

metrie) soll durch die hohe Zeitfrequenz („Flimmern“) von 15 Hz und die niedrige Ortsfrequenz (Abstand der Linien) des Sinusgitters (0,5–1,5 Perioden/Grad; 1 Periode entspricht einer hellen und einer dunklen Linie) erreichen, dass vorrangig die magnozellulären Wahrnehmungskanäle gereizt werden. Diese Kanäle zeichnen sich durch schnelle Signalübertragung und eine hohe Kontrastempfindlichkeit aus und sind verantwortlich für die Wahrnehmung von Reizen mit geringer räumlicher und hoher zeitlicher Auflösung. Die klinischen Ergebnisse der FDT-Perimetrie sind mit denen der konventionellen Perimetrie vergleichbar [2], [13]. Ein wichtiger Vorteil der Methode ist, dass die Ergebnisse weniger von Refraktionsfehlern beeinflusst werden als bei der Standard-Perimetrie.

### Flicker-defined-Form-Perimetrie am Heidelberg-Edge-Perimeter

Das Heidelberg-Edge-Perimeter ermöglicht zusätzlich zur konventionellen Standard-Perimetrie eine neue Art der Gesichtsfeldmessung – die Flicker-defined-Form-Perimetrie (FDF-Perimetrie). Mit den FDF-Stimuli sollen, wie auch bei der Frequenzverdoppelungsperimetrie (FDT), vorrangig die magnozellulären Kanäle gereizt werden. Das Display besteht aus Punkten, die mit hoher Frequenz (15 Hz) periodisch erscheinen („flickern“). Innerhalb der runden Stimuli (Durchmesser 5 Grad) flickern die Punkte aber in Gegenphase zu den Punkten des Hintergrunds. Sowohl die Punkte selbst, als auch ihr Flickern, sind kaum wahrnehmbar, aber der Beobachter sieht eine sogenannte „Phantom-Kontur“ an der Borte des Stimulus (FDF-Illusion) [19]. Die Intensität des Stimulus wird durch den Kontrast der Punkte bestimmt – bei herabgesetzter retinaler Empfindlichkeit wird ein höherer Kontrast benötigt, um den Stimulus sichtbar zu machen.

Wie auch bei der FDT-Perimetrie bleibt bislang unbestätigt, in welchem Umfang die FDF-Perimetrie tatsächlich die magnozellulären Kanäle des visuellen Systems reizt. Die klinischen Ergebnisse lassen jedoch darauf schließen, dass die FDF-Testes am Heidelberg-Edge-Perimeter eine hohe Empfindlichkeit für frühe Sehfunktionsschäden bei Patienten mit Glaukom aufweisen [7]. Allerdings sind diese Tests auch wesentlich schwieriger für die Testperson. Deutliche Lerneffekte werden bei der Mehrzahl der Patienten beobachtet. Als sehr sensitiver Test ist die FDF-Perimetrie am Heidelberg-Edge-Perimeter besonders dazu geeignet, bei Personen mit hohen

Verdachtsmomenten (z. B. verdächtige Papille, okuläre Hypertension), die keine deutlichen Schäden mit der Standard-Perimetrie aufweisen, frühe Gesichtsfeldschäden entweder auszuschließen oder gegebenenfalls nachzuweisen.

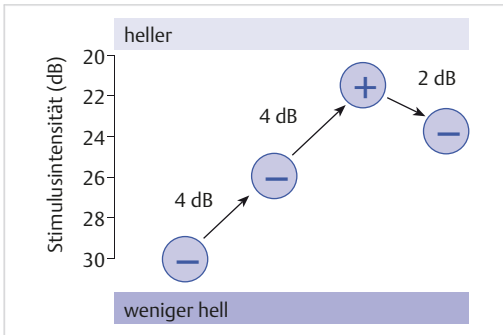
### Strategien zur Messwertbestimmung

Ziel der Perimetrie ist, die Sehfunktion über das gesamte oder einen Teil des Gesichtsfelds auszuwerten. Bei der Schwellenperimetrie werden die Wahrnehmungsschwellen an verschiedenen Gesichtsfeldorten gemessen. Um diese Werte mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen, müssen zumindest 3–5 Stimuli pro Gesichtsfeldort gezeigt werden. Im Gegenzug dazu werden bei der überschwelligeren Perimetrie im Normalfall nur 1–2 Stimuli angeboten, deren Intensität deutlich über der Wahrnehmungsschwelle liegt. Eine gesunde Person sollte diese Stimuli also in fast jedem Fall sehen. Werden diese überschwelligeren Stimuli nicht gesehen, kann von einem signifikanten Schaden am jeweiligen Gesichtsfeldort ausgegangen werden.

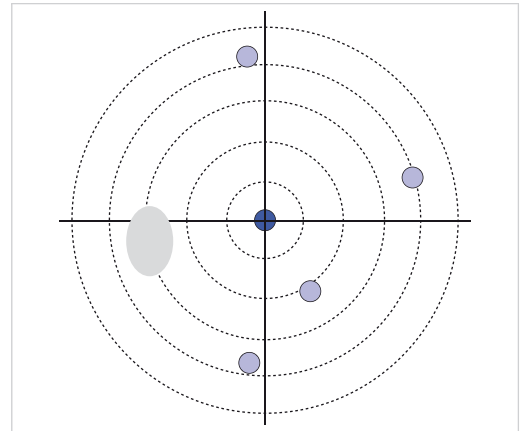
### Schwellenstrategien

Ziel der Schwellenwertperimetrie ist die schnelle und möglichst präzise Ermittlung der Wahrnehmungsschwellen an jedem vermessenem Gesichtsfeldort. Dazu gibt es verschiedene Strategien.

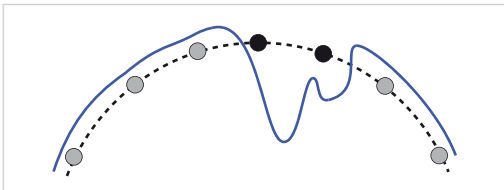
Bis vor wenigen Jahren galt die klassische **4–2-dB-Eingabelungsstrategie** als Standard in der Perimetrie (Bebíé et al. 1976). Bei dieser Technik wird die Empfindlichkeit durch die stufenweise Präsentation von über- und unterschwelligen Stimuli angenähert („eingabelt“). Die Strategie lässt sich am einfachsten anhand eines Beispiels erklären (► Abb. 3.32): Die Messung beginnt mit der Präsentation eines Stimulus etwas oberhalb („heller“) der normalen Reizschwelle (z. B. 30 dB). Wenn der Antwortknopf des Perimeters binnen etwa 1,5 Sekunden nicht gedrückt wurde, gilt der Stimulus als nicht gesehen. Der nächste Stimulus wird dann mit einer um 4 dB erhöhten Intensität angeboten (26 dB). In unserem Beispiel wird auch dieser Stimulus nicht wahrgenommen, sondern erst ein dritter, um weitere 4 dB hellerer Stimulus mit einer Intensität von 22 dB. Damit ist ein erster Antwortumschlag (von „nicht gesehen“ zu „gesehen“) erfolgt. Die Schrittweite wird nun halbiert, sodass der vierte Stimulus mit einer um nur 2 dB



**Abb. 3.32 Schematische Darstellung der klassischen 4-2-Eingabelungsmethode.** Die Darbietung der Stimuli beginnt mit einem unterschwelligen Reiz (-), der in Schritten von 4 dB verstärkt wird. Nach der ersten Wahrnehmung des Reizes (+) erfolgt eine Abschwächung in Schritten von 2 dB so lange, bis der Reiz nicht mehr wahrgenommen (-) wird. Der Schwellenwert entspricht dem letzten, gerade noch wahrgenommenen Reiz (hier 22 dB).



**Abb. 3.34 Prinzip der überschwelligen Multistimulusperimetrie.** Der Patient blickt auf den zentralen Fixationspunkt, während im zentralen Gesichtsfeld 1-4 überschwellige Stimuli gleichzeitig gezeigt werden. Der Patient antwortet verbal mit der Zahl der gesehenen Stimuli. Diese Form der Perimetrie ist die effizienteste Methode, voraussichtlich normale Gesichtsfelder zu untersuchen (Screening). Automatische (Dicon-Perimeter) und halbautomatische Verfahren (Henson-Perimeter) stehen zur Verfügung.



**Abb. 3.33 Prinzip der überschwelligen Perimetrie.** Das Gesichtsfeld wird stichprobenartig mit Stimuli geprüft, die etwas heller (unterbrochene Linie) als die bei einer Normalperson erwartete Wahrnehmungsschwelle (blaue Linie) sind. Im Normalfall werden alle überschwelligen Stimuli gesehen (offene Kreise). Nur wenn ein tieferer Gesichtsfeldverlust vorliegt, werden die Stimuli nicht beantwortet (gefüllte Kreise).

verringerten Intensität von 24 dB präsentiert wird. Wird dieser Stimulus nun wiederum nicht gesehen (zweiter Antwortumschlag von „gesehen“ zu „nicht gesehen“), ist die Messung beendet und der zuletzt gesehene Stimulus (22 dB) wird als Schwellenwert angenommen.

Eingabelungstrategien liefern gute Ergebnisse, wenn ein scharfer Übergang zwischen wahrnehmbaren und nicht wahrnehmbaren Stimuli gegeben ist (= steiler Verlauf der psychometrischen Funktion, ► Abb. 3.31) und wenn der Patient keine Antwortfehler (falsch positive und falsch negative Antworten) macht (Kap. Auswertung der Testergebnisse).

Moderne Schwellenstrategien, wie z.B. SITA (Swedish Interactive Threshold Algorithms [5]) oder ZEST (Zippy Estimation by Sequential Testing [21]), verbinden die Antworten des Patienten mathematisch mit schon vor Beginn der Messung verfügbaren Kenntnissen (z.B. die statistische Häufigkeitsverteilung der Schwellenwerte in normalen und abnormalen Gesichtsfeldern, typische Form der psychometrischen Funktion). Die mathematisch effiziente Auswertung der mit jeder Stimuluspräsentation gewonnenen Informationen macht es zudem möglich, die Messtechniken weiter zu optimieren. So benötigt die SITA-Standard-Strategie im Vergleich zur klassischen Eingabelungsstrategie nur etwa die halbe Zeit, um ein Gesichtsfeld mit ähnlicher Präzision zu messen (etwa 5 min bei einer Normalperson, 7 min bei einem Glaukompatienten). Seit ihrer Einführung 1997 ist die SITA-Standard-Strategie deshalb zu einem klinischen Quasi-Standard in der Glaukomperimetrie geworden. Viele moderne Perimeter sparen außerdem Untersuchungszeit, indem sie die Stimuluspräsentationsrate der Antwortgeschwindigkeit des Patienten anpassen. Damit wird die Untersuchung auch als weniger monoton und ermüdend empfunden.

Doch selbst mit den modernen Untersuchungsstrategien sind Schwellentests vergleichsweise schwierige und zeitaufwendige Tests. Viele Patienten brauchen zudem einige Übung, bis zuverlässige Ergebnisse geliefert werden (Lerneffekte [22]).

## Überschwellige Perimetrie

Überschwellige Testverfahren prüfen das Gesichtsfeld nur stichprobenartig, ohne die eigentlichen Schwellenwerte zu messen. Sie sind daher weniger zeitaufwendig und für den Patienten einfacher durchzuführen als viele andere Verfahren. Überschwellige Verfahren eignen sich vor allem zum Screening und sollten auch dann erwogen werden, wenn der Patient noch nie zuvor einen Gesichtsfeldtest durchgeführt hat.

In der Regel wird an jedem Gesichtsfeldort nur ein Stimulus gezeigt. Die Intensität des Stimulus ist so gewählt, dass er von einer gesunden Person mit hoher Wahrscheinlichkeit wahrgenommen wird (z.B. 5 dB über dem normalen Schwellenwert, ► Abb. 3.33). Erst wenn der Stimulus nicht gesehen wurde (d.h. der Antwortknopf nicht gedrückt wurde), erfolgen weitere Darbietungen am entsprechenden Gesichtsfeldort. So wird ein Gesichtsfeldort in der Regel ein zweites Mal mit gleicher Stimulusintensität geprüft, bevor er als geschädigt angegeben wird. Manche Perimeter loten die Tiefe des Defekts noch weiter aus, indem zusätzlich Stimuli erhöhter Intensität (z. B. um 8 und 12 dB heller) angeboten werden. Eine besonders effiziente Form des überschweligen Gesichtsfeld-Screenings ist die Multistimulusmethode, mit der bis zu 4 Gesichtsfeldorte gleichzeitig geprüft werden können (► Abb. 3.34). Mit dieser Technik kann ein geübter Praktiker etwa 70 Gesichtsfeldorte innerhalb von etwa 2 Minuten stichpunktartig überprüfen.

Bei überschweligen Gesichtsfeldtests ist die gewählte Stimulusintensität kritisch, denn schon eine relativ geringe Abweichung von der optimalen Intensität kann die gelieferten Ergebnisse deutlich beeinflussen oder sogar völlig unzuverlässig machen. Wird mit zu geringer Intensität geprüft, zeigt das Verfahren möglicherweise einige gar nicht wirklich vorhandene Gesichtsfeldschäden auf (falsch positives Ergebnis). Wird dagegen mit zu hoher Intensität geprüft, bleiben flache Defekte unerkant (falsch negatives Ergebnis). Die Testintensität kann entweder altersentsprechend angepasst werden (altersangepasste überschwellige Perimetrie) oder individuell auf einige wenige, in einer Art Eingangsmessung erfasste, parazentrale Schwellenwerte abgestimmt werden (schwellingangepasste überschwellige Perimetrie). Theoretisch sind die individuell angepassten Verfahren genauer als die altersangepassten Verfahren. Jedoch sind viele Patienten gerade am Beginn der Messung, wenn die parazentralen Schwellenwerte erfasst werden, noch ungeübt und machen u.U. Antwortfehler. Der Algorithmus zum Bestimmen der überschweligen Testintensität muss daher sehr robust gegen Antwortfehler sein [11].

### Fallbeispiel

B

#### Überschwelliges Gesichtsfeld-Screening

Drucker, männlich, 54 Jahre alt. Beschwerden bei Naharbeit mit 4 Jahre alter Lesebrille. Fernvisus V<sub>sc</sub> R/L 1,2. Ein überschwelliges Gesichtsfeld-Screening (Henson Field Analyzer 4 000, Referenzlevel 32 dB) zeigt ein tiefes Bogenskotom R in der unteren Gesichtsfeldhälfte mit ausgeprägtem nasalen Sprung. Ein einzelner flacher Ausfall im oberen nasalen Gesichtsfeldquadranten ist nicht wiederholbar. Ein weiterer flacher Ausfall befindet sich am Rande des physiologischen Blinden Flecks. Es erfolgte eine Überweisung zur augenärztlichen Untersuchung, Diagnose: primäres Offenwinkelglaukom, pharmakologische Therapie (► Abb. 3.35).

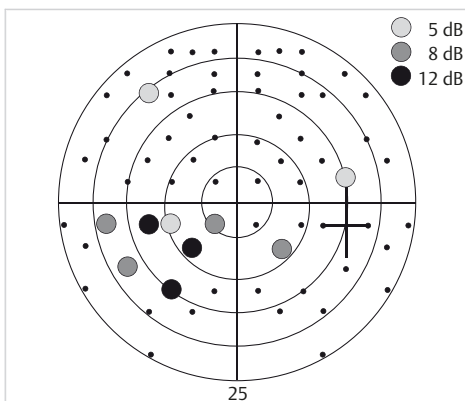
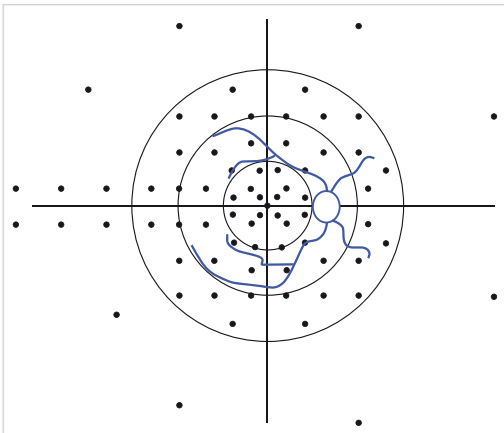


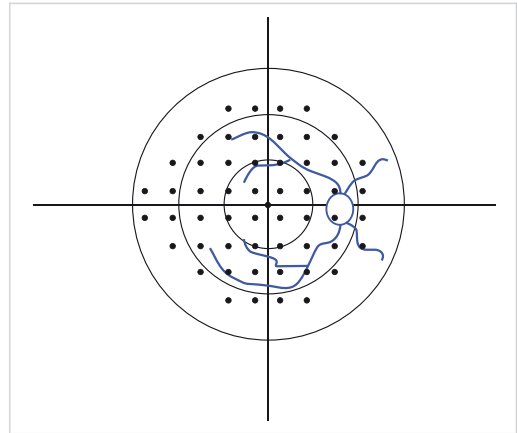
Abb. 3.35 Screening-Befund bei primärem Offenwinkelglaukom.

## Anordnung der Prüfpunkte

Moderne Perimeter stellen eine Vielzahl verschiedener Prüfpunktraster zur Auswahl (Beispiele: ► Abb. 3.36, ► Abb. 3.37).



**Abb. 3.36 120-Punkte-Muster für einen überschweligen Screening-Test.** (Humphrey Field Analyzer, Carl-Zeiss Meditec). Dieses Prüfpunktraster deckt sowohl das zentrale (30°) Gesichtsfeld als auch die mittlere Peripherie ab. Im nasalen Gesichtsfeld, das zur Erkennung von Glaukomschäden wichtig ist, sind oberhalb und unterhalb der horizontalen Mittellinie mehr Prüfpunkte angeordnet als temporal. (Zur leichteren Orientierung ist die Abbildung mit einem Fundusdiagramm hinterlegt.)



**Abb. 3.37 24-2-Muster für Schwellentests.** (Humphrey Field Analyzer, Carl-Zeiss Meditec GmbH). Dieses Muster enthält 54 Prüfpunkte, die regelmäßig im gleichen Abstand von 6° angeordnet sind. Damit können 24° des Gesichtsfelds abgedeckt werden. Zusätzlich gibt es 2 weitere Prüfpunkte im nasalen Gesichtsfeld über die 24°-Grenze hinaus, die der besseren Erkennung einer nasalen Stufe (typisch bei Glaukom) dienen.

## Auswertung der Testergebnisse

Die Auswertung der Gesichtsfeldbefunde ist der weitaus wichtigste Teil der Untersuchung. Um Gesichtsfeldausfälle richtig interpretieren zu können, muss der Optometrist mit den physiologischen Grundlagen der Perimetrie, mit den Erscheinungsbildern der verschiedenen Augen- und Allgemeinerkrankungen sowie mit den Besonderheiten der angewandten Messstrategien vertraut sein. Der folgende Abschnitt vermittelt einige grundlegende Aspekte, die zur Interpretation von Gesichtsfeldern in der optometrischen Praxis wichtig sind.

## Zuverlässigkeit der Ergebnisse

Die statische Perimetrie ist ein subjektiver Test, dessen Ergebnisse in hohem Maße von der Zuverlässigkeit der Antworten abhängen. Fehler entstehen besonders häufig, wenn der Patient noch nicht ausreichend mit der Untersuchung vertraut ist. In der Regel verbessern sich die Ergebnisse jedoch nach der ersten und oft noch nach der zweiten und dritten Messung. Der erste Test sollte daher besonders bei Schwellenmessungen mehr als eine Übung betrachtet werden. Aber selbst erfahrene Patienten haben ab und an einen schlechten Tag,

bei dem die Ergebnisse deutlich abweichen. Abnormale Ergebnisse sollten daher mindestens noch einmal, und besser mehrmals, wiederholt werden (Abschnitt Systematische Beurteilung von Gesichtsfeldbefunden).

Wertvolle Hinweise zur Zuverlässigkeit der Gesichtsfeldmessung liefert auch die Beobachtung des Patienten durch den Untersucher (Fixation, Sitzhaltung, Lidposition und Blinkfrequenz). Eine entsprechende Bemerkung darüber sollte mit den gemessenen Ergebnissen festgehalten werden.

Um die Verlässlichkeit der vom Patienten gegebenen Antworten einzuschätzen, werden in der automatischen Rasterperimetrie sog. **Fangfragen** gestellt. Die Neigung zu falsch positiven Antwortfehlern (Kap. Physikalische und physiologische Grundlagen) wird überprüft, indem das Instrument von Zeit zu Zeit ein leeres Stimulusintervall einfügt. In diesem ertönen die gleichen Geräusche wie bei der üblichen Stimuluspräsentation, jedoch wird kein Stimulus gezeigt. Wenn der Patient innerhalb der vorgegebenen Zeit dennoch mit einem Knopfdruck antwortet, wird ein falsch positiver Antwortfehler registriert. Moderne Perimeter nutzen zum Teil auch die Antwortlatenzen (Zeit, die vom Beginn der Stimuluspräsentation bis zum Knopfdruck verstreicht), um die Wahrscheinlich-

keit falsch positiver Antworten zu bestimmen. Antworten mit Latenzen unter 200 ms sind physiologisch unwahrscheinlich und werden daher als falsch positive Antwortfehler gewertet. Auch besonders lange Latenzen weisen auf falsch positive Antworten hin. Falsch negative Antwortfehler werden gemeldet, wenn der Patient auf einen Stimulus nicht antwortet, der wesentlich heller ist als eine schon vorher gemessene Wahrnehmungsschwelle. Dazu kann es z. B. kommen, wenn der Patient stark ermüdet ist oder nur auf sehr sicher gesehene Stimuli antwortet (Abschnitt Physikalische und physiologische Grundlagen).

Zur Überprüfung der Fixationsgenauigkeit können Augenbewegungen in vielen Perimetern unmittelbar über eine Videokamera beobachtet werden. Eine objektive Möglichkeit zur Beurteilung der Fixationsgenauigkeit ist die Heijl-Krakau-Methode, bei der von Zeit zu Zeit ein heller Stimulus im Gebiet des Blinden Flecks gezeigt wird. Bei korrekter Fixation dürfte dieser Stimulus nicht gesehen werden, da der Blinde Fleck einem absoluten Skotom entspricht. Erfolgt dennoch eine Antwort, kann davon ausgegangen werden, dass das Auge im Moment der Stimuluspräsentation nicht auf die zentrale Fixationsmarke geblickt hat (Fixationsverlust).

Ein Gesichtsfeldtest ist nur dann zuverlässig, wenn die Zahl der falschen Antworten relativ gering ist (als Faustregel  $> 20\%$ ). Wenn viele falsch positive oder negative Antworten vorliegen empfiehlt es sich, den Patienten neu einzuweisen und den Test zu wiederholen.

Nach Abschluss der Untersuchung sollte der Patient befragt werden, ob die Untersuchung als einfach oder schwer empfunden wurde. Eine entsprechende Notiz mit einem subjektiven Urteil des Untersuchers (z. B. „Patient schien müde“ oder „leicht ablenkbar“) ist für die Einschätzung der Zuverlässigkeit einer Messung ebenfalls von hohem Wert.

### Statistische Analyse der Befunde

Die meisten Teststrategien (z. B. Schwellenperimetrie) liefern Ergebnisse, die ohne eine statistische Analyse nur schwer interpretierbar sind. Dieser Abschnitt erläutert die statistische Analyse von Gesichtsfeldschwellentests am Beispiel der weit verbreiteten Statpac-Software (Carl Zeiss Meditec) (► Abb. 3.38). Oftmals verwenden andere Hersteller geringfügig abweichende Begriffe, Berechnungsmethoden und Darstellungsformen. Die Grundprinzipien der Analyse sind jedoch ähnlich.

Die im Gerät enthaltene oder extern verfügbare (z. B. Peridata, <http://www.peridata.org>) Software ersetzt aber in keinem Falle die kompetente Interpretation der Ergebnisse durch den Untersucher. So ist ein statistischer Vergleich der Messwerte mit Normalwerten z. B. nur dann sinnvoll, wenn der Patient hinreichend mit der Untersuchung vertraut ist (mindestens ein vorheriger Test).

### Graufelddarstellung

Die Graufelddarstellung ordnet den Schwellenwerten für jeden Gesichtsfeldort verschiedene Graustufen zu. Hohe dB-Werte werden durch helle, niedrige dB-Werte durch dunklere Graustufen dargestellt. Ein Gesichtsfeldschaden zeigt sich je nach Tiefe als grauer oder sogar schwarzer Fleck unterschiedlicher Ausdehnung. So entsteht ein grafischer Überblick, in dem gröbere Ausfälle leicht erkennbar werden. Häufig sind die Übergänge zwischen hohen und niedrigeren Messwerten geglättet (interpoliert), wodurch kleinere Ausfälle mitunter maskiert werden können. Zudem unterliegen periphere Messwerte (vor allem im oberen Gesichtsfeld) auch in gesunden Augen einer starken Streuung, sodass sie in der Graustufendarstellung mitunter als vermeintlicher Schaden erscheinen. Im Gegensatz dazu werden in der Nähe des Fixationspunkts gelegene flache Ausfälle in der Graufelddarstellung oft nicht gut sichtbar. Dem erfahrenen Perimetristen sollte die Graufelddarstellung deshalb nur zur Orientierung dienen. Sie eignet sich aber ausgezeichnet, dem Patienten den eben ausgeführten Test zu erklären (z. B. anhand des physiologischen Blinden Flecks).

#### Fallbeispiel

**B**

##### Graufelddarstellung

Rentner, 76 Jahre alt. Schlaganfall vor 2 Jahren. Fernvisus  $V_{5C}$  R/L 0,8 mit geringer myopischer Korrektur. Die Graufelddarstellung (Humphrey Field Analyzer HFA, 24–2-Schwellentest) zeigt eine homonyme rechte Hemianopsie mit hoher Kongruenz. Dieser Ausfall war dem Patienten bereits durch vorherige neurologische Untersuchungen bekannt. Der Optometrist konnte dem Patienten allerdings zum ersten Mal erklären, warum er trotz guter Nahsehschärfe Probleme mit dem Lesen hat (► Abb. 3.39).

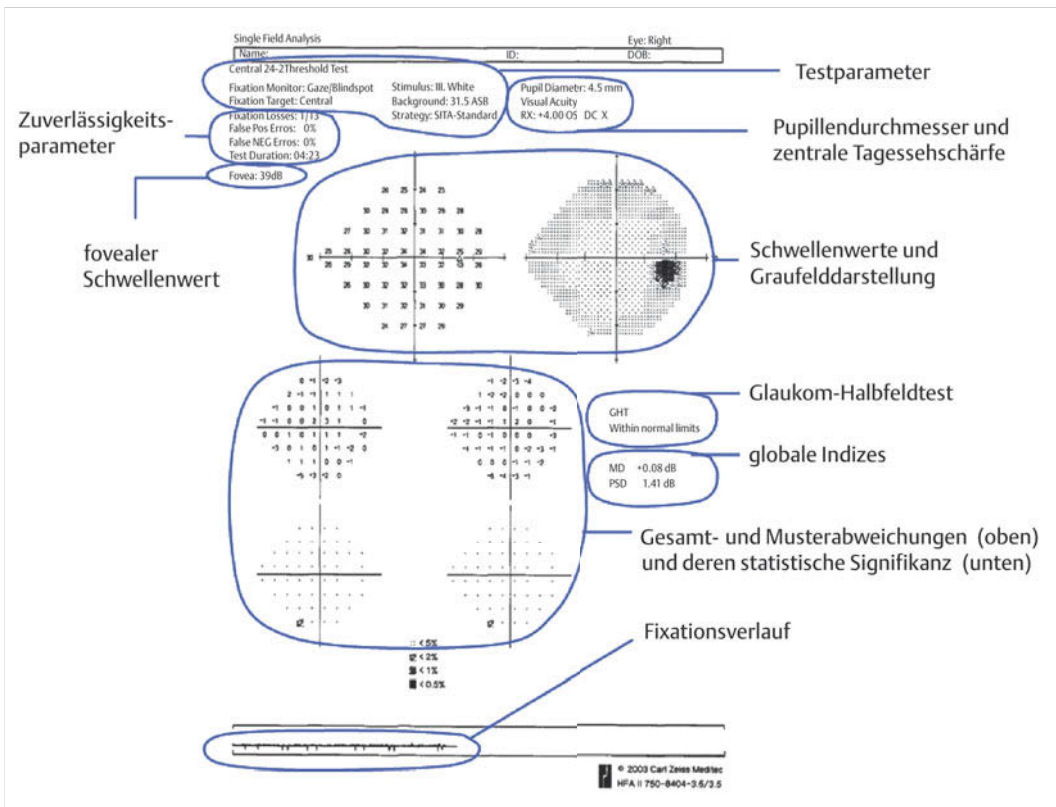


Abb. 3.38 Ausdruck einer Statpac-Analyse des Humphrey Field Analyzers (Quelle: ZEISS).

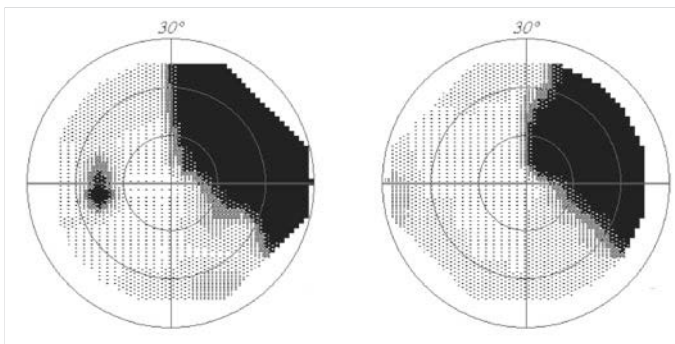


Abb. 3.39 Graufelddarstellung für eine rechtsseitige homonyme Hemianopsie mit großer Kongruenz.

### Gesamtabweichung und Musterabweichung

Die Gesamtabweichung (engl. Total Deviation) zeigt die numerische Abweichung eines jeden gemessenen Schwellenwerts von einem Normalwert. Der Normalwert entspricht der mittleren Empfindlichkeit in einer großen Gruppe gesunder Prüf-

personen (Referenzgruppe) am jeweiligen Gesichtsfeldort. Weil die periphere Kontrastempfindlichkeit im Laufe des Lebens abnimmt (Kap. 3.3.1), muss der Normalwert altersabhängig um einen bestimmten Wert korrigiert werden (=alterskorrigierte Normalwerte). Deshalb kann z.B. ein bei einem 70-jährigen Patienten gemessener Schwellenwert von 28 dB einer Gesamtabweichung von

0dB entsprechen (alterskorrigierter Normalwert = 28 dB), während für einen 20-jährigen Patienten mit gleicher Empfindlichkeit (28 dB) eine Gesamtabweichung von -4 dB angezeigt wird (alterskorrigierter Normalwert = 32 dB).

Zusätzlich zur Gesamtabweichung wird die Musterabweichung (engl. Pattern Deviation) berechnet. Hier sind die numerischen Abweichungen vom Normalwert sowohl für das Alter des Patienten als auch für diffuse, das gesamte Gesichtsfeld betreffende Schäden korrigiert. Die Musterabweichung dient dazu, fokale Abweichungen (typisch für neuronale Gesichtsfeldschäden) von diffusen Abweichungen (die z. B. durch eine Katarakt verursacht sein könnten) zu unterscheiden und besser sichtbar zu machen (► Abb. 3.43).

### Signifikanzkarten

Signifikanzkarten werden erstellt, um die numerischen Werte in eine topografisch-statistische Darstellung zu übersetzen. An jedem einzelnen Prüfpunkt werden die Messwerte mit der Referenzverteilung verglichen, um die Wahrscheinlichkeit zu ermitteln, mit der der gemessene (oder ein noch schlechterer) Wert in der Referenzgruppe auftritt (statistische Signifikanz) (► Abb. 3.38). Da bei jeder Gesichtsfeldprüfung eine Vielzahl Schwellenwerte gemessen werden, ist es normal, dass einige Punkte in der Signifikanzkarte als „statistisch signifikante Abweichung“ hervorgehoben sind. Die Aussage der Karte ist statistisch korrekt für jeden einzelnen Prüfpunkt; sie berücksichtigt aber nicht, dass die Prüfpunkte auch untereinander abhängig sind. Es bleibt Aufgabe des Perimetristen, das Gesichtsfeld als Gesamteinheit zu beurteilen.

### Globale Indizes

Globale Indizes dienen der Zusammenfassung aller über das Gesichtsfeld verteilten Messwerte zu einer einzigen Zahl. Diese erleichtert z. B. den Vergleich einer Messung mit den Messungen im Partnerauge oder mit den Messungen aus vorangegangenen Sitzungen. Die mittlere Empfindlichkeit (engl. Mean Sensitivity, MS) ist der über alle vermessenen Gesichtsfeldorte gemittelte Schwellenwert. Die Gesichtsfeldindizes mittlere Abweichung (engl. Mean Deviation, MD) und Muster-Standardabweichung (Pattern Standard Deviation, PSD) berechnen sich aus dem gewichteten Mittelwert und der gewichteten Standardabweichung aller Gesamt- bzw. Musterabweichungswerte (s. o.).

Globale Indizes geben keinen Aufschluss über die Gestalt des Gesichtsfeldschadens. So können Gesichtsfeldern mit ähnlichen globalen Indizes völlig verschiedene Ausfallmuster zugrunde liegen. Trotzdem sind die globalen Indizes zur Beurteilung eines Gesichtsfelds sehr wichtig, besonders zur Verlaufskontrolle und beim Vergleich beider Augen.

### Bebié-Kurve

Die Bebié-Kurve erleichtert die Unterscheidung zwischen fokalen und diffusen Gesichtsfeldschäden. Zur Darstellung der Bebié-Kurve werden alle ermittelten Gesamtabweichungen (Kap. Gesamtabweichung und Musterabweichung) ihrer Größe nach geordnet und in einem Diagramm dargestellt (► Abb. 3.40). Auf der y-Achse des Diagramms ist die Gesamtabweichung in dB abgetragen, auf der x-Achse der prozentuale Anteil der Messpunkte. Für ein normales Gesichtsfeld ergibt sich ein leicht nach rechts abfallender Kurvenverlauf, für den ein Normalbereich (95%-Referenzintervall der Normalgruppe) angegeben ist. Bei ausschließlich diffusen Veränderungen sinkt die gesamte Kurve nach unten, ähnelt in ihrem Verlauf jedoch der Normalkurve. Bei ausschließlich fokalen Gesichtsfeldschäden sinkt nur der rechte Teil der Kurve nach unten ab, während der linke Teil der Kurve im Normalbereich verbleibt.

### Glaukom-Halbfeldtest

Ein wichtiger Anhaltspunkt zur Beurteilung glaukomatöser Gesichtsfeldschäden ist der Glaukom-Halbfeldtest. Dieser gliedert die vermessenen Gesichtsfeldorte in 5 paarige Bereiche oberhalb und unterhalb der horizontalen Mittellinie (► Abb. 3.41) und vergleicht die Musterabweichungen (Kap. Gesamtabweichung und Musterabweichung) innerhalb eines jeden Paares. Grundlage ist die beim Glaukom typische Asymmetrie zwischen den Schwellenwerten in der oberen und unteren Gesichtsfeldhälfte. Durch einen Vergleich mit Normalwerten werden die Ergebnisse des Glaukom-Halbfeldtests dann als „innerhalb normaler Grenzen“, „Grenzfall“, „außerhalb normaler Grenzen“, „generelle Absenkung der Empfindlichkeit“ und „abnormal hohe Empfindlichkeit“ eingestuft.

Wie alle statistischen Verfahren zur Gesichtsfeldauswertung sollte auch dieser Test nicht als Entscheidungsgrundlage, sondern als eine Entscheidungshilfe dienen.

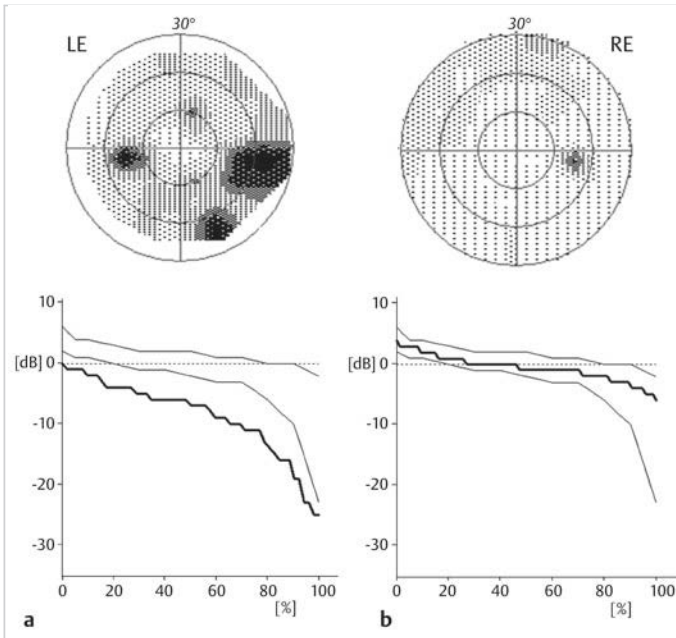


Abb. 3.40 Bebié-Kurve.

- a** Graufelddarstellung und Bebié-Kurve für ein linkes Gesichtsfeld mit lokalen und diffusen Schäden. Die gesamte Kurve (dicke Linie) ist sowohl im Vergleich zum rechten Gesichtsfeld als auch im Vergleich zum Normalbereich (dünne Linien) nach unten versetzt (diffuser Schaden). Zudem fällt die Kurve nach rechts steiler ab als im gesunden rechten Auge (lokale Schäden).
- b** Graufelddarstellung und Bebié-Kurve für ein normales rechtes Auge. Der Kurvenverlauf bewegt sich innerhalb der Normalgrenzen.

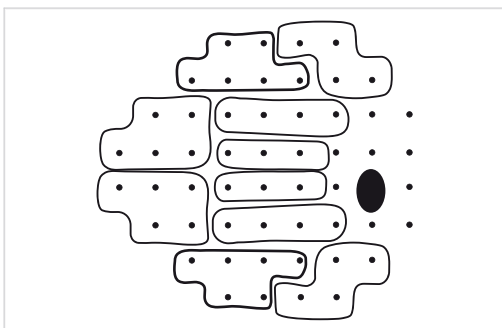


Abb. 3.41 Glaukom-Halbfeldtest. Hier werden die Musterabweichungen zwischen der oberen und unteren Gesichtsfeldhälfte in 5 Regionen paarweise miteinander verglichen.

### Beispiele für die Interpretation von Gesichtsfeldbefunden

Einige typische Gesichtsfeldmuster werden hier anhand von Abbildungen gezeigt und erklärt (► Abb. 3.42, ► Abb. 3.43, ► Abb. 3.44, ► Abb. 3.45). Zur besseren Übersicht beschränken sich die Darstellungen auf die Graufelddarstellung (links) und die Signifikanzkarten der Gesamtabweichung (Mitte) und der Musterabweichung (rechts). Globale Indizes (MD bzw. PSD, Kap. Gesamtabweichung und Musterabweichung) liegen nur dann

außerhalb des Normalbereiches, wenn eine Wahrscheinlichkeit  $p$  separat angegeben ist.

### 3.3.5 Gesichtsfeldtests in der optometrischen Praxis

Ein breites Spektrum moderner Instrumente schafft die Möglichkeit, Gesichtsfelduntersuchungen schnell und sicher durchzuführen (Beispiele ► Abb. 3.46). Für die richtige Auswahl der Programme und die Interpretation der Ergebnisse wird auf die weiterführende Literatur verwiesen.

### Warum sollten Optometristen Gesichtsfeldmessungen durchführen?

Ein wesentliches Anwendungsgebiet für optometrische Gesichtsfeldtests ist die Erkennung von Glaukomschäden. Weil sich glaukomatöse Gesichtsfeldausfälle nur langsam entwickeln und dem Betroffenen selbst anfangs nicht auffallen, suchen viele Betroffene erst im Spätstadium der Krankheit medizinischen Rat. Personen, die selten oder nie zum Augenarzt gehen, sind sich zudem oft nicht der Wichtigkeit einer Vorsorgeuntersuchung bewusst. In den westlichen Industrienationen sind deshalb trotz moderner diagnostischer Möglichkeiten nur etwa 50 % der Glaukompatienten erkannt [18]. Die Erfahrungen in den USA und



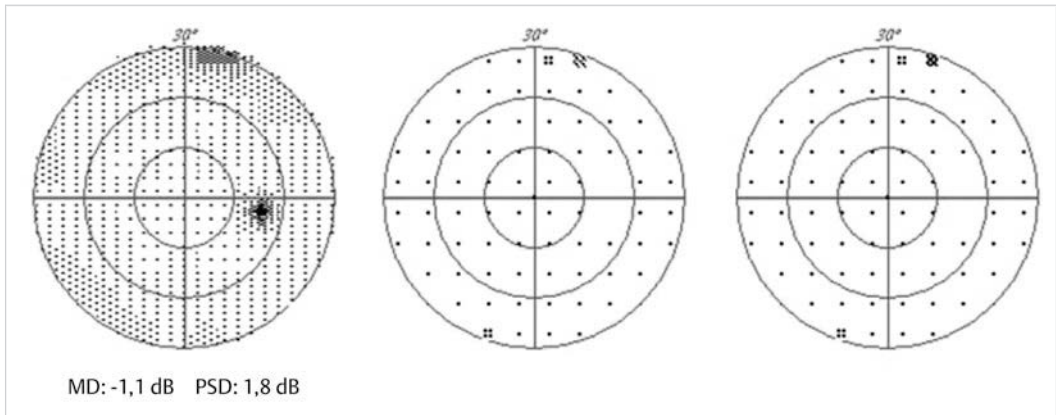


Abb. 3.42 Ergebnis der ersten Gesichtsfelduntersuchung eines gesunden Beobachters. Der MD-Index ist leicht reduziert, aber noch nicht außerhalb der statistischen Normalwerte. In den Signifikanzkarten der Gesamtabweichung (Mitte) und der Musterabweichung (rechts) sind 3 Prüfpunkte als statistisch auffällig angegeben. Diese Befunde sind typisch für eine erste Untersuchung.

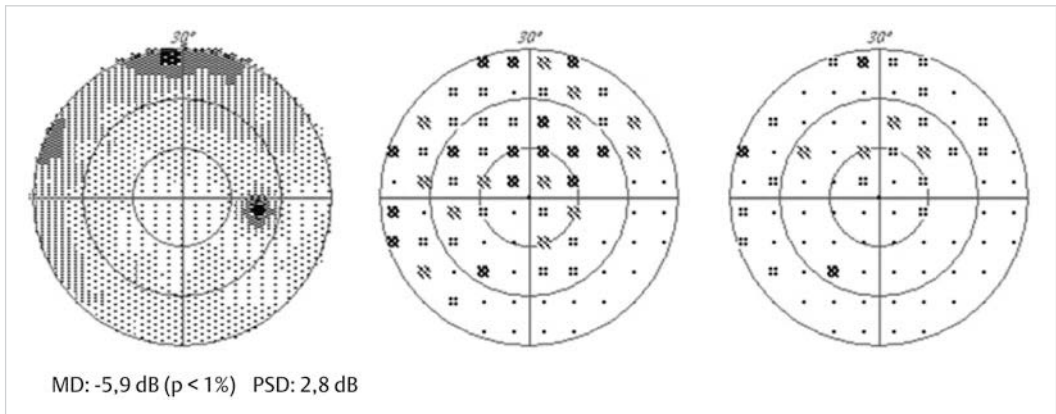


Abb. 3.43 Diffuser Gesichtsfeldverlust bei einem Patienten mit signifikanter Katarakt. Der MD-Index ist stark reduziert, aber der PSD-Index ist innerhalb der Normalwerte. Typisch ist der große Unterschied zwischen den Signifikanzkarten der Total- und der Musterabweichung (Mitte und rechts). Wichtig: Diffuse Schäden wie hier sind nicht immer auf Medientrübungen zurückzuführen – sie können auch bei Glaukompatienten und bei allgemeinen Netzhauterkrankungen (z. B. diabetische Retinopathie) auftreten. (Die Angabe von p-Werten erfolgt in der Regel erst, wenn der Index außerhalb eines Normbereiches liegt).

Großbritannien zeigen, dass gut qualifizierte Optometristen durch regelmäßige Untersuchungen und qualifizierte Überweisungen einen wichtigen Beitrag zur Früherkennung des Glaukoms leisten können [12]. Das erfordert jedoch eine enge Zusammenarbeit mit Augenärzten und anderen Berufsgruppen im Gesundheitswesen. In keinem Fall geht es darum, ärztliche Kompetenzen zu ersetzen. Vielmehr ist wichtig, Screening-Maßnahmen und Überweiskriterien in Absprache mit dem lo-

kalen Augenarzt für Personen anzubieten, die sich nicht in augenärztlicher Kontrolle befinden – jede Lasche im Screening-Netz ist nützlich. Gesichtsfeldscreening sollte regelmäßig (alle 1–2 Jahre) bei allen Patienten über 40 Jahren durchgeführt werden.

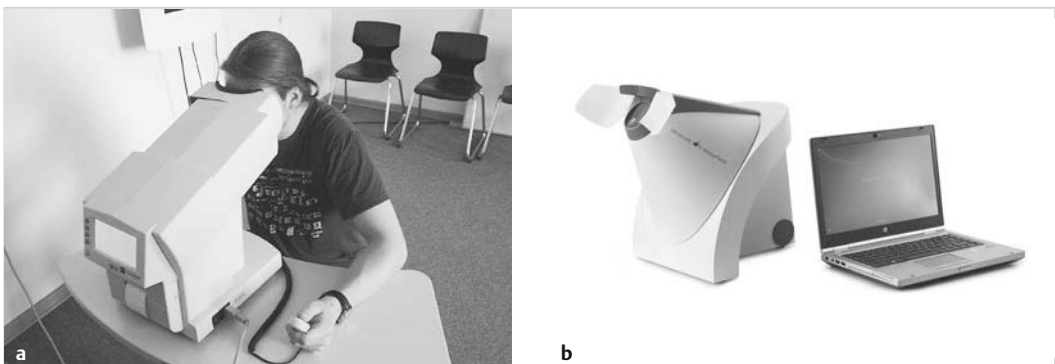
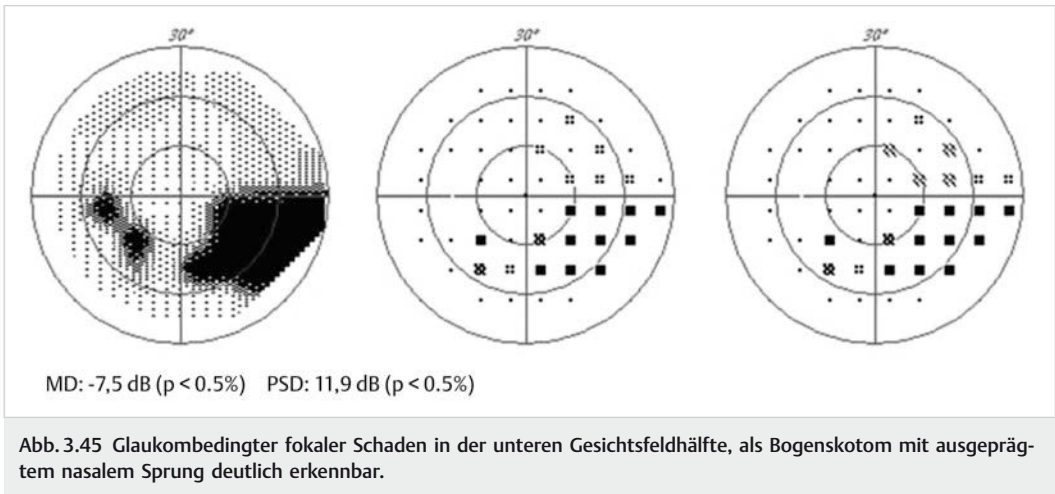
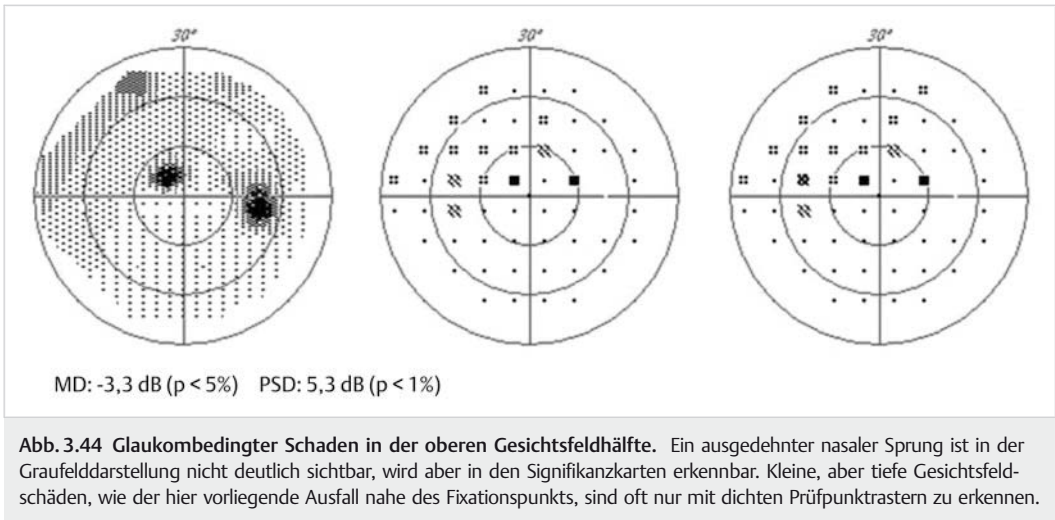


Abb.3.46 Zwei schnelle und einfach zu bedienende Screening-Perimeter.

a Das Humphrey-FDT-Perimeter im Einsatz (Quelle: ZEISS).

b Oculus Easyfield mit separatem Bedienteil (Quelle: OCULUS Optikgeräte GmbH, Wetzlar).

## Eingliederung der Messung in den Ablauf der optometrischen Untersuchung

Gesichtsfeldtests sind anspruchsvolle Messungen und erfordern die volle Mitarbeit des Patienten. Sie sollten daher weder am Ende der optometrischen Untersuchung noch unmittelbar nach der Ophthalmoskopie oder Spaltlampenuntersuchung (beide beeinflussen die Kontrastempfindlichkeit zeitweise) stattfinden. Wenn eine Perimetrie erst nach der Untersuchung der vorderen und hinteren Augenabschnitte stattfinden kann, sollte eine Pause von zumindest 15 min eingeschoben werden. An besonders hellen Tagen sollten etwa 10 min für die Adaptation an geringere Leuchtdichten (die Hintergrundleuchtdichte entspricht dem unteren Bereich des photopischen Sehens) eingeplant werden. Die Untersuchung kann durchaus von gut ausgebildetem Assistenzpersonal durchgeführt werden. Die richtige Testauswahl und die Interpretation der Ergebnisse obliegen jedoch dem Optometristen.

## Ausgleich von Refraktionsfehlern

Zur Prüfung des zentralen Gesichtsfelds (innerhalb 30° vom Fixationspunkt) müssen Refraktionsfehler (inklusive der instrumentenspezifischen Nahaddition) ab  $\pm 1,00$  dpt ausgeglichen werden – am besten mit der (Nah-)Brille des Patienten. Bifokal- oder Gleitsichtbrillen sind dazu in der Regel nicht geeignet. Einige Instrumente sind so konstruiert, dass trotz Presbyopie stets die Fernbrille benutzt werden kann. Die meisten Perimeter bieten einen Halter für perimetrische Messgläser (38 mm Durchmesser). Diese Gläser müssen vor dem zu prüfenden Auge zentriert werden, da sonst Teile des Gesichtsfelds von der Einfassung des Messglases verdeckt werden können (Glasrandartefakt). Um die Anzahl der Messgläser zu beschränken, kann auf die Korrektur geringer Fehlsichtigkeiten ( $< \pm 1,00$  dpt) verzichtet werden. Da der Fixationspunkt oft keinen guten Akkommodationsanreiz bietet, empfiehlt sich bei frühpresbyopen Patienten eine leichte Verstärkung der in der Korrektionsbrille getragenen Nahaddition. Bei Patienten mit starken Ametropien ( $\geq 6,00$  dpt) sind weiche Einmalkontaktlinsen oft die beste Lösung.

Zur Prüfung des peripheren Gesichtsfelds ( $> 30^\circ$ ) wird generell keine Korrektur benötigt.

## Auswahl des Testprogramms

Der erste Schritt jeder Gesichtsfelduntersuchung ist die Auswahl einer geeigneten Messstrategie und des Prüfrasters.

Um eine hohe Anzahl falsch positiver Befunde (z. B. Glaukomverdacht, der durch ärztliche Untersuchung nicht bestätigt wird) zu vermeiden, muss die Screeningmethode neben einer hohen Sensitivität (auffällige Fälle auch als auffällig erkennen) eine hohe Spezifität aufweisen (normale Testergebnisse bei Normalpersonen). Unerfahrene Testpersonen empfinden Gesichtsfeldtests häufig als schwierig, weshalb oftmals abnormal scheinende Ergebnisse entstehen. Daher ist es sinnvoll, für ein Screening unerfahrener Patienten einfache Tests zu benutzen, z. B. überschwellige Verfahren mit Einzel- oder Mehrfachpräsentation. Für ein Glaukom-Screening eignen sich vor allem glaukomspezifische überschwellige Programme (Prüferte innerhalb etwa 30° vom Fixationspunkt), die eine ausreichend dichte Verteilung der Prüfpunkte aufweisen (zumindest etwa 50 Prüfpunkte). Andere Prüfpunktraster (z. B. Makula-Raster, 120-Punkte-Gesamtfeldtest) sind allerdings oft im Vorteil, wenn Informationen oder Verdachtsmomente über andere Erkrankungen erfasst werden sollen.

Für Patienten, die schon öfter eine Gesichtsfelduntersuchung durchlaufen haben und einen erhöhten Verdachtsmoment (z. B. auffälliges Ergebnis bei überschwelligem Test) zeigen, ist ein Schwellentest am sinnvollsten.

## Einweisung und Kommunikation mit dem Patienten

Vor Beginn der Untersuchung muss der Patient eingewiesen werden. Dazu gehört, den Test in verständlichen Worten zu erklären. Der Patient muss vor allem verstehen, dass bei der Messung des peripheren Sehens auch im Normalfall nicht alle dargebotenen Stimuli gesehen werden können, dass die Fixation des Auges so gut wie möglich auf dem Fixationspunkt gehalten werden sollte und dass Lidschläge auf den Test keinen Einfluss haben. Erfahrene Patienten können dazu angehalten werden, bei jedem zweiten oder dritten Knopfdruck kurz zu blinzeln, was der Ermüdung der Lidmuskulatur vorbeugt. Wichtig ist der Hinweis, den Knopf nur dann zu drücken, wenn ein „Lichtpunkt“ gesehen wurde. Der Patient muss bequem und aufrecht am Perimeter sitzen. Kinn und Stirn