lediglich die Zusammenhänge zwischen dem möglichen topologischen Ursprung von Gesichtsfelddefekten und den von einem Perimeter gelieferten Ergebnissen aufzeigen.

12 Werden Gesichtsfelddefekte als prächiasmatisch, chiasmatisch oder postchiasmatisch bezeichnet, wird damit auf ihren Ursprung Bezug genommen.

5.4.1. Prächiasmatische Defekte

Prächiasmatische Gesichtsfelddefekte werden hervorgerufen durch Sehbahnläsionen vor der Sehnervenkreuzung, wie etwa Läsionen der Retina oder des Sehnervens. Diese Defekte sind ihrem Wesen nach einäugige Defekte, d.h. sie können auch ein einzelnes Auge betreffen. Da aber viele Erkrankungen beide Auge gleichzeitig in Mitleidenschaft ziehen, können derartige Defekte auch in beiden Augen auftreten. Daher schließt ein binokularer Defekt keine prächiasmatische Läsion aus, während ein monokularer Defekt mit hoher Wahrscheinlichkeit auf eine prächiasmatische Läsion schließen lässt.

Entsprechend der Vielfalt möglicher Ursachen können sich nach Form, Ort und Tiefe die unterschiedlichsten Gesichtsfelddefekte ergeben. Der Patient muss an der betreffenden Stelle des Gesichtsfelds keineswegs völlig blind sein (das wäre bei einem absoluten Defekt der Fall), sondern kann dort auch nur eine deutlich herabgesetzte Empfindlichkeit haben. Die folgenden Beispiele sollen einen Eindruck von den möglichen Symptombildern vermitteln.

Das erste Beispiel zeigt das Gesichtsfeld eines linken Auges mit einer ausgeprägten Makuladegeneration, also einer Netzhauterkrankung. Eine größere geographische Atrophie (trockene Form der altersbedingten Makuladegeneration) kann zu einem zentralen Skotom, wie in *Abb. 33: Makuladegeneration (OS)* gezeigt, führen. Das rechte Auge zeigt in diesem Fall keine Auffälligkeiten.

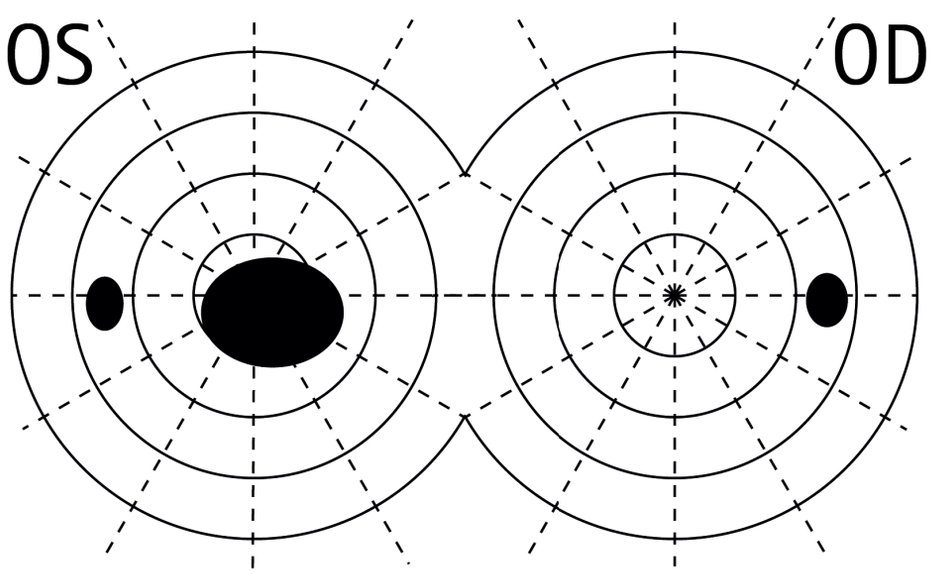


Abb. 33: Makuladegeneration (OS)

Das zweite Beispiel zeigt die Symptomatik einer Netzhautablösung im unteren Netzhautbereich. Der Defekt erscheint dem Betroffenen wie ein Vorhang, der sich mit Fortschreiten der Symptomatik von oben nach unten ausbreitet. Je nach Dauer der Netzhautablösung und Situation können relative oder absolute Defekte bestehen. *Abb. 34: Vorhangartiger Defekt (OD)* zeigt einen typischen Defekt dieser Art.

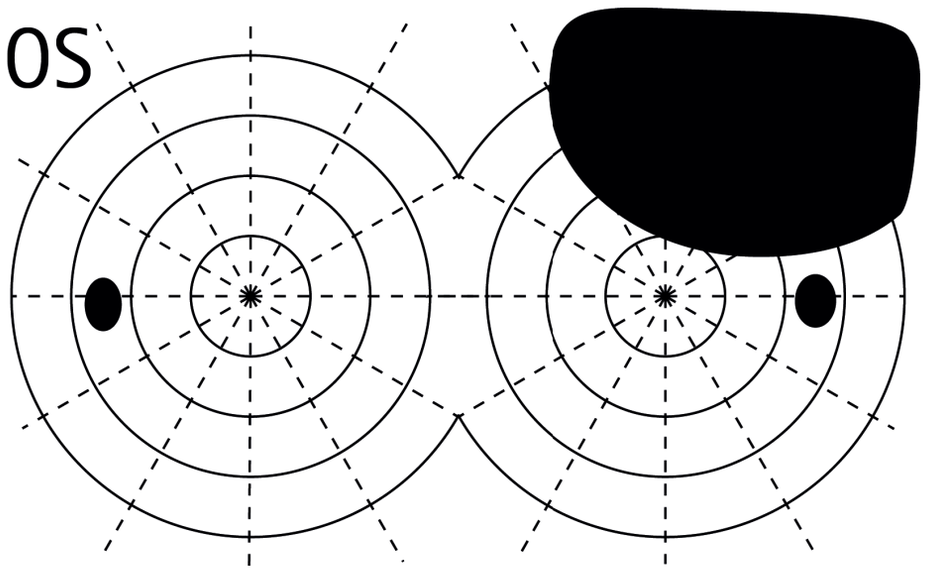


Abb. 34: Vorhangartiger Defekt (OD)

In diesem Fall ist nur das rechte Auge betroffen; das linke Auge zeigt keine Auffälligkeiten.

In gleicher Weise sind Nervenfaserschichtdefekte, wie sie z.B. beim Glaukom auftreten, zunächst als monokulare Störungen zu betrachten. *Abb. 35: Nervenfaserschichtdefekt* zeigt einen solchen Defekt für das linke Auge, während das rechte Auge unauffällig ist. Näheres zum Glaukom folgt im nächsten Kapitel.

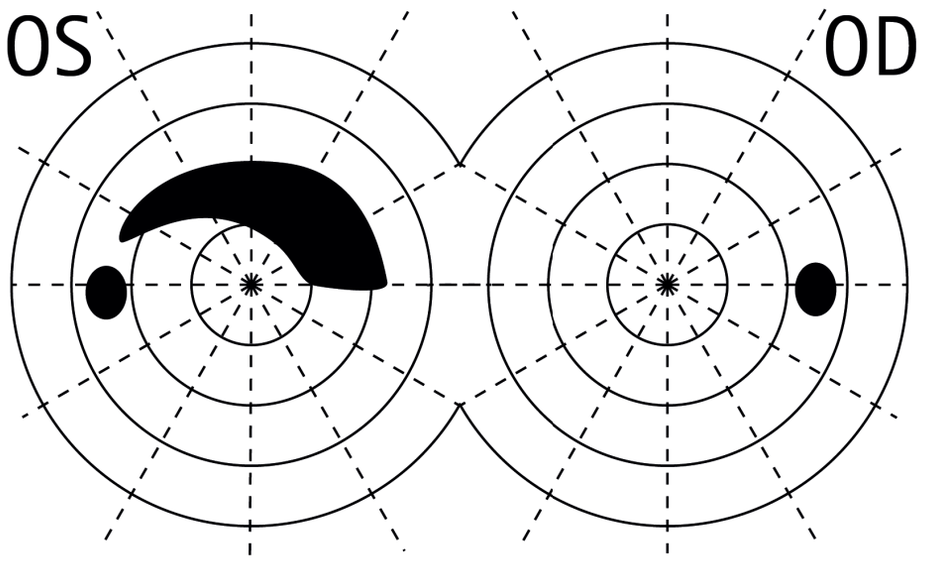


Abb. 35: Nervenfaserschichtdefekt

Ein Papillenödem kann sich in der statischen Perimetrie als vergrößerter blinder Fleck zeigen. In der Abbildung unten ist ein vergrößerter blinder Fleck des rechten Auges zu erkennen, während das linke Auge keinen auffälligen Befund zeigt.

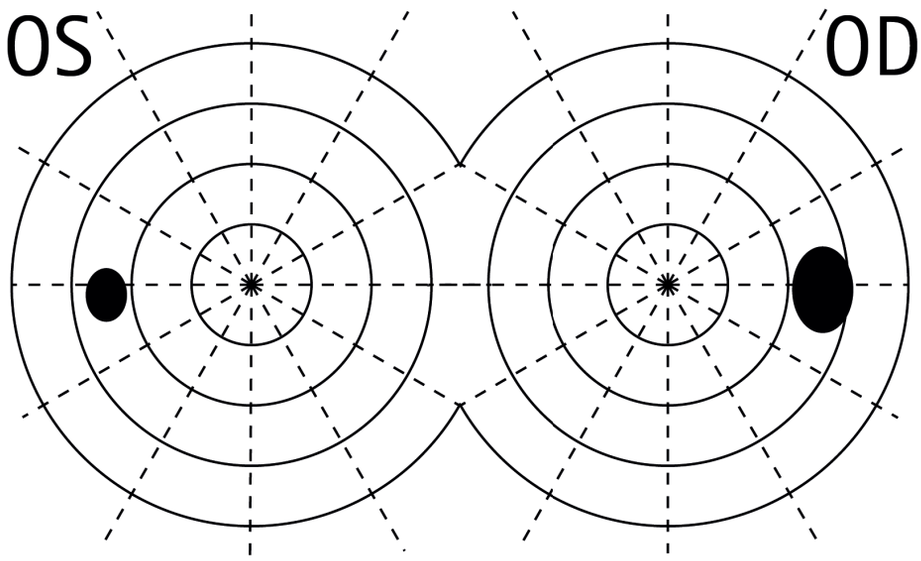


Abb. 36: Vergrößerter blinder Fleck (OD) durch Schwellung der Papille

Entzündliche Erkrankungen des Sehnervens können ähnlich wie toxische Optikopathien und die Lebersche Optikusatrophie zu Zentralskotomen oder Zentrozölaöskotomen führen.

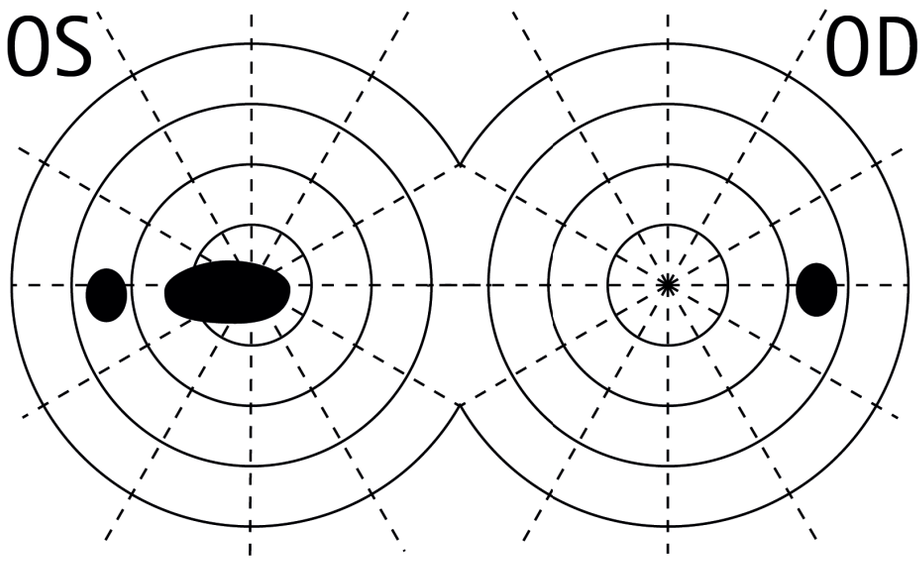


Abb. 37: Neuritis nervi optici mit Visusminderung (OS)

5.4.2. Chiasmatische Defekte

Am stärksten gefährdet sind an der Sehnervenkreuzung die kreuzenden Nervenfasern. Wie in der Abbildung zur Sehbahn *Abb. 32: Schematische Darstellung der Sehbahn* gezeigt, handelt es sich hierbei um die Fasern, die jeweils der nasalen Hälfte der Retina entspringen. Daher betreffen chiasmatische Defekte häufiger das temporale Gesichtsfeld. Eine mögliche Ursache kann eine Vergrößerung der Hirnanhangsdrüse sein, z.B. bei einem Hypophysenadenom.

Der in der untenstehenden Abbildung gezeigte Gesichtsfelddefekt wird als vollstände bitemporale Hemianopsie bezeichnet. Dabei bedeutet bitemporal, dass die temporale Seite beider Augen betroffen ist, und der Begriff Hemianopsie, dass eine komplette Gesichtsfeldhälfte des jeweiligen Auges ausgefallen ist. Man spricht hier auch von Scheuklappenphänomen, da die Sicht des Patienten nach außen wie durch Scheuklappen eingeschränkt sein kann.

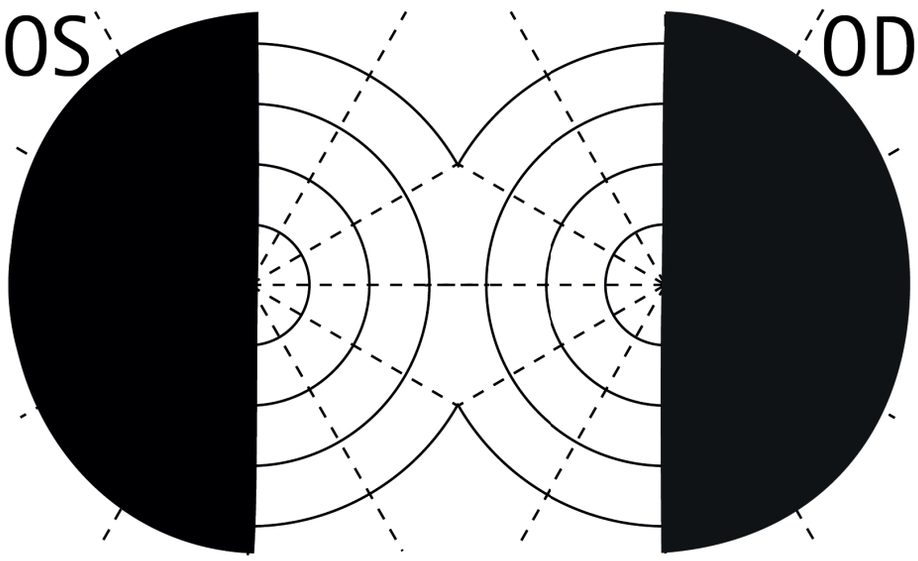


Abb. 38: Bitemporale Hemianopsie infolge eines großen Hypophysenadenoms

5.4.3. Postchiasmatische Defekte

Ein typisches Zeichen von Läsionen hinter der Sehnervenkreuzung ist das homonyme Auftreten von Gesichtsfelddefekten, d.h., dass dieselbe Seite des Gesichtsfelds beider Augen betroffen ist. Wie man sich anhand der Abbildung zur Sehbahn *Abb. 32: Schematische Darstellung der Sehbahn* vergegenwärtigen kann, werden Eindrücke der linken Gesichtsfeldseite beider Augen durch die rechte Hirnhälfte und die der rechten Gesichtsfeldseite beider Augen durch die linke Hirnhälfte verarbeitet. Aufgrund dieser Aufteilung reichen postchiasmatische Gesichtsfelddefekte in den meisten Fällen auf keinem Auge über den vertikalen Hauptmeridian hinaus.

Die Abbildung nächste Seite zeigt eine komplette homonyme Hemianopsie nach rechts. Häufige Ursache eines solchen Defekts ist ein Schlaganfall. Im dargestellten Fall wäre der Schlaganfall in der linken Hirnhälfte aufgetreten, da nur so die rechte Gesichtsfeldhälfte beider Augen betroffen sein kann.

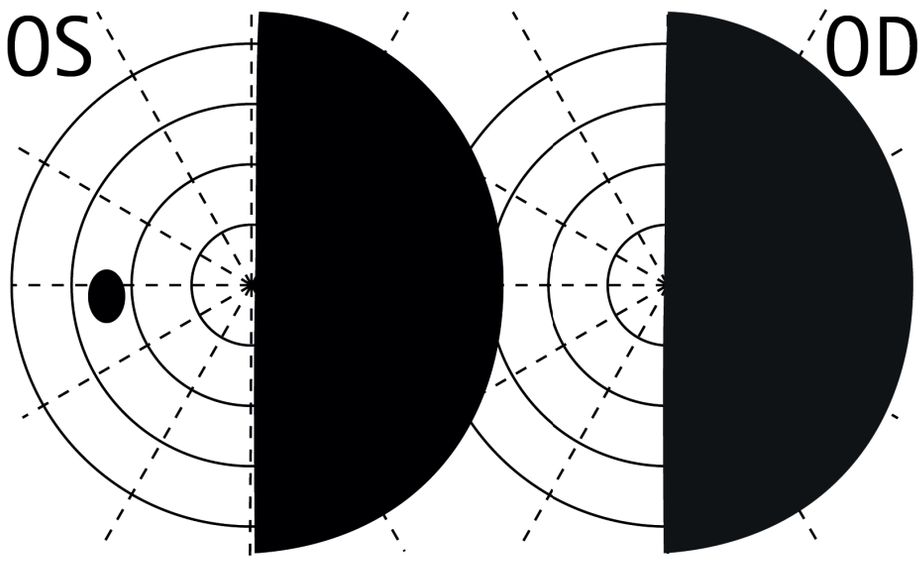


Abb. 39: Komplette homonyme Hemianopsie nach rechts infolge eines Schlaganfalls der linken Gehirnhälfte

Als zweites Beispiel eines postchiasmatischen Defekts ist hier eine inkongruente homonyme Quadrantenanopsie nach links oben dargestellt. Inkongruent bedeutet, dass die Defekte am linken und rechten Auge nicht deckungsgleich sind, homonym, dass sie dieselbe Gesichtsfeldhälfte beider Augen beeinträchtigen, und Quadrantenanopsie schließlich, dass sie jeweils in nur einem Gesichtsfeldquadranten liegen. Wie aus diesem Beispiel hervorgeht, müssen die Gesichtsfeldausfälle bei einer postchiasmatischen Läsion nicht unbedingt an beiden Augen dieselbe Form und Größe aufweisen.

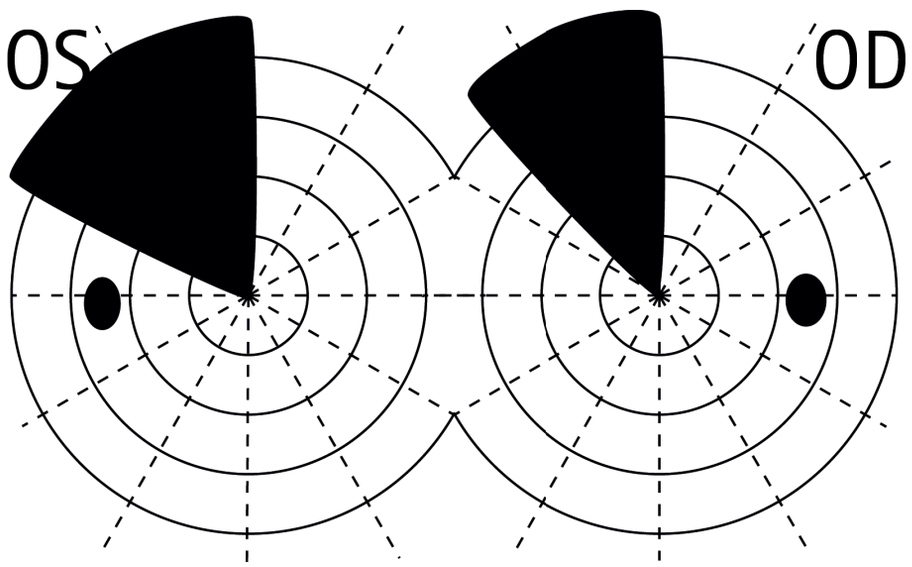


Abb. 40: Inkongruente homonyme Quadrantanopsie nach links oben

5.5. Topologie der Gesichtsfelddefekte

Gesichtsfelddefekte lassen sich nicht nur nach dem Ort ihres Ursprungs klassifizieren, sondern auch nach ihrem Ort im Gesichtsfeld selbst und nach ihrer Größe. Nach den beiden letztgenannten Kriterien können Gesichtsfelddefekte in drei Gruppen aufgeteilt werden:

1. Gesichtsfelddepressionen/-konstriktionen
2. Sektordefekte
3. Skotome

5.5.1. Gesichtsfelddepressionen/-konstriktionen

Bei einer Gesichtsfelddepression oder -konstriktion ist die Empfindlichkeit des Gesichtsfelds global herabgesetzt. Welche Bezeichnung hierfür verwendet wird, hängt von der Untersuchungsmethode ab: In der statischen Perimetrie spricht man von einer Depression, in der kinetischen von einer Konstriktion.

5.5.2. Sektordefekte

Schnittartige Defekte oder Sektordefekte rücken die äußere Grenze des Gesichtsfelds nach innen. Sie können z.B. durch eine Netzhautablösung hervorgerufen werden. Manchmal werden sie auch als vorhangartige Defekte beschrieben. Abb. 41: Beispiel eines Sektordefekts (OD) zeigt den Ergebnisbericht eines OCULUS Easyfield®-Perimeters, der einen klaren Sektordefekt dokumentiert. In der Graustufenkarte ist zu sehen, wie sich der Defekt wie ein Vorhang über das Gesichtsfeld legt. Die Defektkurve zeigt einen steilen Abwärtsknick, wie er bei vollständigem Ausfall einer Gesichtsfeldregion typisch ist.

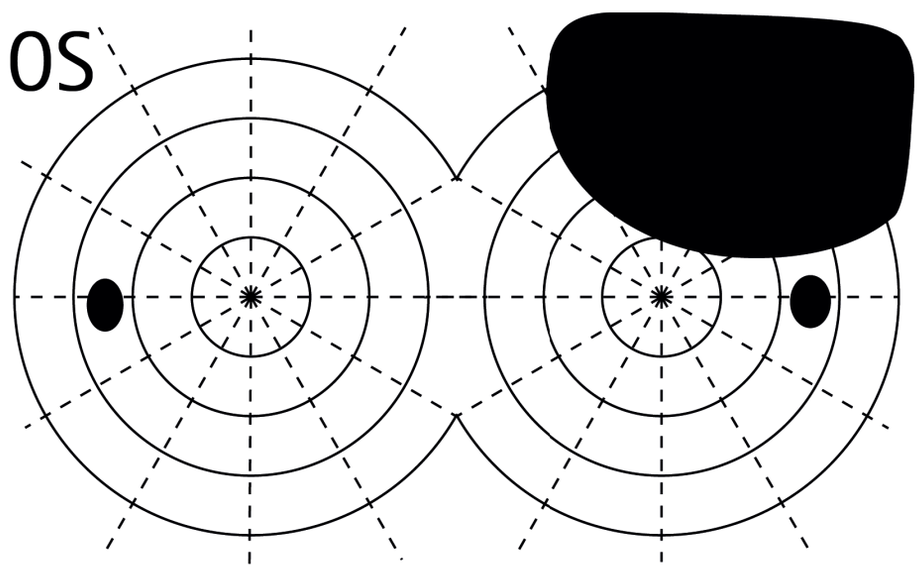


Abb. 41: Beispiel eines Sektordefekts (OD)

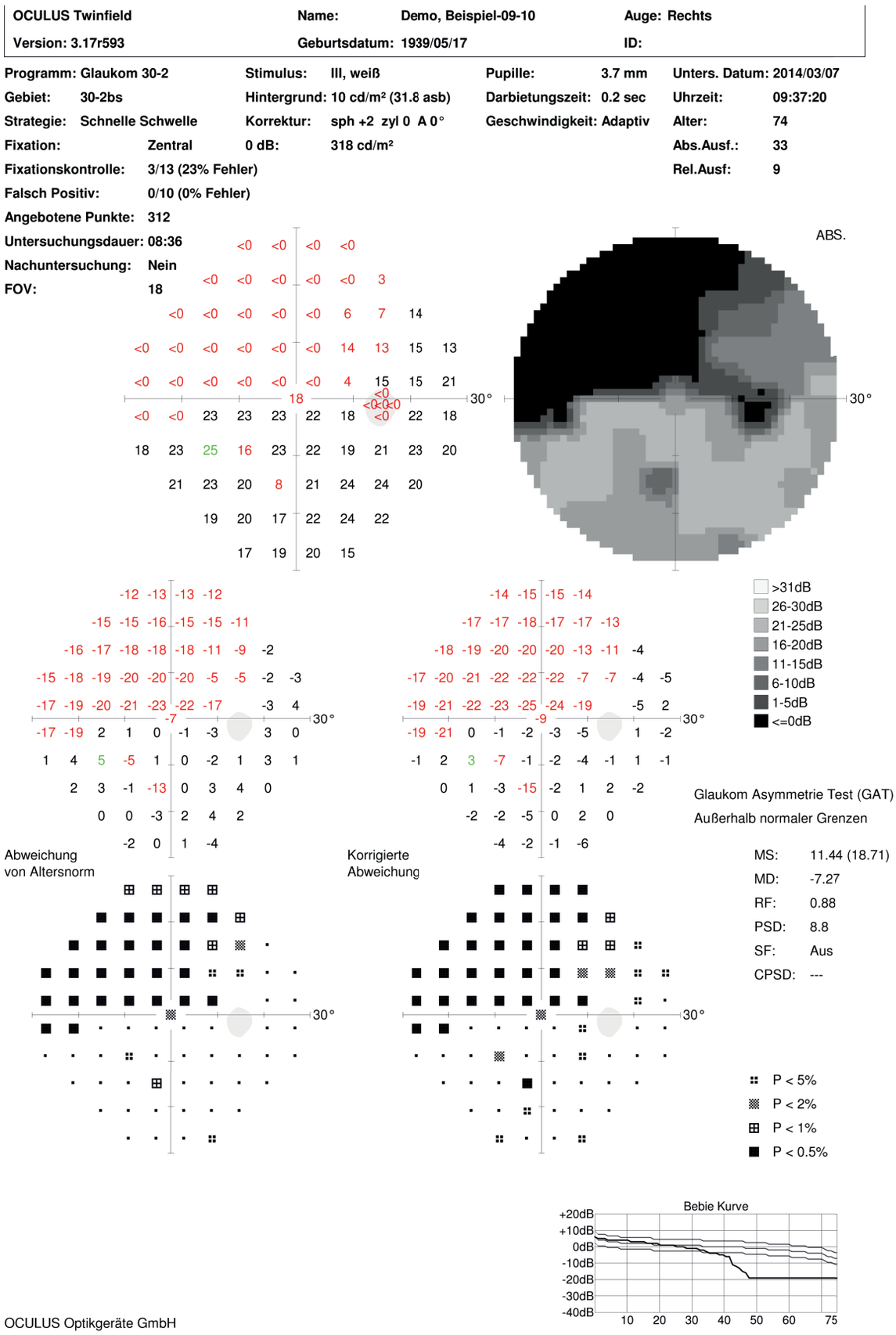


Abb. 42: Sektordefekt im Ergebnisbericht des OCULUS Twinfield®

5.5.3. Skotome

Skotome sind inselartige Defekte, die also nicht bis an die Außengrenze des Gesichtsfelds reichen. In ihrer Form, Lage, Steilheit und Tiefe können sie je nach Ursache und Stadium der Störung variieren. Ein absolutes Skotom ist eine Gesichtsfeldregion, die auch gegenüber dem hellsten verfügbaren perimetrischen Stimulus keinerlei Empfindlichkeit zeigt, diesem gegenüber also vollkommen blind ist. Ein relatives Skotom zeigt noch ausreichend Empfindlichkeit gegenüber hellen Stimuli, nicht aber gegenüber schwächeren (d.h. die Empfindlichkeit liegt in diesem Bereich signifikant unter der Norm). Ein relatives Skotom kann tief oder flach sein. Ein tiefes Skotom ist eine Gesichtsfeldregion, die nur noch gegenüber den stärksten Stimuli empfindlich ist, während bei einem flachen Skotom die Wahrnehmungsfähigkeit nur bei den schwächsten Stimuli beeinträchtigt ist.

Von der Tiefe eines Defekts spricht man nur in der statischen Pemetrie. Zur genaueren Quantifizierung werden Skotome in Schweregrade eingeteilt.

Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel eines sogenannten Zentralskotoms. Mögliche Ursache ist eine Makuladegeneration, die eine zentrale Fixation immer noch zulässt.

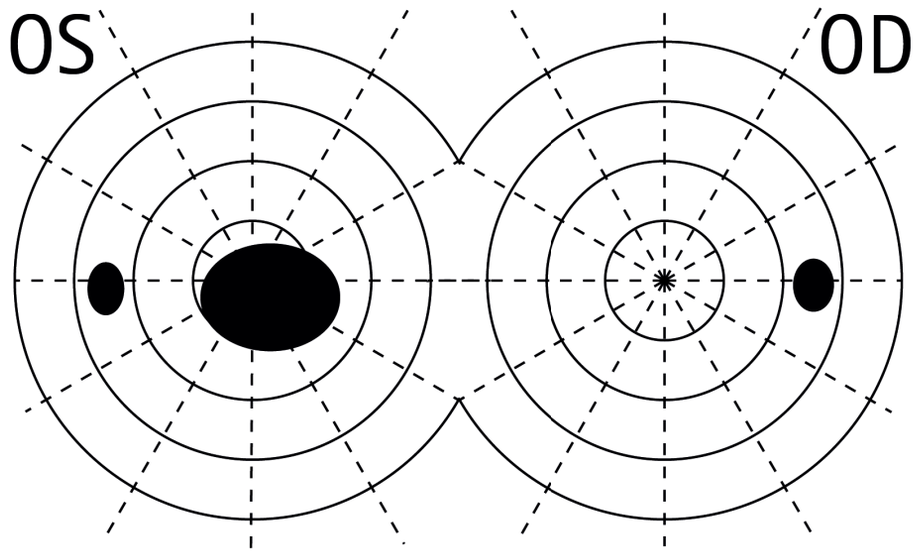


Abb. 43: Zentralskotom

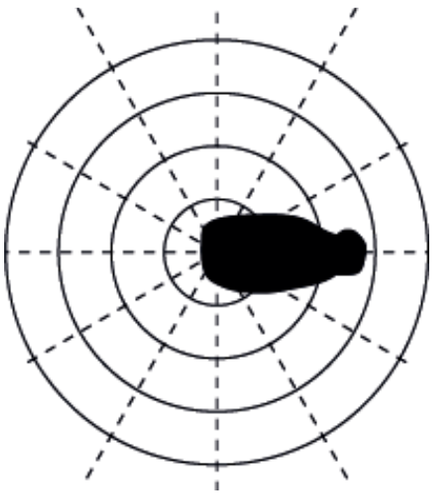


Abb. 44: Zentrozökales Skotom

Abb. 44: Zentrozökales Skotom zeigt ein sogenanntes zentrozökales Skotom. Beginnend am blinden Fleck dehnt es sich in Richtung Fixationspunkt aus. Diese Art Skotom kann durch eine Sehnervläsion verursacht sein.

In der folgenden Abbildung ist ein parazentrales Skotom zu sehen, welches durch einen lokalen Ausfall in der Nähe des Fixationspunkts gekennzeichnet ist.

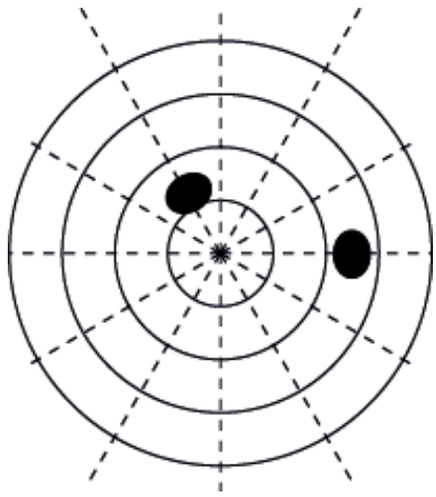


Abb. 45: Parazentrales Skotom

Ein Ringskotom, auch perizentrales Skotom genannt, legt sich ringförmig um den Fixationspunkt. Mögliche Ursache ist die toxische Wirkung von Chloroquin.

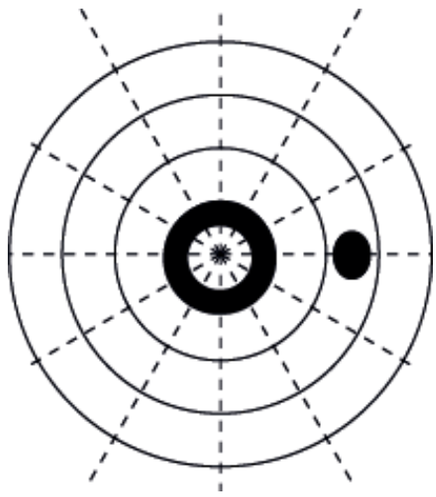


Abb. 46: Ringskotom

Eine weitere Form ist das Bjerrum-Skotom, welches sich – meist im Winkelbereich von 10° bis 20° – bogenförmig um den Fixationspunkt legt und als der typische Gesichtsdefekt bei Offenwinkelglaukom gilt.

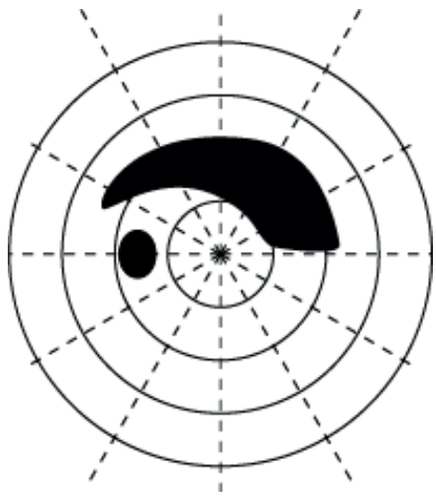


Abb. 47: Bjerrum-Skotom

6. Das glaukomatöse Gesichtsfeld

Laut Douglas R. Anderson ist das Krankheitsbild des Glaukoms "der häufigste Anlass für eine Gesichtsfelduntersuchung in der klinischen Praxis". Im folgenden wird das Glaukom in Grundzügen erklärt und gezeigt, wie sich sein Erscheinungsbild in Darstellungen der Gesichtsfeldfunktion mit Fortschreiten der Erkrankung verändert.

6.1. Grundlegende medizinische Informationen zum Glaukom

Die Bezeichnung Glaukom ist ein Übergriff für verschiedene Erkrankungen, die, sofern nicht frühzeitig erkannt, alle zum selben Ergebnis führen, nämlich einer Zerstörung des Sehnervs vor der Sehnervenkreuzung. Die häufigste Form des Glaukoms ist das sogenannte Offenwinkelglaukom. Gekennzeichnet ist es durch eine allmähliche, vom Betroffenen unbemerkte Verlegung der Abflusskanäle für das Kammerwasser. Dies führt dazu, dass das Kammerwasser nicht so schnell abfließen kann wie es gebildet wird und der Augeninnendruck folglich steigt. Schließlich beginnt sich der Augapfel nach außen zu wölben, und zwar an seiner mechanisch schwächsten Stelle, dem Sehnervkopf. Dadurch erleiden die Sehnervenfasern – diese werden auch als Axone bezeichnet – Schaden, und es kommt in den von den betroffenen Axonen versorgten Gebieten des Gesichtsfelds zu einer Minderung oder einem Verlust des Sehvermögens. Unterbleibt eine Behandlung, werden immer mehr Axone beschädigt und der Mensch erblindet schließlich vollständig. Sehvermögen, das auf diese Weise verloren gegangen ist, lässt sich durch keine Behandlung wiederherstellen. Es ist aber möglich, auf medizinischem Weg den Augeninnendruck zu regulieren und so weiteren Schaden zu verhindern.

Eine ebenfalls sehr häufige Form des Glaukoms ist das Normaldruckglaukom. Hier wird der Sehnerv beschädigt, obwohl der Augeninnendruck nicht über der Norm liegt. Der Krankheitsmechanismus scheint darin zu liegen, dass der Sehnerv selbst normalem Druck nicht standhalten kann.

Viel seltener als die beiden oben genannten Formen ist das akute Engwinkelglaukom, auch Winkelblockglaukom genannt. Bei einem Glaukomanfall kommt es zu einer unvermittelten Verlegung des Abflusskanals. Der Augeninnendruck steigt stark an und löst plötzlich Symptome aus wie Kopfschmerzen, Augenschmerzen, Übelkeit, regenbogenumrandete Lichter bei Nacht und verschwommenes Sehen.

Die oben genannten Formen fallen alle unter die Kategorie des primären Glaukoms, da sie nicht Folge einer anderen Krankheit oder eines anderen Schadens sind. Es gibt jedoch eine Anzahl von Störungen, die erst als Folgewirkung ein Glaukom auslösen. In den meisten dieser Fälle kann das Glaukom durch Behandlung der auslösenden Ursache eingedämmt werden.

Schließlich ist hier noch das kongenitale (d.h. angeborene) Glaukom zu nennen. Bei diesem hat sich der Kammerwinkel nicht genügend ausgebildet, um das Kammerwasser ausreichend abfließen zu lassen. Das kongenitale Glaukom erfordert eine sofortige Behandlung. Da Gesichtsfelduntersuchungen jedoch bei Säuglingen nicht möglich sind, soll es in dieser Einleitung nicht weiter besprochen werden.

Wird ein Glaukom rechtzeitig erkannt, kann dem Betroffenen mit Medikamenten oder einem chirurgischen Eingriff geholfen werden. Solange noch kein gravierender Sehverlust eingetreten ist, lässt sich das Augenlicht erhalten. Sind jedoch schon Teile des Gesichtsfelds beeinträchtigt, lässt sich dies aus heutiger Sicht leider nicht mehr umkehren. Dies erklärt die Wichtigkeit regelmäßiger Glaukom-Vorsorgeuntersuchungen. Bei positivem Befund sind auch Folgeuntersuchungen von großer Bedeutung für den Erhalt des Sehvermögens, um so mehr, als im Frühstadium meist noch keine oder nur geringfügige Gesichtsfeldverluste bestehen. Aufgrund ihres schleichenden Verlaufs werden

Glaukomerkrankungen von den Betroffenen selbst erst in einem weit fortgeschrittenen Stadium bemerkt. Damit können Gesichtsfelduntersuchungen einen wesentlichen Beitrag zur Vorbeugung sowie zur Verlaufskontrolle bei bestehendem Glaukom leisten.

6.2. Funktionsbezogene Glaukomstadieneinteilung nach Aulhorn

Untersuchungen glaukomatöser Gesichtsfeldausfälle und deren Stadieneinteilung wurden erstmals von Prof. E. Aulhorn durchgeführt. Jedes Stadium ist durch typische Gesichtsfeldsymptome gekennzeichnet. Diese zeigen mit fortschreitender Erkrankung zunehmende Schäden der Sehnervenfasern an.

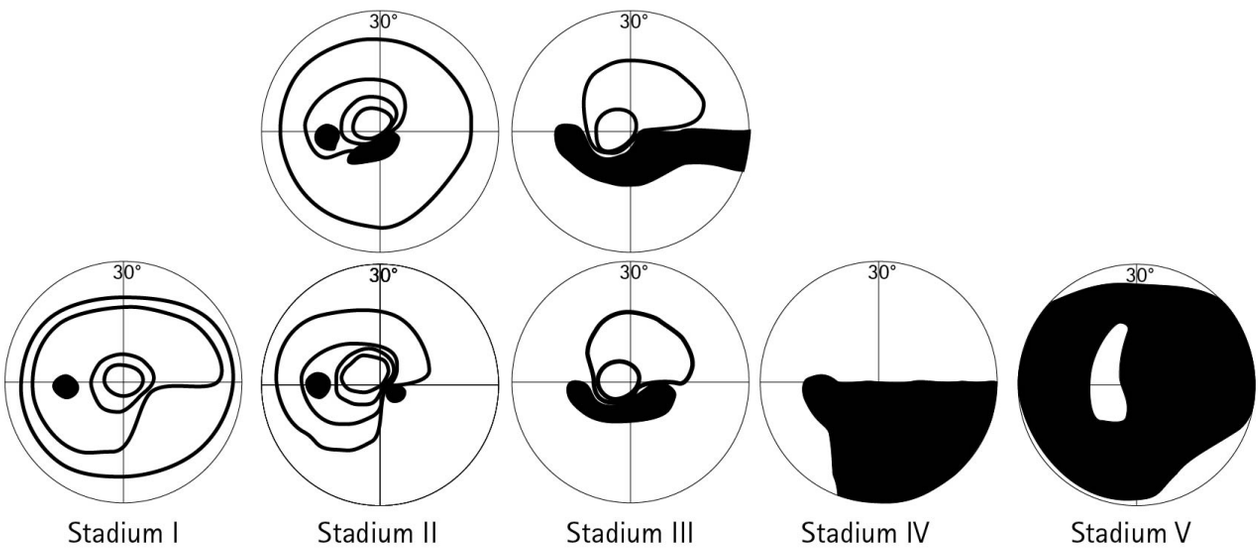


Abb. 48: Glaukomstadien aus “Rasterperimetrie mit dem Tübinger Automatik Perimeter“, F. Dorner-Schandl, W. Durst, G. Kolling, B. Leo-Kottler, Tübingen, 1993

Nach Aulhorn kann eine Glaukomerkrankungen fünf Stadien durchlaufen:

Stadium 1:	Relatives Skotom im Bereich der geschädigten Axone.
Stadium 2:	Kleines absolutes Skotom in der parazentralen Bjerrum-Region ohne Verbindung zum blinden Fleck.
Stadium 3:	Absolutes Skotom in der Bjerrum-Region mit Verbindung zum blinden Fleck; im weiteren Verlauf Bildung einer „nasalen Stufe“ nach Rønne.
Stadium 4:	Fortschreitende Ausdehnung des Skotoms über das Gesichtsfeld.
Stadium 5:	Auslöschung des gesamten Gesichtsfelds. Eine kleine Insel der Sehfähigkeit kann temporal erhalten bleiben.

Glaukomatöse Skotome sind typischerweise bogenförmig und in der sogenannten Bjerrum-Region gelegen (Bjerrum-Skotome). Die Abb. 49 zeigt den Verlauf der Axone auf der Retina. Man beachte, dass dies eine zweidimensionale Darstellung der in Wirklichkeit konkav kugelförmigen Innenfläche des Auges ist. Die Abbildung veranschaulicht wie es dazu kommt, dass glaukomatöse Skotome oft eine Bogenform annehmen.

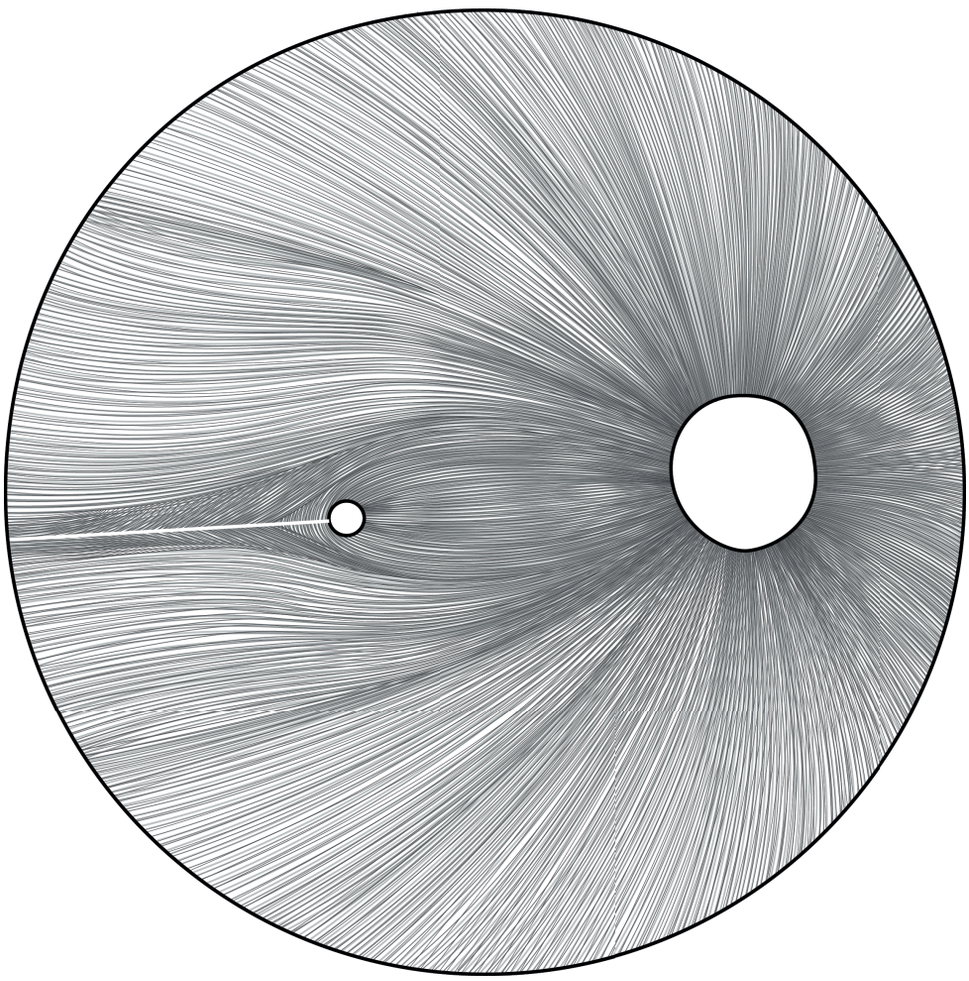
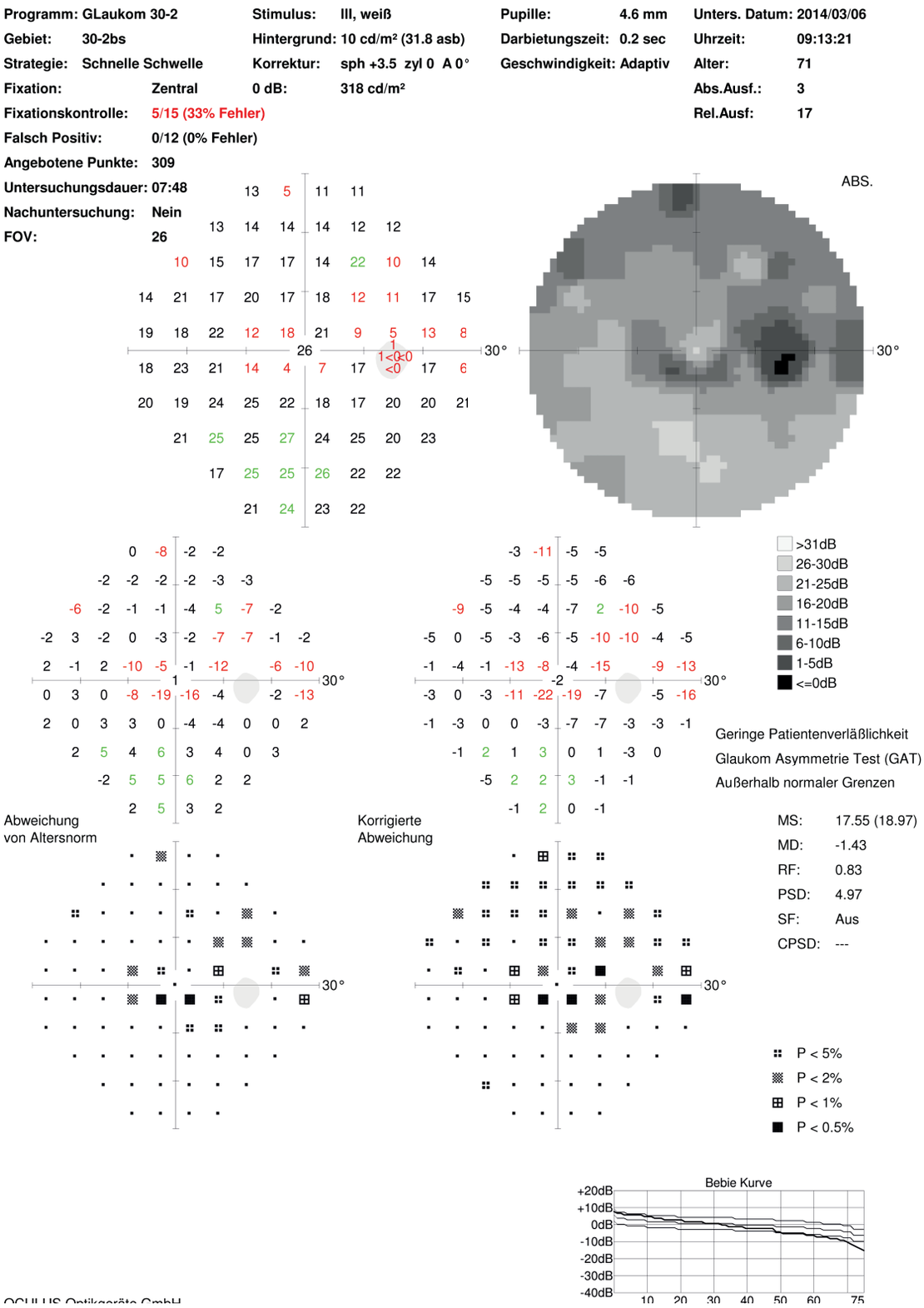


Abb. 49: Verlauf der Axone auf der Retina

6.3. Beispielhafte Ergebnisberichte bei Glaukom

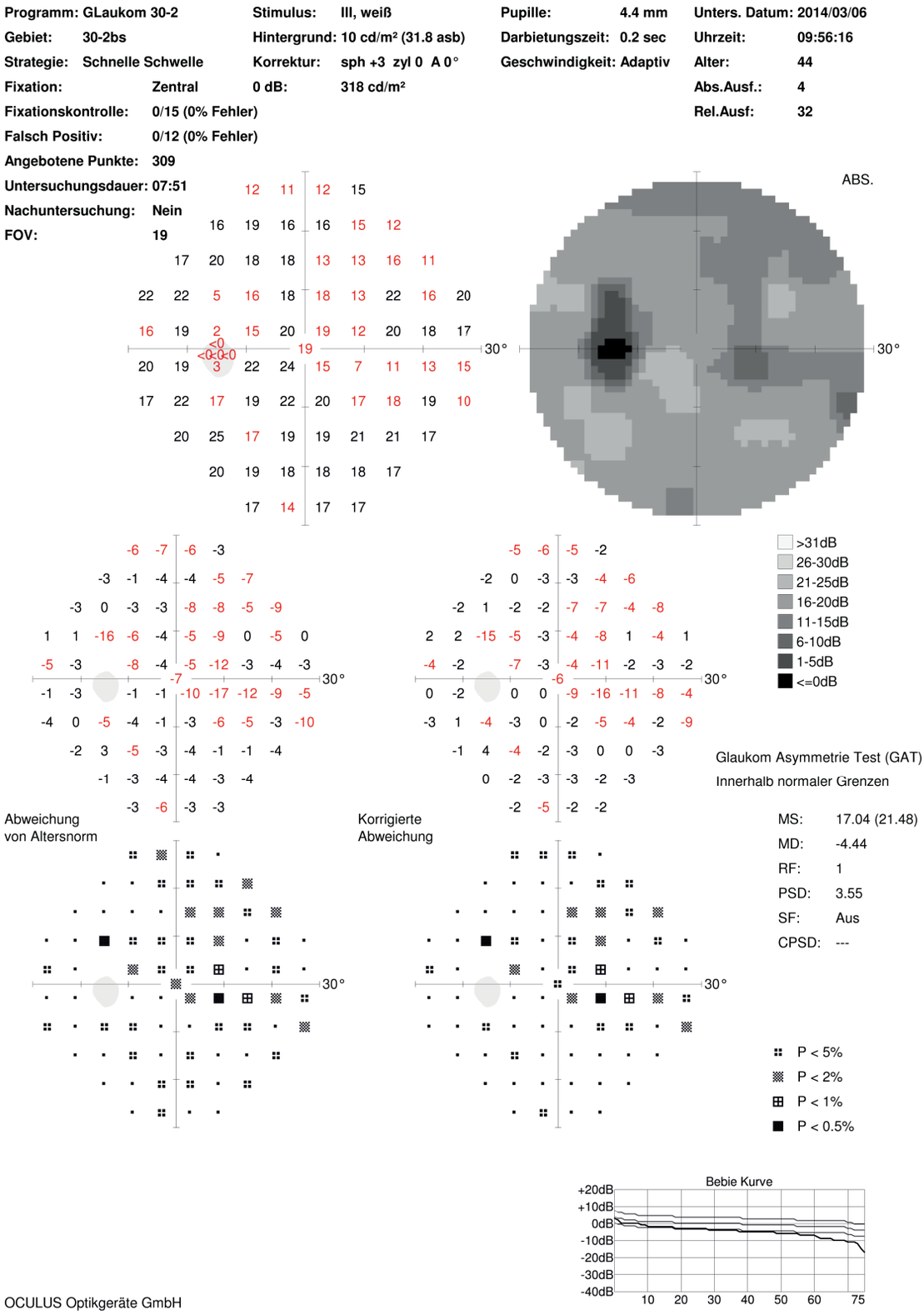
Auf den folgenden Seiten werden beispielhafte Ergebnisberichte der verschiedenen OCULUS-Perimeter gezeigt und erläutert. Jedes Glaukomstadium ist mit mindestens einem Beispiel vertreten. Die Ergebnisberichte sollen dem Augenarzt Referenzbeispiele an die Hand geben und ihm Gelegenheit geben, sich mit der Art der Darstellung vertraut zu machen.

Example 1: Glaukom Stadium 1



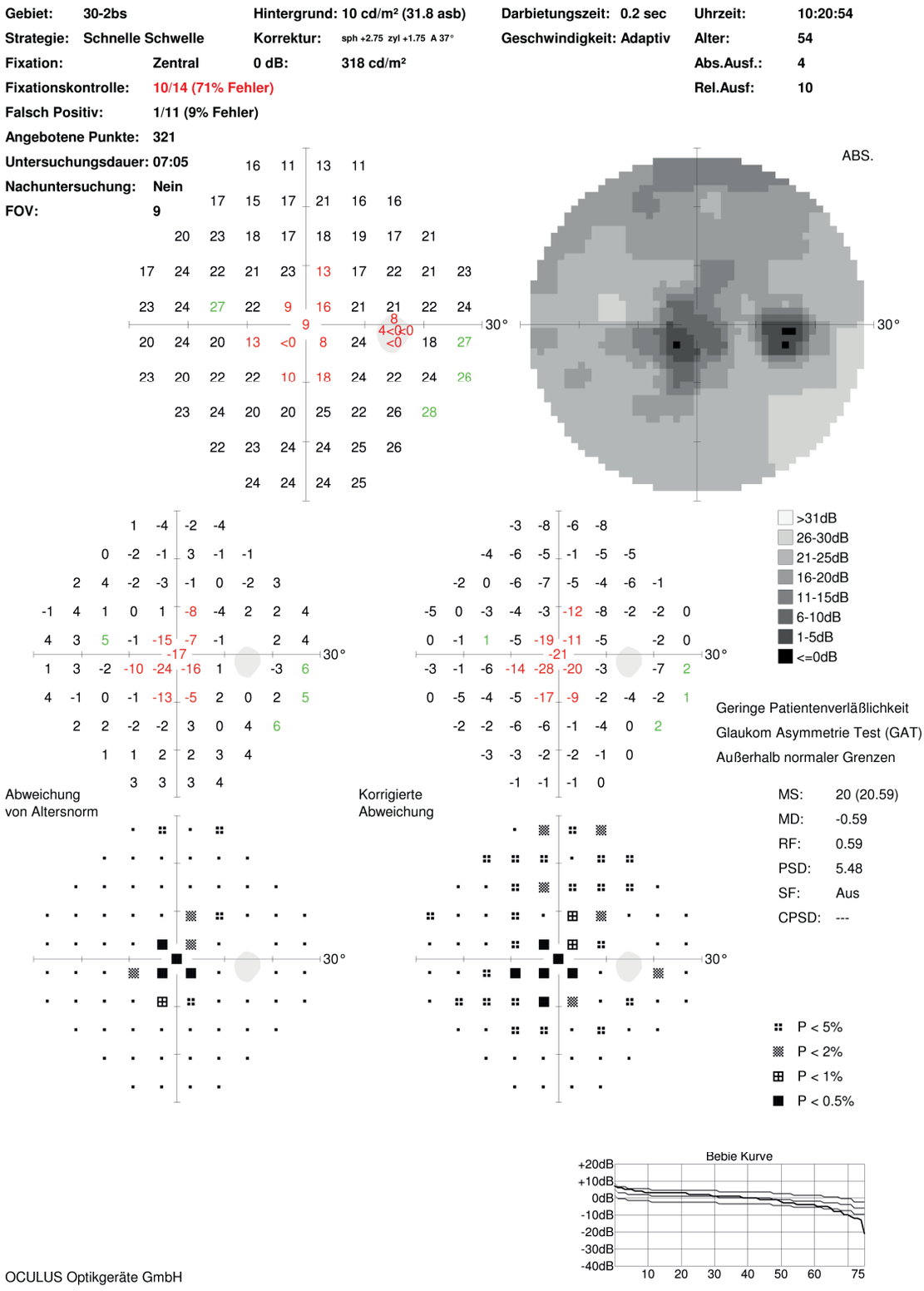
Der Bericht zeigt einen vergrößerten blinden Fleck sowie ein relatives bogenförmiges Skotom unterhalb der Fovea. Da keines der Skotome absolut ist, lässt sich der Befund als Glaukom im Stadium 1 nach Aulhorn einordnen.

Example 2: Vergrößerter blinder Fleck



Dieses Gesichtsfeld zeigt einen vergrößerten blinden Fleck. Dieser ist von einem relativen Skotom umsäumt. Ein weiteres Skotom ist rechts knapp unterhalb des horizontalen Hauptmeridians zu sehen.

Example 3: Absolutes glaukomatöses Skotom



Hier ist ein absolutes Skotom knapp unterhalb der Fovea links des vertikalen Hauptmeridians zu erkennen. Auch dieses Skotom ist Folge eines Glaukoms; da es jedoch bereits absolut ist, handelt es sich um ein Galukom im Stadium 2 nach Aulhorn.

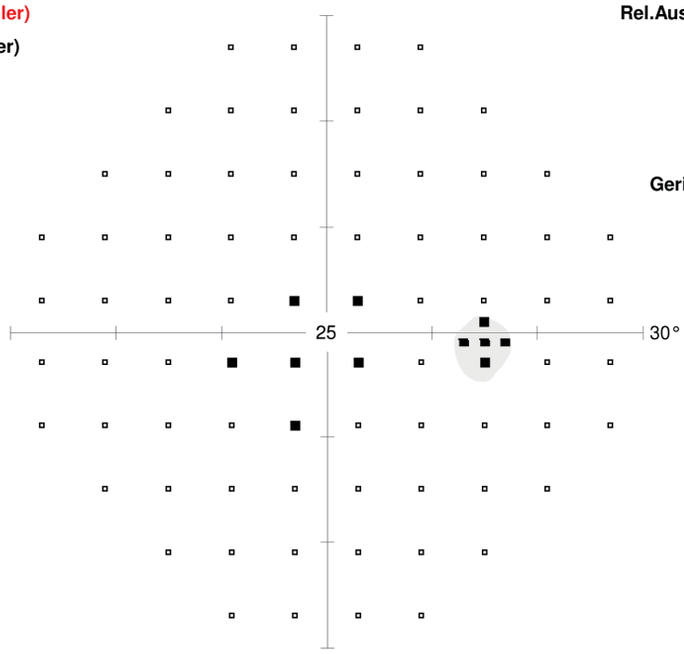
Example 4: Einsatz überschwelliger Strategien bei Glaukom

OCULUS Twinfield	**Name:**	**Demo, Beispiel-03-04**	**Auge:** **Rechts**
Version: 3.17r593	**Geburtsdatum:**	**1959/04/06**	**ID:** **Zwei zusätzlich**

Programm:	**Screening 30-2**	**Stimulus:**	**III, weiß**	**Pupille:**	**4 mm**
Gebiet:	**30-2bs**	**Hintergrund:**	**10 cd/m² (31.8 asb)**	**Darbietungszeit:**	**0.2 sec**
Strategie:	**Überschwellig 2-Zonen**	**Korrektur:**	**sph +2.75 zyl +1.75 A 3°**	**Geschwindigkeit:**	**Adaptiv**
Fixation:	**Zentral**				
Fixationskontrolle:	**4/6 (67% Fehler)**				
Falsch Positiv:	**0/7 (0% Fehler)**				
Angebotene Punkte:	**105**				
Untersuchungsdauer:	**01:58**				
Nachuntersuchung:	**Nein**				
FOV:	**25**				

Unters. Datum:	**2014/03/06**
Uhrzeit:	**10:39:57**
Alter:	**54**
Abs.Ausf.:	**11**
Rel.Ausf:	**0**

Geringe Patientenverläßlichkeit

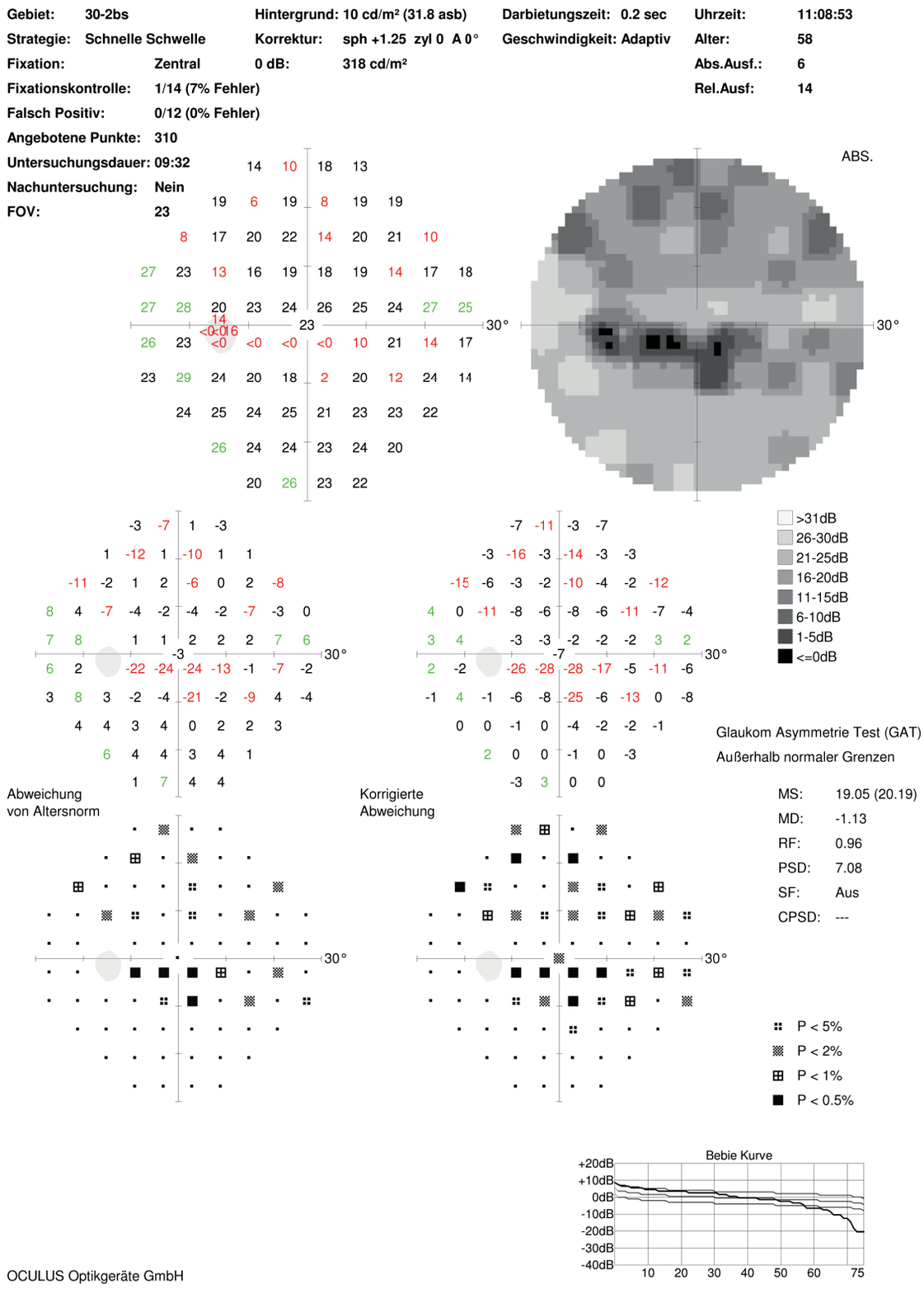


OCULUS Optikgeräte GmbH

35549 Wetzlar

Dieser Bericht zeigt das Ergebnis einer Untersuchung desselben Patienten wie im Beispiel 3, mit dem Unterschied, dass hier die überschwellige 2-Zonenstrategie verwendet wurde.

Example 5: Glaukom Stadium 3

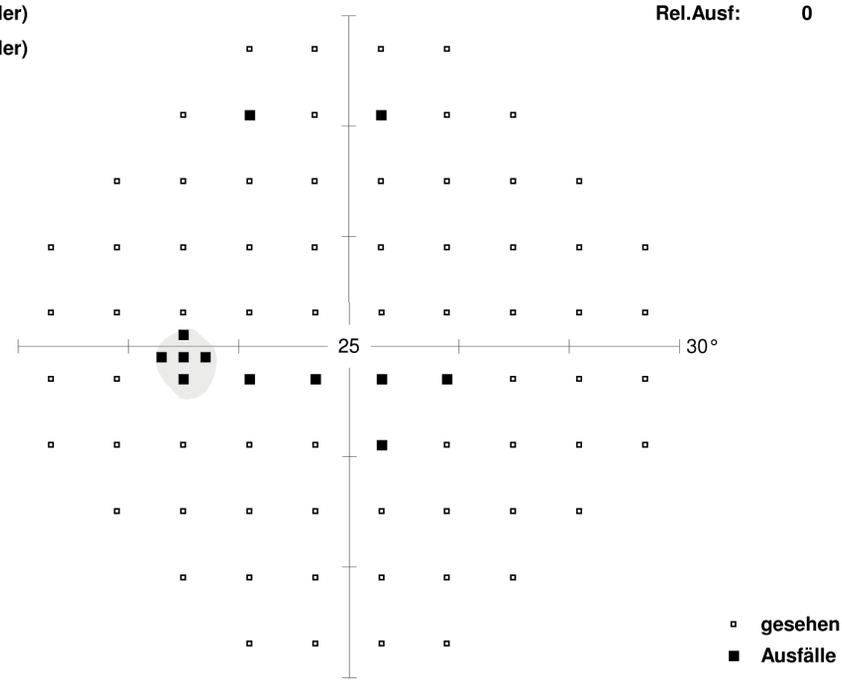


Dieser Ergebnisbericht zeigt ein bogenförmiges Skotom, welches teilweise absolut und auch mit dem blinden Fleck verbunden ist. Da es durch ein Glaukom bedingt ist, handelt es sich um ein Glaukom im Stadium 3 nach Aulhorn.

Example 6: Überschwellige Strategie bei Glaukom im Stadium 3

OCULUS Twinfield	**Name:**	**Demo, Beispiel-05-06**	**Auge:** **Links**
Version: 3.17r593	**Geburtsdatum:**	**1956/01/25**	**ID:**

Programm:	**Screening 30-2**	**Stimulus:**	**III, weiß**	**Pupille:**	**4 mm**	**Unters. Datum:**	**2014/03/06**
Gebiet:	**30-2bs**	**Hintergrund:**	**10 cd/m² (31.8 asb)**	**Darbietungszeit:**	**0.2 sec**	**Uhrzeit:**	**11:31:38**
Strategie:	**Überschwellig 2-Zonen**	**Korrektur:**	**sph +1.25 zyl 0 A 0°**	**Geschwindigkeit:**	**Adaptiv**	**Alter:**	**58**
Fixation:	**Zentral**					**Abs.Ausf.:**	**12**
Fixationskontrolle:	**0/6 (0% Fehler)**					**Rel.Ausf:**	**0**
Falsch Positiv:	**0/7 (0% Fehler)**						
Angebotene Punkte:	**105**						
Untersuchungsdauer:	**02:10**						
Nachuntersuchung:	**Nein**						
FOV:	**25**						

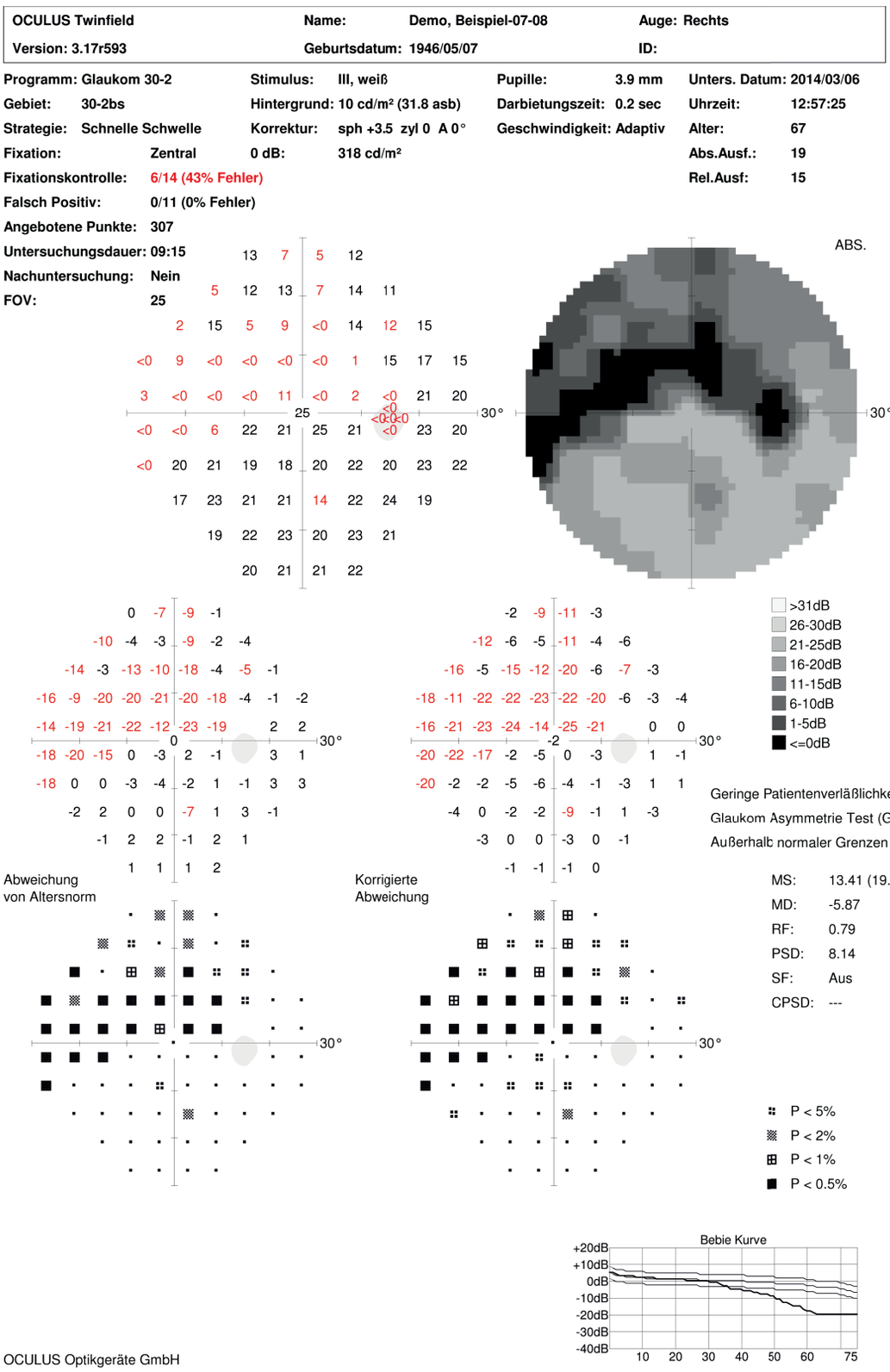


OCULUS Optikgeräte GmbH

35549 Wetzlar

Dieser Ergebnisbericht stammt vom selben Patienten wie dem in Beispiel 5 untersuchten, mit dem Unterschied, dass hier die überschwellige 2-Zonenstrategie gewählt wurde. Die absoluten Defekte wurden korrekt lokalisiert.

Example 7: Glaukom im Stadium 3



Dieser Ergebnisbericht zeigt ein Glaukom im Stadium 3 nach Aulhorn. Klar zu erkennen ist eine nasale Stufe nach Rønne, d.h. ein nasaler Sektordefekt, der in diesem Fall mit dem blinden Fleck fusioniert ist.

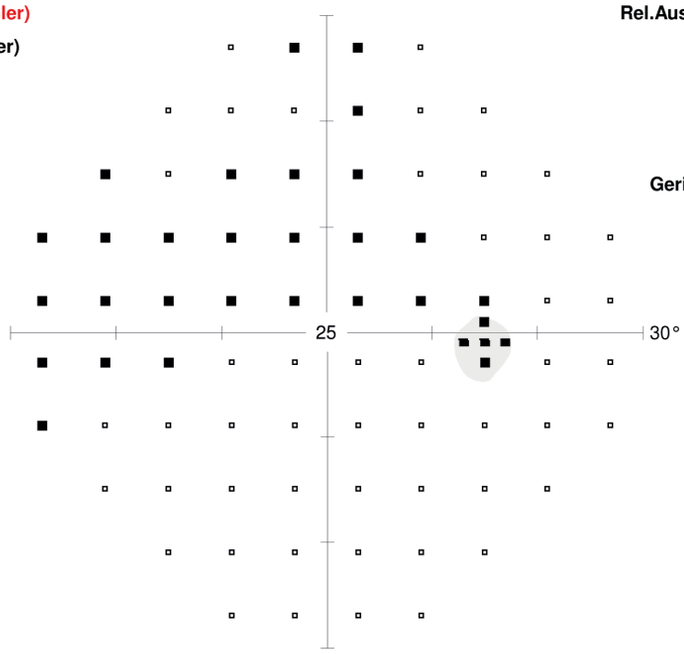
Example 8: Überschwellige Strategie bei Glaukom im Stadium 3

OCULUS Twinfield	**Name:** Demo, Beispiel-07-08	**Auge:** Rechts
Version: 3.17r593	**Geburtsdatum:** 1946/05/07	**ID:**

Programm:	Screening 30-2	**Stimulus:**	III, weiß	**Pupille:**	3.8 mm
Gebiet:	30-2bs	**Hintergrund:**	10 cd/m² (31.8 asb)	**Darbietungszeit:**	0.2 sec
Strategie:	Überschwellig 2-Zonen	**Korrektur:**	sph +3.5 zyl 0 A 0°	**Geschwindigkeit:**	Adaptiv
Fixation:	Zentral				
Fixationskontrolle:	2/6 (33% Fehler)				
Falsch Positiv:	0/7 (0% Fehler)				
Angebotene Punkte:	105				
Untersuchungsdauer:	02:34				
Nachuntersuchung:	Nein				
FOV:	25				

Unters. Datum:	2014/03/07
Uhrzeit:	09:07:53
Alter:	67
Abs.Ausf.:	31
Rel.Ausf:	0

Geringe Patientenverläßlichkeit



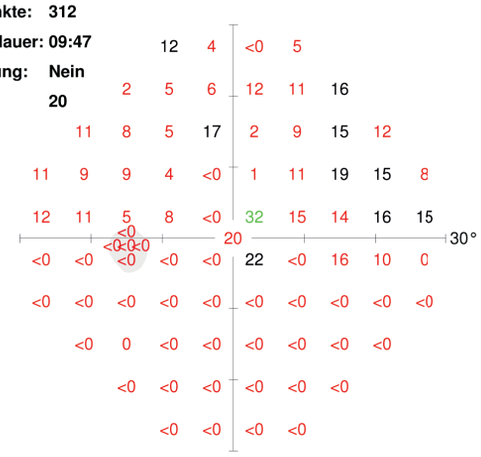
OCULUS Optikgeräte GmbH

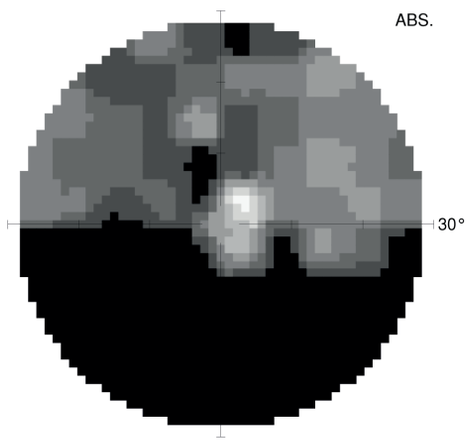
35549 Wetzlar

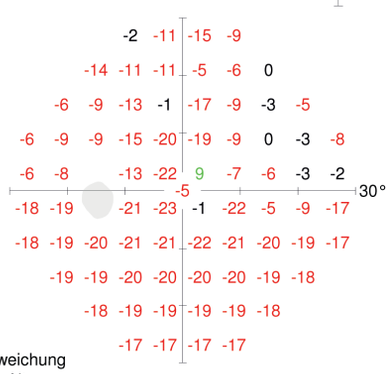
Dieser Bericht ist von einer Untersuchung desselben Patienten wie in Beispiel 7, bei der allerdings die überschwellige 2-Zonenstrategie eingesetzt wurde.

Example 9: Glaukom im Stadium 4

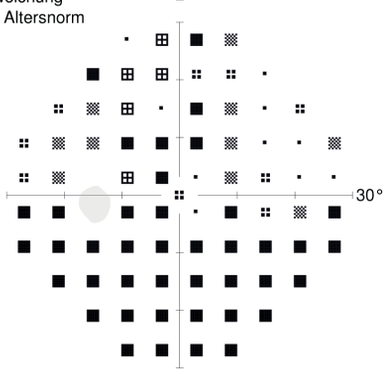
Programm:	**Glaukom 30-2**	**Stimulus:**	**III, weiß**	**Pupille:**	**3.7 mm**	**Unters. Datum:**	**2014/03/07**
Gebiet:	**30-2bs**	**Hintergrund:**	**10 cd/m² (31.8 asb)**	**Darbietungszeit:**	**0.2 sec**	**Uhrzeit:**	**09:20:03**
Strategie:	**Schnelle Schwelle**	**Korrektur:**	**sph +3 zyl 0 A 0°**	**Geschwindigkeit:**	**Adaptiv**	**Alter:**	**74**
Fixation:	**Zentral**	**0 dB:**	**318 cd/m²**			**Abs.Ausf.:**	**40**
Fixationskontrolle:	**4/12 (33% Fehler)**					**Rel.Ausf:**	**31**
Falsch Positiv:	**2/10 (20% Fehler)**						
Angebotene Punkte:	**312**						
Untersuchungsdauer:	**09:47**						
Nachuntersuchung:	**Nein**						
FOV:	**20**						

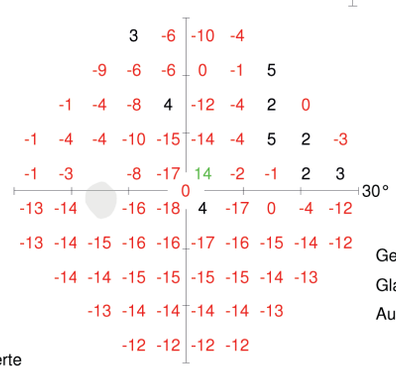




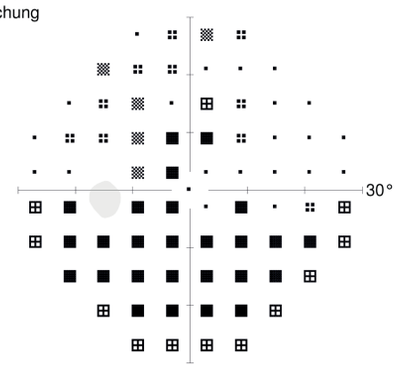


Abweichung von Altersnorm





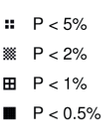
Korrigierte Abweichung

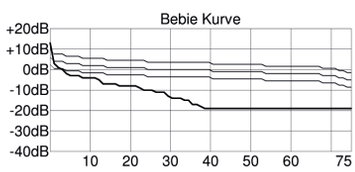




Geringe Patientenverläßlichkeit
Glaukom Asymmetrie Test (GAT)
Außerhalb normaler Grenzen

MS:	5.73 (18.75)
MD:	-13.01
RF:	0.73
PSD:	7.3
SF:	Aus
CPSD:	---

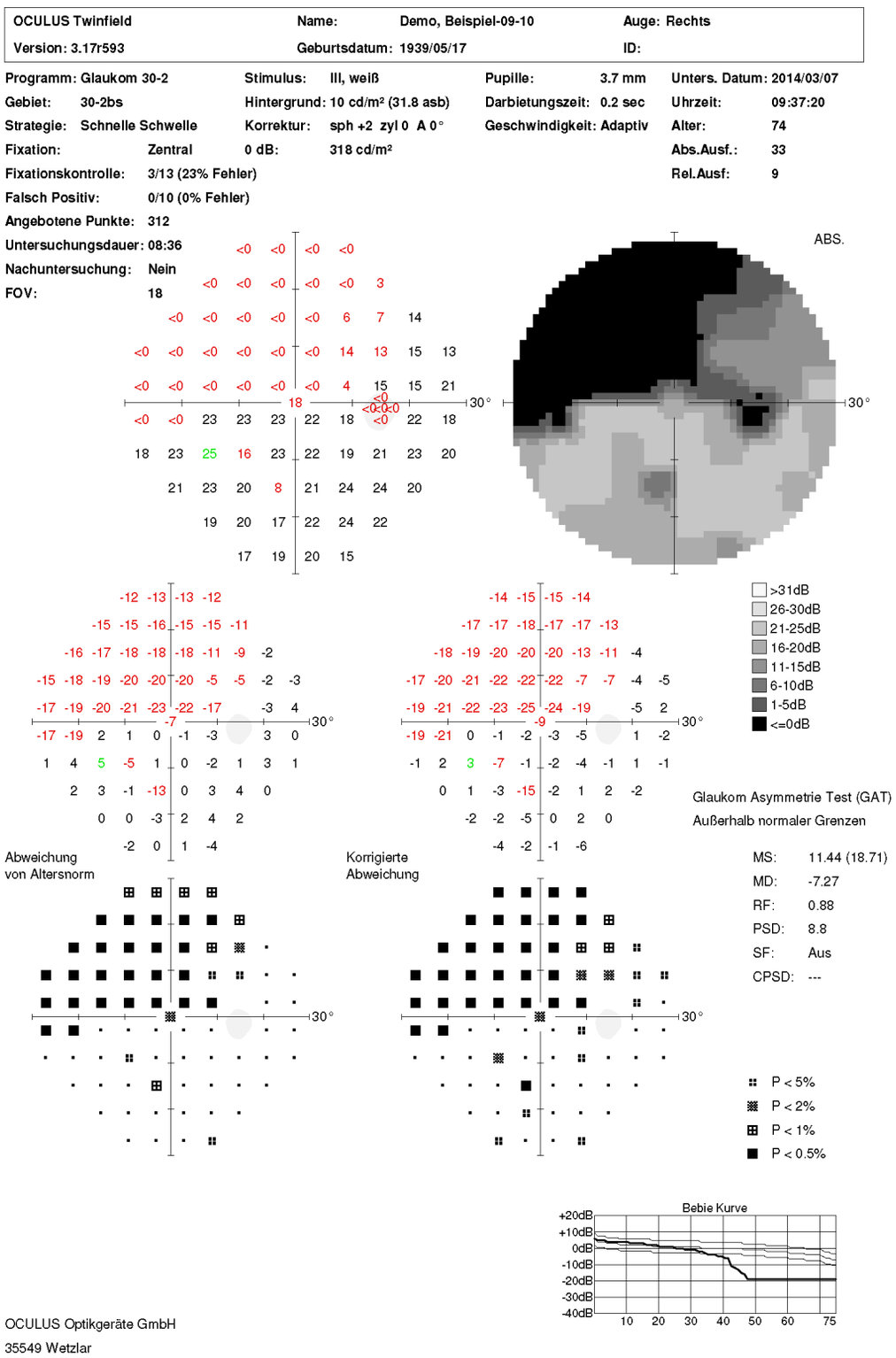




OCULUS Optikgeräte GmbH

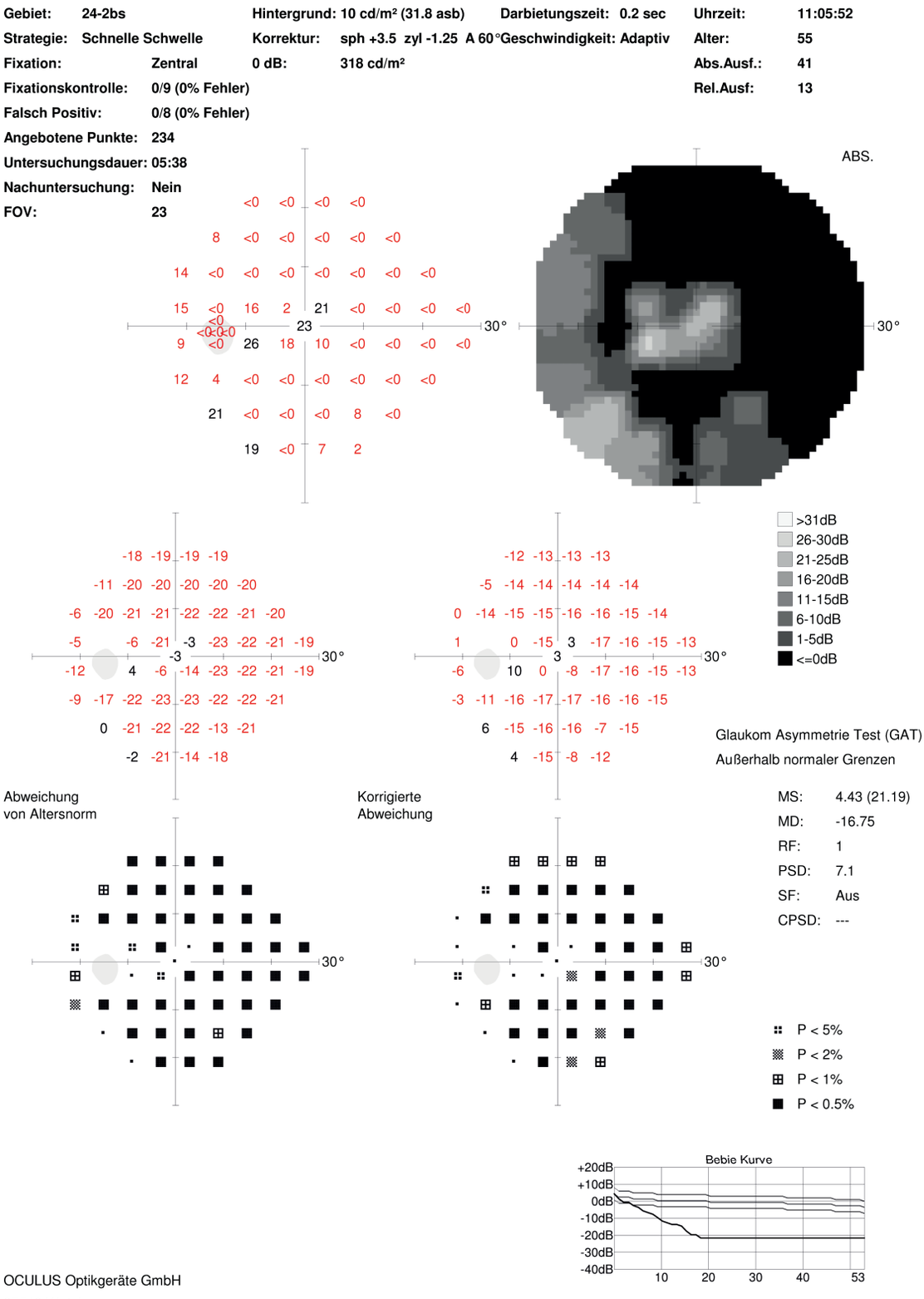
Der große Defekt im unteren Teil des Gesichtsfelds ist Folge eines Glaukoms. Da bereits ein großer Teil des Gesichtsfelds durch ein absolutes Skotom zerstört ist, wird dies als Glaukom im Stadium 4 nach Aulhorn diagnostiziert.

Example 10: Glaukom im Stadium 4



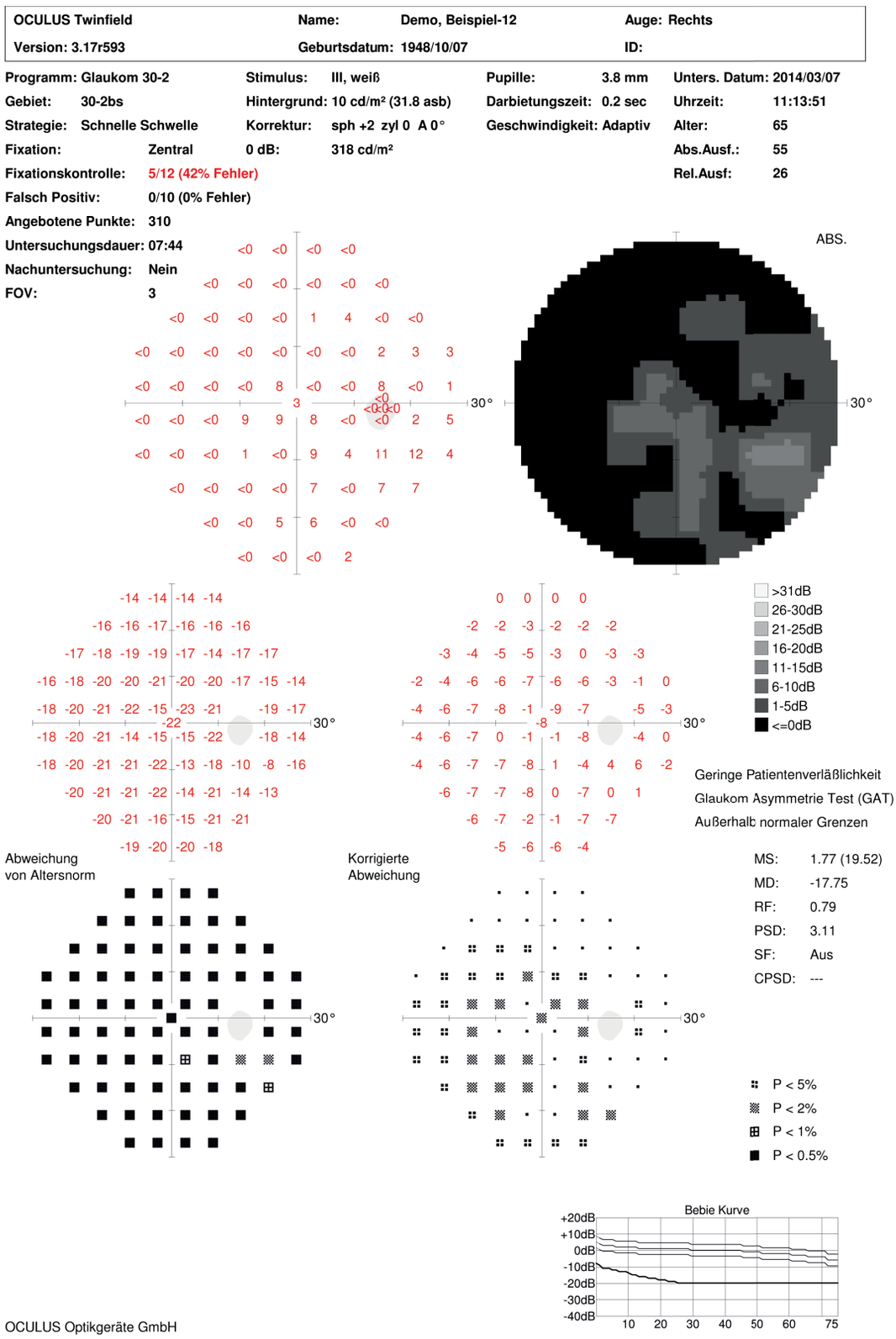
Dieser Bericht zeigt ebenfalls ein Glaukom im Stadium 4 nach Aulhorn. Der absolute Defekt ist zwar nicht so groß wie der in Beispiel 9, doch nimmt er bereits einen kompletten Quadranten des Gesichtsfelds ein.

Example 11: Glaukom im Stadium 5



Hier sieht man das Beispiel eines Glaukoms im Stadium 5 nach Aulhorn. Das Gesichtsfeld ist nahezu vollständig erloschen. In einem kleinen Bereich in der Mitte ist die Sehfähigkeit noch erhalten. Interessanterweise liegt die foveale Schwelle mit 33 dB noch in der Nähe des Normbereichs.

Example 12: Glaukom im Stadium 5



In diesem Fall eines Glaukoms im Stadium 5 nach Aulhorn hat das untersuchte Auge nahezu keine Sehfunktion mehr.

7. Besondere Merkmale von OCULUS-Perimetern bei Glaukom Untersuchungen

Häufigster Anlass für Gesichtsfelduntersuchungen in der klinischen Praxis ist die Möglichkeit oder das Vorliegen eines Glaukoms.

Wesentlich zur Durchführung einer Gesichtsfelduntersuchung für den Untersucher ist:

- Ergebnisse ordentlich beurteilen zu können
- Krankheitsverlauf dokumentieren und nachvollziehen zu können
- Untersuchungsverfahren die auf die verschiedenen Bedürfnisse angepasst sind und angepasst werden können.

7.1. Durchführung der Untersuchung

Für Gesichtsfelduntersuchungen zum Ausschluss oder zur Beurteilung eines Glaukoms gibt es einige gebräuchliche Untersuchungsraster, die in den Geräten vieler Hersteller enthalten sind. Auch in den Perimetern von OCULUS stehen sie zur Verfügung, hier allerdings mit eigens entwickelten Untersuchungsalgorithmen, die sonst kein Hersteller anbietet.

7.1.1. SPARK-Strategie

In Kapitel 3.4.1.4. SPARK Strategie bereits eingehend beschrieben. In diesem Abschnitt sollen lediglich die wichtigsten Merkmale dieser perimetrischen Untersuchungsstrategie noch einmal zusammengefasst werden:

- Sehr kurze Untersuchungsdauer: SPARK-Untersuchungen dauern höchstens halb so lang wie Untersuchungen nach anderen gängigen Strategien. Dies bringt den praktischen Vorteil mit sich, dass pro Zeiteinheit mehr Patienten untersucht werden können.
- Vorhersagbarkeit der Untersuchungsdauer: Die Untersuchungsdauer ist patientenunabhängig: Selbst Patienten mit stark beeinträchtigter Gesichtsfeldfunktion können in kurzer Zeit untersucht werden.
- Wiederholgenauigkeit: Verglichen mit anderen Strategien fällt die Fluktuation mit SPARK um ca. 40% geringer aus.
- Speziell für die Verlaufskontrolle konzipiert: Die gemittelten Endergebnisse einer SPARK-Untersuchung eignen sich optimal für Trendanalysen, wie sie etwa mit dem Softwaremodul Threshold Noiseless Trend (TNT) zur Verfügung stehen.

Der Ergebnisbericht bei SPARK-Untersuchungen ist im Wesentlichen der gleiche wie bei anderen Schwellenwertuntersuchungen.

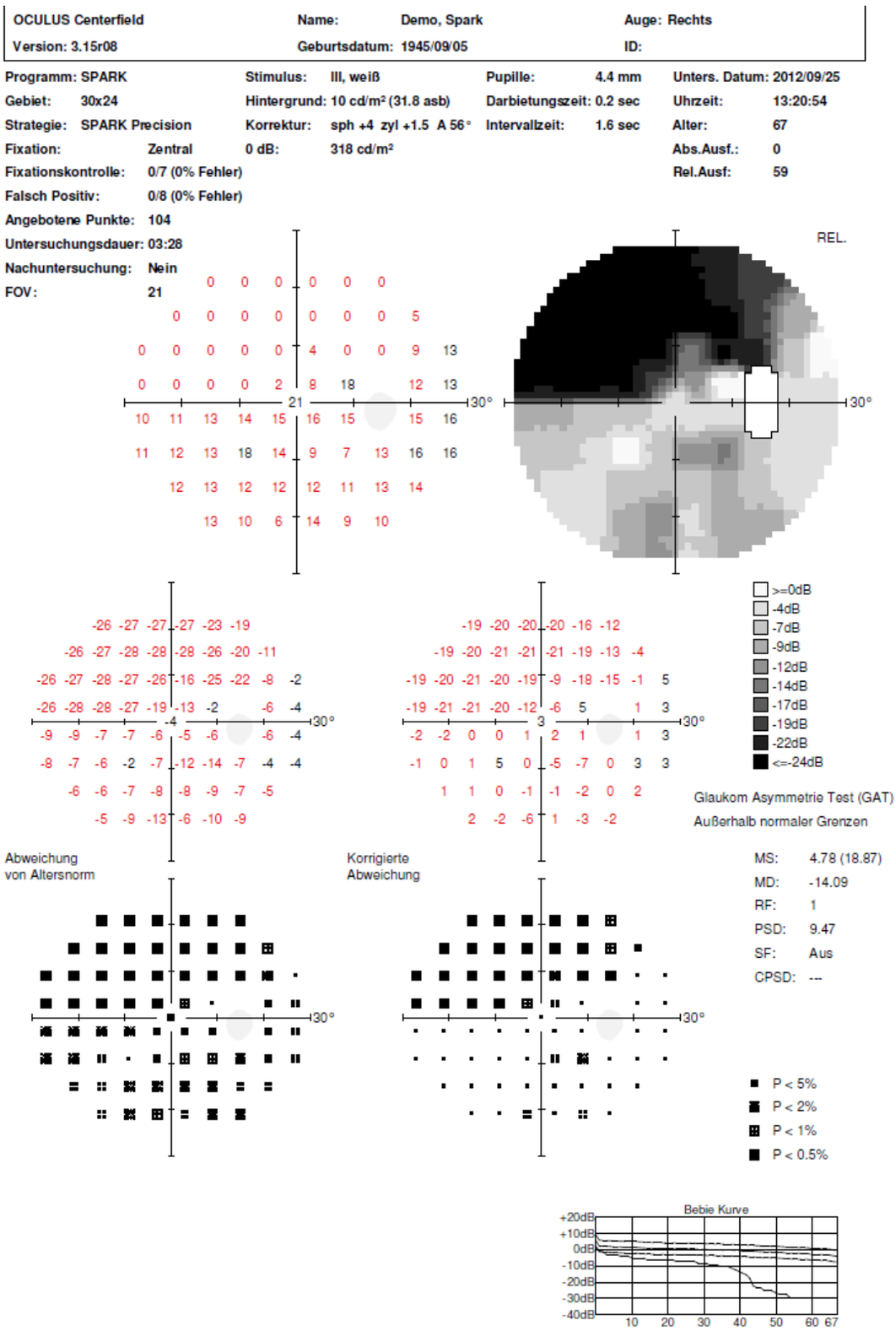


Abb. 50: Untersuchung eines Glaukompatienten mit dem Centerfield® unter Einsatz von SPARK

7.1.2. CLIP-Strategie

Der Ergebnisbericht bei CLIP-Untersuchungen ist im Wesentlichen der gleiche wie bei anderen Schwellenwertuntersuchungen.

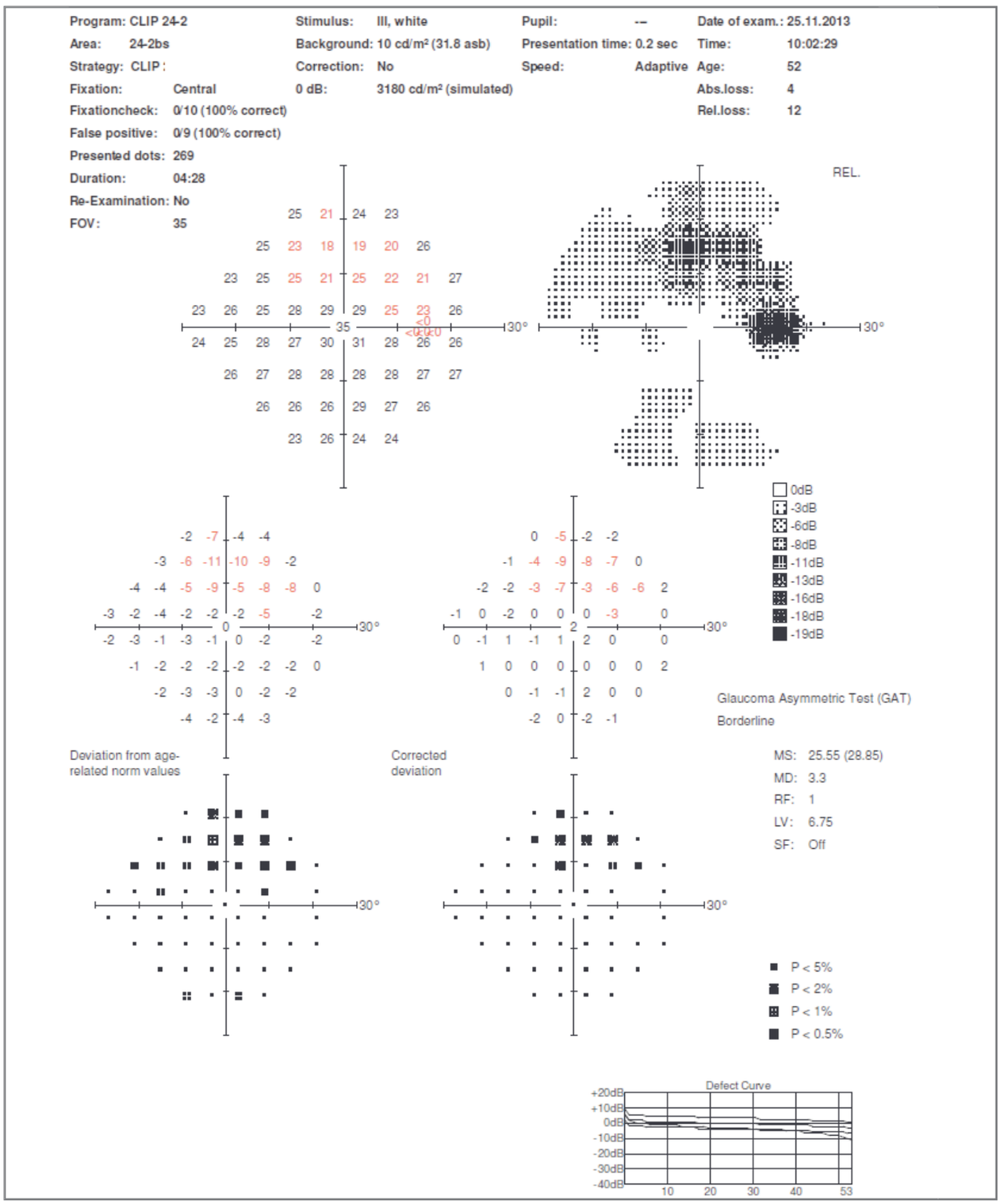


Abb. 51: Untersuchung eines Glaukompatienten mit dem Twinfield® unter Einsatz von CLIP

Die Grundlagen der CLIP-Strategie (Continuous Light Increment Perimetry) wurden bereits in Kapitel 3.4.1.3 erläutert (Referenz zur CLIP). Hier sei erwähnt, dass auch CLIP-Untersuchungen wenig Zeit beanspruchen und in diesem Punkt nur von SPARK übertroffen werden. Schwellenwertuntersuchungen mit CLIP werden von den Patienten als am angenehmsten empfunden, da der Stimulus (nach Erreichen einer gewissen Leuchtdichte) bei den meisten Darbietungen gesehen wird, während bei den üblichen Schwellenwertstrategien im Lauf einer Untersuchung zunehmend Stimuli unterhalb der Wahrnehmungsschwelle des Patienten dargeboten werden. Man beachte allerdings, dass CLIP die besten Ergebnisse bei sehr kooperativen Patienten liefert. Diesen wichtigen Punkt sollte der Untersucher bei der Wahl seiner Untersuchungsstrategie bedenken. Obwohl CLIP vorwiegend für Glaukomuntersuchungen eingesetzt wird, ist diese Strategie keineswegs als untrennbar von diesem Krankheitsbild zu betrachten, sondern kann bei jedem Anlass einer Gesichtsfelduntersuchung verwendet werden. Insbesondere bei Patienten, die bei anderen Strategien nicht kooperieren, können mit CLIP häufig doch noch verwertbare Ergebnisse erzielt werden.

7.2. Beurteilung des Gesichtsfelds

Die Interpretation und Einordnung von Gesichtsfelddaten kann in bestimmten Situationen eine sehr herausfordernde Aufgabe sein. Auch hierbei leistet OCULUS dem Untersucher umfassend Unterstützung.

7.2.1. Glaucoma Staging Program (GSP)

Das Glaucoma Staging Program (GSP) wurde von D. Wroblewski, PhD und Mitarbeitern entwickelt mit dem Ziel, die Glaukom-Früherkennung anhand von Gesichtsfelddaten zu erleichtern. Dieses neuartige Auswertungsmodul analysiert eingehend Gesichtsfelddaten unter Einsatz moderner Mustererkennungsalgorithmen. Neben seinem einzigartigen Nutzen als Arbeitsmittel für die Glaukom-Früherkennung eignet sich GSP auch zur Verifizierung und Gegenprüfung klinischer Ergebnisauswertungen. Weitergehende Informationen zu GSP sind bei der oben zitierten Quelle sowie in den Benutzerhandbüchern der OCULUS-Perimeter zu finden.

Hier sollen lediglich die wesentlichen Vorteile von GSP zusammengefasst werden:

- Veränderungen erkennen bevor sie auffallen: GSP erkennt subtile Änderungen und Muster im Gesichtsfeld noch ehe sie einem menschlichen Gutachter auffallen können.
- Übersichtliche Ergebnisdarstellung: Mit einer selbsterklärenden Grün-Gelb-Rot-Farbkodierung stellt GSP die Ergebnisse in leicht verständlicher Form dar.
- Einzigartige Mustererkennung: Kein anderer Hersteller stattet seine Geräte mit einer Analysesoftware aus, die mit GSP auch nur entfernt vergleichbar wäre.
- Expertenrat inbegriffen: Dank GSP kann der allgemeine Augenarzt die Meinung führender Glaukom-Experten in die Beurteilung seiner Untersuchungsergebnisse einbeziehen.

Im Folgenden zeigen wir als veranschaulichendes Beispiel eine Ergebnisdarstellung mit GSP. Untersucht wurde das linke Auge eines Patienten. Die Gesichtsfeldindizes liegen alle innerhalb ihrer Normbereiche. Wie zu erwarten ordnet GSP das Gesichtsfeld überwiegend als "normal" ein. In Worten lautet das Ergebnis: "Ein Glaukom-Experte würde das untersuchte Gesichtsfeld mit 90%-iger Wahrscheinlichkeit als "normal" einstufen."

Erst im zweiten Diagramm offenbart sich die enorme Leistungsfähigkeit von GSP: Hier zeigt das Ergebnis aus den Mustererkennungsalgorithmen, dass das untersuchte Gesichtsfeld mit einer Wahrscheinlichkeit von 78% (12%+66%) dem eines Patienten mit Verdacht auf Glaukom oder mit präperimetrischem Glaukom entspricht. Eine solche Schlussfolgerung wäre ohne GSP völlig undenkbar; Ergebnis einer herkömmlichen Beurteilung wäre, dass der Patient ein völlig normales Gesichtsfeld habe.

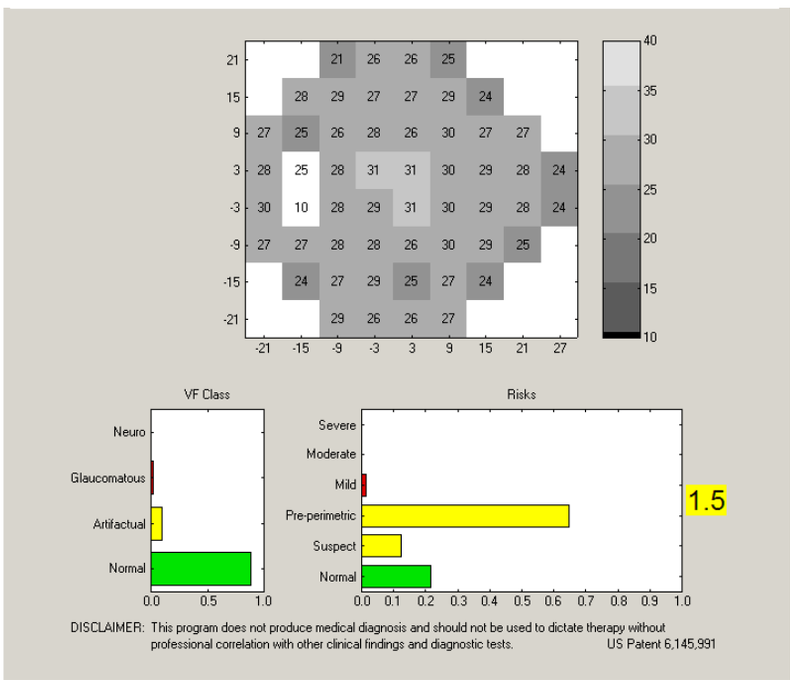


Abb. 52: Darstellung verdächtiger Gesichtsfeldmuster in der GSP-Ergebnisübersicht. Der Gesichtsfeldindex VFI wird entsprechend auf gelbem Hintergrund angezeigt (Warnung).

7.2.2. Verbessertes Glaucoma Staging System (nur beim Easyfield®)

Das verbesserte Glaucoma Staging System (GSS 2) wurde von Paolo Brusini, MD, entwickelt. Diesem Klassifizierungssystem liegt die recht einfache Idee zugrunde, das Gesichtsfeld mit einer zweidimensionalen Farbkarte darzustellen, die die mittlere Abweichung (MD = Mean Defect) und die Standardabweichung der Form (PSD = Pattern Standard Deviation) wiedergibt. Aus den Werten dieser beiden perimetrischen Indizes, die an einem Prüfpunkt gemessen werden, ergibt sich dessen Lage auf der Farbkarte. Das Diagramm zeigt klar voneinander unterscheidbare Regionen, die verschiedene Stadien des Gesichtsfeldverlusts darstellen (Stadium 0 bis 5). Gleichzeitig werden die gefundenen Defekte qualitativ als generalisiert, lokal oder gemischt klassifiziert.

In einer kürzlich erschienenen Studie, in der verschiedene Klassifizierungssysteme für den Schweregrad von Glaukomerkrankungen miteinander verglichen wurden, stellten die Autoren abschließend fest: „In Anbetracht unserer Gesamtergebnisse und der guten Handhabbarkeit des EGSS-Systems von Brusini und Filacorda könnte dieses System sowohl für Kliniker als auch für Forscher die beste Wahl sein."

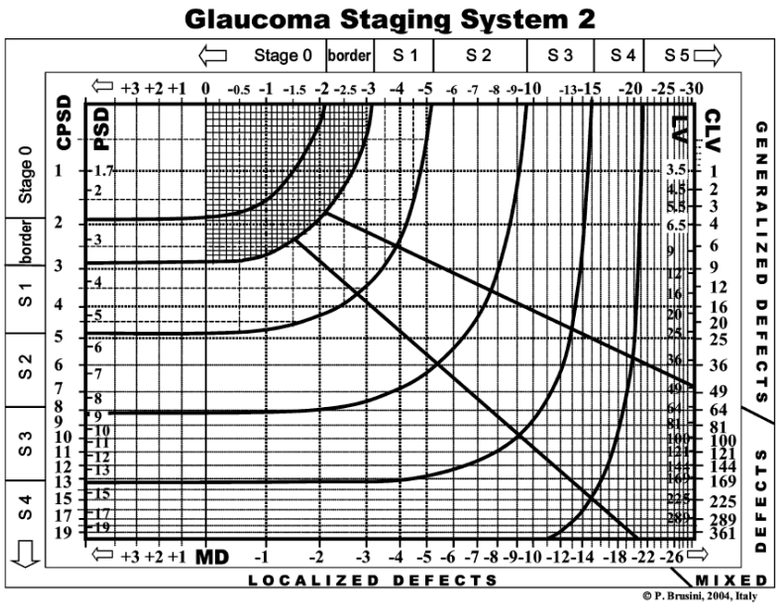


Abb. 53: Das verbesserte Glaucoma Staging System wie es bei der erstmaligen Publikation der Methode 2006 präsentiert wurde.

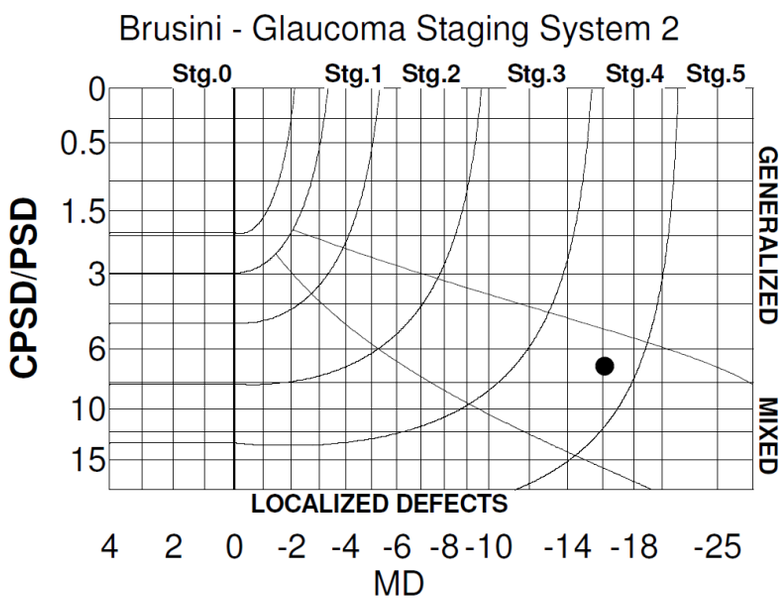


Abb. 54: Eine Auswertung mit dem verbesserten Glaucoma Staging System wie sie im Ergebnisbericht des Easyfield® erscheint

7.3. Verlaufskontrolle am glaukomatösen Gesichtsfeld

Es besteht weithin Einigkeit darüber, dass es bei Glaukompatienten nicht genügt das Vorhandensein von Gesichtsfelddefekten festzustellen, sondern dass auch Informationen über deren Entwicklung im Lauf der Zeit gebraucht werden. Immerhin gilt das Glaukom grundsätzlich als fortschreitende Erkrankung. Um feststellen zu können mit welcher Behandlung das Augenlicht des Patienten bestmöglich erhalten werden kann, ist daher eine genaue Beurteilung etwaiger Verschlechterungen der Gesichtsfeldfunktion unabdingbar.

7.3.1. Threshold Noiseless Trend (TNT)

Diese Methode der Verlaufskontrolle wurde von Prof. M. González de la Rosa, dem Urheber der SPARK-Strategie, entwickelt. TNT führt quantitative statistische Analysen des zeitlichen Verlaufs von Gesichtsfelduntersuchungsergebnissen durch. Die Software berücksichtigt alle Schwellenwertuntersuchungen die mit den Prüfpunktrastern 30-2, 30x24 oder 24-2 am Patienten vorgenommen wurden. Aus deren Ergebnissen filtert TNT Schwellenwerte mit geringer Variabilität heraus und führt auf dieser Grundlage Trendanalysen für lokale ("Point-by-Point Regression") und globale Ergebnisse ("MD Regression") sowie für die Bebié-Kurve ("DC Regression") durch.

Eine detaillierte Beschreibung der TNT-Methode würde den Rahmen dieses Leitfadens sprengen. Eingehende Informationen hierzu finden Sie im Benutzerhandbuch jedes OCULUS-Perimeters. An dieser Stelle seien lediglich die Hauptvorteile der TNT-Software zusammengefasst:

- Hohe Detektionsempfindlichkeit: TNT erkennt frühe Veränderungen der Gesichtsfeldfunktion die mit Methoden auf Grundlage von Formabweichungen regelmäßig übersehen werden.
- Je mehr Untersuchungen, desto höher die Präzision: Anders als bei Methoden die lediglich den Ist-Zustand berücksichtigen wird bei der Trendanalyse auch der Datenfundus früherer Untersuchungen genutzt.
- Höhere Aussagekraft: Da es keinen objektiv begründbaren Goldstandard für die Beurteilung des Verlaufs von Gesichtsfeldsymptomen gibt, folgt die TNT-Analyse statt dessen drei eindeutigen objektiven Kriterien.
- Einzigartige Merkmale: TNT beinhaltet eigens entwickelte Analyseverfahren wie zum Beispiel die Regressionsanalyse der Defektkurve und die Definition objektiver Verlaufskriterien für die Regressionsanalyse nach einzelnen Prüfpunkten.

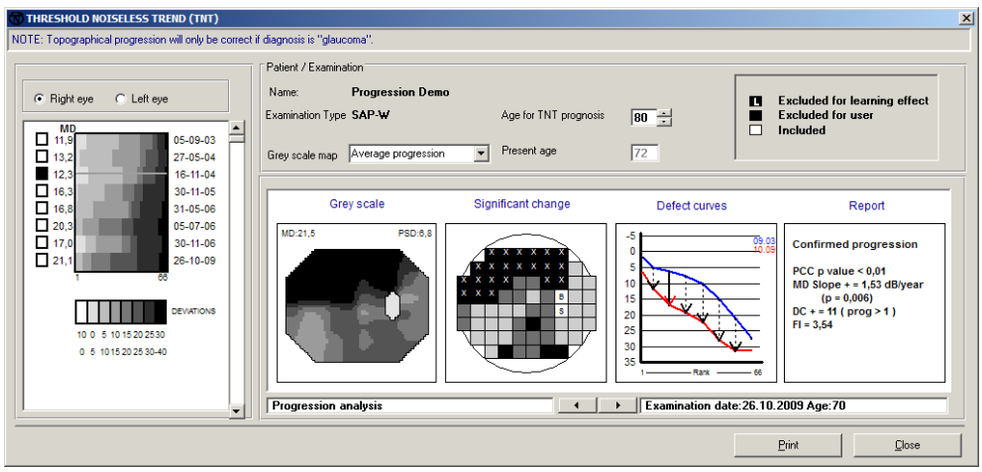


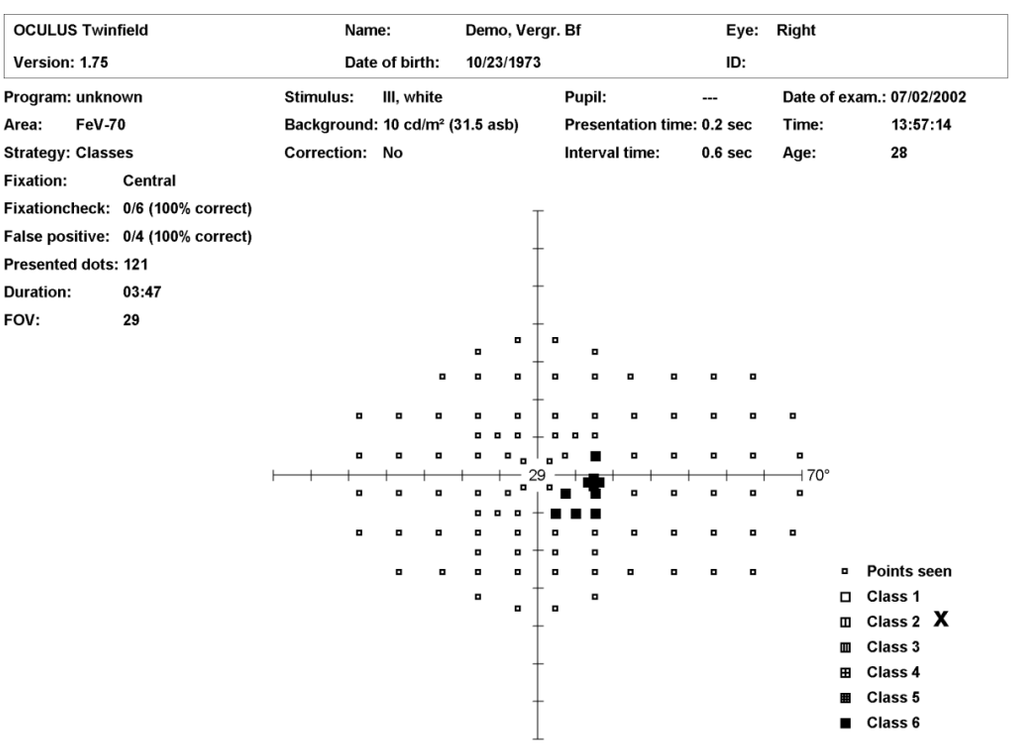
Abb. 55: Hauptbildschirm der TNT-Analysesoftware. Der abschließende Bericht über die Zeitreihe der Gesichtsfelduntersuchungen ist rechts dargestellt.

8. Das periphere Gesichtsfeld

In der klinischen Praxis beschränkt man sich bei Gesichtsfelduntersuchungen meist auf das zentrale Gesichtsfeld (üblicherweise bis 30° Exzentrizität). In manchen Fällen kann allerdings eine Untersuchung auch des äußeren Gesichtsfeld weitergehende Informationen liefern. So kann zum Beispiel bei Patienten mit Verdacht auf neurologisch bedingte Gesichtsfeldausfälle eine Untersuchung des peripheren Gesichtsfelds Hinweise zum Ausmaß der primären Ursache der festgestellten Defekte liefern. Auch aufgrund gesetzlicher Vorschriften (wie etwa in manchen Ländern die Bestimmungen zur Führerscheinberechtigung) können Untersuchungen des peripheren Gesichtsfelds erforderlich sein.

Im folgenden kurzen Kapitel finden Sie einige Beispiele typischer Untersuchungsergebnisse für das periphere Gesichtsfeld. Die Ergebnisberichte sehen etwas anders aus als die in Kapitel 6, weil hier andere Prüfpunktraster und andere Untersuchungsstrategien zum Einsatz kommen. Selbstverständlich decken die gezeigten Beispiele nicht die ganze Bandbreite möglicher Ergebnisse ab; die Diagnosen, zu denen sie führen, könnten auch aufgrund von ganz anders gearteten Ergebnisberichten zustande kommen. Die Beispiele sollen lediglich dazu dienen, den Leser mit den Ergebnisberichten der OCULUS-Perimeter vertraut zu machen.

Example 13: Vergrößerter blinder Fleck



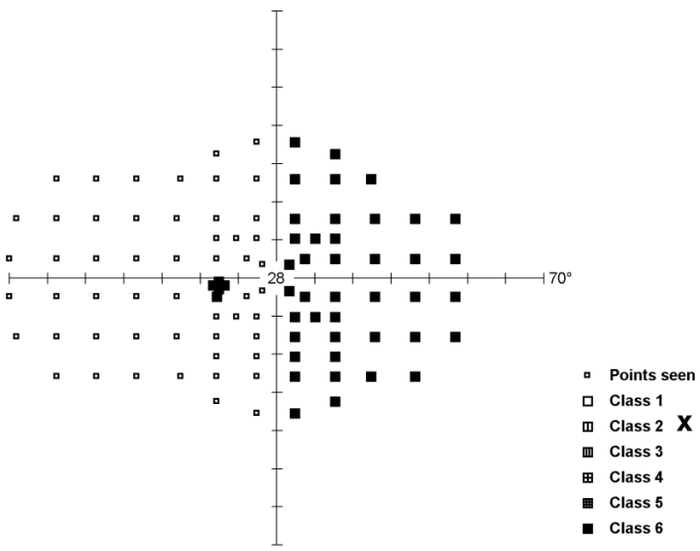
Anlass der Untersuchung war eine Fahreignungsbegutachtung zum Erwerb eines gewerblichen Führerscheins. Im Ergebnisbericht ist ein vergrößerter blinder Fleck zu sehen, dem wahrscheinlich ein Glaukom zugrundeliegt. Die Untersuchung wurde mit einer überschwelligen Strategie durchgeführt, so dass keine Schwellenwerte angegeben sind.

Example 14: Hemianopsie

OCULUS Twinfield	Name:	Demo, Halbseitenausfall	Eye: Left
Version: 1.75	Date of birth:	10/23/1973	ID:

Program: unknown	Stimulus: III, white	Pupil: ---	Date of exam.: 07/02/2002
Area: FeV-70	Background: 10 cd/m² (31.5 asb)	Presentation time: 0.2 sec	Time: 13:52:26
Strategy: Classes	Correction: No	Interval time: 0.6 sec	Age: 28

Fixation: Central
Fixationcheck: 0/9 (100% correct)
False positive: 0/5 (100% correct)
Presented dots: 170
Duration: 04:25
FOV: 28



Das oben stehende Diagramm zeigt eine Hemianopsie an. Diese Symptomatik ist oft Folge einer neurologischen Störung wie z.B. eines Schlaganfalls. Auch diese Untersuchung wurde mit einer überschwelligen Strategie durchgeführt, so dass keine Schwellenwerte und auch keine weiteren Karten oder Raster im Ergebnisbericht erscheinen.

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: TF-Verlauf 11
Abb. 2: TF-Kinetik 11
Abb. 3: Tübinger Handperimeter 14
Abb. 4: Tübinger Handperimeter 14
Abb. 5: Erster Prototyp des Tübinger Automatikperimeters (1976) 14
Abb. 6: Erster Prototyp des Tübinger Automatikperimeters (1976) 15
Abb. 7: Das Tübinger Automatikperimeter (TAP) von 1980 15
Abb. 8: TAP 2000 CT 15
Abb. 9: Twinfield®, Easyfield®, Centerfield® und Smartfield Perimeter 16
Abb. 10: Lichtunterschiedsempfindlichkeit 18
Abb. 11: Übersicht über die Testimuli nach Goldmann 19
Abb. 12: Zusammenhang zwischen der Anzahl an Prüfpunkten, der Untersuchungsdauer und der Wahrscheinlichkeit, einen Gesichtsfelddefekt zu “fangen” 20
Abb. 13: Prüfpunktraster des Easyfield® für das zentrale Gesichtsfeld: 30-2 (a), 24-2 (b) und 30x24 (c) – Letzteres kommt bei der SPARK-Strategie zum Einsatz 21
Abb. 14: Prüfpunktraster des Easyfield® für die Makula (a) und die obere Hemisphäre (b) 21
Abb. 15: Smartfield Prüfpunktraster: 30x24 – Raster der SPARK-Strategie (a) und symmetrisches peripheres Raster (b) 22
Abb. 16: Physiologische Raster zur Untersuchung des zentralen Gesichtsfelds mit dem Centerfield®: Gebiet 1 (a) für die genaue Defektortung, Gebiet 4 (b) und 8 (c) für schnelle Untersuchungen. 23
Abb. 17: Makularaster beim Centerfield®: Raster 10-2 (a) und Gebiet 3 (b) 23
Abb. 18: Periphere Raster beim Centerfield®: (a) Gebiet 6 für neurologische Patienten, (b) Raster nach FeV-70 für die Untersuchung von Führerscheinanwärtern in Deutschland und (c) Raster für den monokularen Esterman-Test 23
Abb. 19: Periphere Raster beim Twinfield®: (a) Gebiet 6 mit leicht modifizierter Lage der Prüfpunkte und (b) Raster für den binokularen Esterman-Test. 24
Abb. 20: Extra Schwellenwertbestimmung 4-2 26

Abb. 21: Schnelle Schwellenwertbestimmung 27

Abb. 22: Unterschied im Vorgehen der 4-2 dB Intervallbildungs-Strategie (= Full-Threshold-Strategie) und der CLIP Strategie 28

Abb. 23: Überschwelllige 3-Zonen-Strategie 31

Abb. 24: Überschwelllige 3-Zonen-Strategie 32

Abb. 25: Überschwellige Strategie mit Defektquantifizierung 33

Abb. 26: Gesichtsfeldberg 37

Abb. 27: Richtige Anordnung eines Korrekturglases 45

Abb. 28: Zur Veranschaulichung der verfälschenden Wirkung eines üblichen Probeglases gegenüber einem Schmalrandglas 46

Abb. 29: Beispielhafter Ergebnisbericht zu einer Schwellenwertuntersuchung mit dem Twinfield® 49

Abb. 30: Brusini - Glaucoma Staging System 53

Abb. 31: Gesichtfeld Quadranten 54

Abb. 32: Schematische Darstellung der Sehbahn 56

Abb. 33: Makuladegeneration (OS) 57

Abb. 34: Vorhangartiger Defekt (OD) 58

Abb. 35: Nervenfaserschichtdefekt 58

Abb. 36: Vergrößerter blinder Fleck (OD) durch Schwellung der Papille 59

Abb. 37: Neuritis nervi optici mit Visusminderung (OS) 59

Abb. 38: Bitemporale Hemianopsie infolge eines großen Hypophysenadenoms 60

Abb. 39: Komplette homonyme Hemianopsie nach rechts infolge eines Schlaganfalls der linken Gehirnhälfte 61

Abb. 40: Inkongruente homonyme Quadrantanopsie nach links oben 61

Abb. 41: Beispiel eines Sektordefekts (OD) 62

Abb. 42: Sektordefekt im Ergebnisbericht des OCULUS Twinfield® 63

Abb. 43: Zentralskotom 64

Abb. 44: Zentrozökales Skotom 64

Abb. 45: Parazentrales Skotom 65

Abb. 46: Ringskotom 65

Abb. 47: Bjerrum-Skotom 65

Abb. 48: Glaukomstadien aus "Rasterperimetrie mit dem Tübinger Automatik Perimeter", F. Dorner-Schandl, W. Durst, G. Kolling, B. Leo-Kottler, Tübingen, 1993 67
Abb. 49: Verlauf der Axone auf der Retina 68
Abb. 50: Untersuchung eines Glaukompatienten mit dem Centerfield® unter Einsatz von SPARK 82
Abb. 51: Untersuchung eines Glaukompatienten mit dem Twinfield® unter Einsatz von CLIP 83
Abb. 52: Darstellung verdächtiger Gesichtsfeldmuster in der GSP-Ergebnisübersicht. Der Gesichtsfeldindex VFI wird entsprechend auf gelbem Hintergrund angezeigt (Warnung). 85
Abb. 53: Das verbesserte Glaucoma Staging System wie es bei der erstmaligen Publikation der Methode 2006 präsentiert wurde. 86
Abb. 54: Eine Auswertung mit dem verbesserten Glaucoma Staging System wie sie im Ergebnisbericht des Easyfield® erscheint 86
Abb. 55: Hauptbildschirm der TNT-Analysesoftware. Der abschließende Bericht über die Zeitreihe der Gesichtsfelduntersuchungen ist rechts dargestellt. 87

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenhang zwischen der zentralen Leuchtdichteschwelle (T_C) und der bei 15° Exzentrizität (T_{15}) für jede der sechs Leuchtdichteklassen 34
Tabelle 2: Glaukom Parameter 39
Tabelle 3: Makulaerkrankung Parameter 40
Tabelle 4: Neurologie Parameter 40
Tabelle 5: Screening Parameter 41
Tabelle 6: Korrekturtabelle 46

Beispieleverzeichnis

Example 1: Glaukom Stadium 1 69
Example 2: Vergrößerter blinder Fleck 70
Example 3: Absolutes glaukomatöses Skotom 71
Example 4: Einsatz überschwelliger Strategien bei Glaukom 72
Example 5: Glaukom Stadium 3 73
Example 6: Überschwellige Strategie bei Glaukom im Stadium 3 74
Example 7: Glaukom im Stadium 3 75
Example 8: Überschwellige Strategie bei Glaukom im Stadium 3 76
Example 9: Glaukom im Stadium 4 77
Example 10: Glaukom im Stadium 4 78
Example 11: Glaukom im Stadium 5 79
Example 12: Glaukom im Stadium 5 80
Example 13: Vergrößerter blinder Fleck 88
Example 14: Hemianopsie 89

Abkürzungsverzeichnis

abs.	absolut 96
AMD	age-related macular degeneration 96
asb	Apostilb 96
BPFP	Blue preferential perimetry 96
CAR	Carcinom-assoziierter Retinopathie 96
cd	Candela 96
CLIP	Continuous Light Increment Perimetry 96
CPSD/PSD	Corrected Pattern Standard Deviation 96
dB	Decibel 96
DLS	Differential Luminance Sensitivity 96
FOV	foveal luminance threshold 96
GAT	Glaucoma Asymmetric Test 96
GH	General Height 96
GHT	Glaucoma Hemifield Test 96
GSP	Glaucoma Staging Program 96
GSS	Glaucoma Staging System 96
LCD	Liquid Crystal Display 96
LDK	Leuchtdichteklasse 96
LDS	Light Difference Sensitivity 96
LED	Leuchtdiode 96
LUE	Lichtunterschiedsempfindlichkeit 96
LV	loss variance 96
MD	Mittlere Abweichung/ Defekttiefe 96
MS	Mittlere Empfindlichkeit 96
OD	rechtes Auge 96
OS	linkes Auge 96
PhD	Doctor of Philosophy 96
PSD	Pattern Standard Deviation 96
rel.	relativ 96
RF	Reliability Factor 96
RIP	Red increment perimetry 96
SAP	automated Standard perimetry 96

SF	Short-Term Fluctuation 96
SI	International system of units 96
SWAP	Short Wavelength Automated Perimetry 97
TNT	Threshold Noiseless Trend 97
VFI	Field of index 97

Index

A

Accurate Perimetric Results 43
Automated Perimetry 9

B

Blue Perimetry 36

C

Checking fixation 42
Checking Fixation 34
central fixation 34, 42
Heijl-Krakau method 34, 42
Chiasmal lesions 56, 59
Class Strategy 33
Colour Perimetry 36
Blue Perimetry 36
Red perimetry 37

D

Depression / Constriction 61
Differential Luminance Sensitivity 18

E

Examination Printout 49
Corrected Pattern Standard Deviation 52
Cumulative defect curve 53
Glaucoma Asymmetric Test 51
glaucoma stage 52
Glaucoma Staging System 53
Mean Deviation 52
Mean Sensitivity 52
Pattern Standard Deviation 52
Reliability Factor 52
Short-Term Fluctuation 52
Examination Strategies 24

F

False-negative rate 43
False-positive rate 42
Field Cuts / Sector Defects 61
Fixation check 51

G

Geichtsfeldberg 36
General Recommendations 43
Glaucoma 39
Glaucoma Staging Program 84

H

Heijl-Krakau method 34, 42

K

kinetic perimetry 10
Kinetic Perimetry 35

L

lens edge artefacts 47
Luminance 17
Luminance Threshold 18

M

Macular Diseases 40

N

Near Correction 45
Neurology 40

P

Perimetry Results 49
Examination Printout 49
Peripheral Visual Field 89
Postchiasmal lesions 56, 59
Prechiasmal lesions 56

R

Red perimetry 37

S

Scotomas 61, 63
Short-Term fluctuation 43
SPARK Strategy 28
static perimetry 9
Static Perimetry 20
Stimulus Sizes 19
Suprathreshold strategies 30

T

Test Patterns 20
OCULUS Perimeters 21
Centerfield® 22
Central patterns 22
Peripheral patterns 23
Easyfield® 21
Smartfield 22
Twinfield® 24
Threshold Noiseless Trend (TNT) 87
Threshold-Oriented Suprathreshold Strategies 30
Suprathreshold 2-Zone Strategy 30
Suprathreshold 3-Zone Strategy 31
Suprathreshold Quantify Defects Strategy 32
Threshold Strategies 25
CLIP Strategy 27, 84
Fast Threshold Strategy 26
Full Threshold 25
SPARK Strategy 28, 81

V

visual field 39
Visual Field Defects 55
Origin 55
Chiasmal lesions 59
Postchiasmal lesions 59
Prechiasmal lesions 56
Topology 61
Depression / Constriction 61
Field Cuts / Sector Defects 61
Scotomas 61, 63
visual field quadrant 54
Visual Field Screening 41

Nachwort

Wir hoffen, dass Sie durch die Lektüre dieses Leitfadens mehr über die Perimetrie im Allgemeinen und im Besonderen über die von den OCULUS-Perimetern generierten Ergebnisse lernen konnten. Man kann allerdings kaum genug darauf hinweisen, dass dieser Leitfaden nicht Ihre einzige Informationsquelle über die Gesichtsfelduntersuchung bleiben sollte. Unser Anliegen ist es vielmehr, Ihnen damit einen kurzen Überblick über das Gebiet zu bieten. Er soll Sie dazu ermutigen, sich auch mit Detailfragen zum theoretischen Hintergrund der Perimetrie zu beschäftigen und durch Ihre Arbeit mit OCULUS-Perimetern in unterschiedlichen klinischen Aufgabengebieten Ihre eigenen praktischen Erfahrungen zu sammeln.

Ihnen alles Wissenswerte über die Perimetrie zu vermitteln – diesen Anspruch kann kein einzelnes Handbuch und auch kein Ausbildungsinstitut einlösen. Auch wenn wir als Hersteller stets bemüht sind, Sie mit allen nötigen Informationen zu versorgen, werden Sie früher oder später doch mit Fragen konfrontiert sein, zu denen Sie in Ihren Unterlagen von OCULUS keine Antwort finden. Sollte dies eintreten, möchten wir Sie sehr dazu ermutigen, sich mit einem unserer Mitarbeiter oder Partner im weltweiten OCULUS-Vertriebsnetz oder mit unserem Support-Team an unserem Hauptsitz in Wetzlar in Verbindung zu setzen. Wir freuen uns darauf, Ihnen Ihre Fragen telefonisch oder per E-Mail zu beantworten und Sie mit neuen Informationen zu den Perimetern von OCULUS zu versorgen.

Wir hoffen aufrichtig, dass Sie aus den umfangreichen Möglichkeiten, die unsere Perimeter bieten, ausgiebig Nutzen ziehen und an der Arbeit mit Ihrem Instrument aus dem Hause OCULUS Freude haben.

Ihr OCULUS Support Team

+49-641-2005-0
+49-641-2005-255
sales@oculus.de
www.oculus.de

Charge S/56920/DE/05/18_Rev.00

WWW.OCULUS.DE

OCULUS Optikgeräte GmbH
Postfach • 35549 Wetzlar • GERMANY
Tel. +49 641 2005-0 • Fax +49 641 2005-295
E-Mail: export@oculus.de • www.oculus.de