DOG
Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft

Gesellschaft
für Augenheilkunde

Empfehlungen und Gerätetabellen der DOG-Kommission für die Qualitätssicherung sinnesphysiologischer Untersuchungsverfahren und Geräte

Letzte Aktualisierung 7.5.2018
EmpfehlungSinnesphysUntersuchungsmeth Version 20.docx

1. Sehschärfeprüfung 8
1.1. Untersuchungsziel 8
1.2. Definitionen, physikalische und physiologische Grundlagen 8
1.3. Indikationen 8
1.4. Methodik 9
1.4.1. Gutachterliche Sehschärfebestimmung bei Fernblick (DIN 58 220, Teil 3) 9
1.4.2. Sehschärfebestimmung - allgemeiner Sehtest (DIN 58 220 Teil 5) 10
1.4.3. Sehschärfebestimmung - straßenverkehrsbezogener Sehtest (DIN 58 220 Teil 6) 10
1.5. Fehlerquellen 10
1.6. Befunddarstellung, -wiedergabe 11
1.7. Qualitätskriterien 11
1.8. Literatur 11
1.9. Geräteübersicht 12
1.9.1. Sehtestgeräte (in alphabetischer Reihenfolge des Gerätenamens) 12
1.9.2. Sehzeichenprojektoren 23
1a.1. Untersuchungsziel 31
1a.2. Definition 31
1a.3. Indikationen 31
1a.4. Methodik 31
1a.4.1. Vergleich der Visuswerte bei Fern- und Nahblick, Plausibilitätskontrolle 31
1a.4.2. Trennschwierigkeiten 32
1a.4.3. Vergrößerungsbedarf bei der Anpassung von vergrößernden Sehhilfen 32
1a.4.4. Bestimmung der Lesefähigkeit für Texte 32
1a.4.5. Minderung der Erwerbsfähigkeit und Nahsehschärfe 32
1a.5. Fehlerquellen 33
1a.6. Befunddarstellung 34
1a.7. Qualitätskriterien 34
1a.8. Literatur 34
1a.9. Tabellen 36
2. Automatische statische Perimetrie 41
2.1. Untersuchungsziel 41
2.2. Definition 41
2.3. Indikation 41

2.4. Fehlerquellen 42
2.5. Befunddarstellung, -wiedergabe und Interpretation 42
2.6. Qualitätskriterien 43
2.7. Literatur 43
2.8. Gerätetabelle (Anhang) 44
3. Kinetische Perimetrie 61
3.1. Untersuchungsziel 61
3.2. Definition 61
3.3. Indikation 61
3.4. Methodik 62
3.4.1. Strategie 62
3.4.2. Untersuchungsgang 63
3.5. Fehlerquellen 64
3.6. Befunddarstellung, -wiedergabe 64
3.7. Qualitätskriterien 64
3.8. Literatur 64
3.9. Gerätetabellen 65
4. Stereotests 75
4.1. Untersuchungsziel 75
4.2. Definition 75
4.3. Indikation 75
4.4. Methodik 75
4.6. Stereotests mit flächigen Testobjekten 76
4.7. Stereotests mit randomisiert verteilten Punktmustern 76
4.8. Fehlerquellen 76
4.5.1. Monokulare Entschlüsselbarkeit 77
4.6. Befunddarstellung, -wiedergabe 77
4.7. Qualitätskriterien 78
4.8. Literatur 78
4.9. Gerätetabellen 78
5. Mesopisches Kontrastsehen mit und ohne Blendung (Dämmerungssehschärfe) 84
5.1. Untersuchungsziel 84
5.2. Definitionen und physiologische Grundlagen 84

5.3. Indikationen 84
5.3.1. Führerscheingutachten 84
5.3.2. Arbeitsmedizinische Untersuchung 85
5.3.3. Quantifizierung von Sehstörungen bei dämmerigen Lichtverhältnissen 85
5.3.4. Nachtmyopie 85
5.4. Methodik 85
5.4.1. Durchführung der Führerschein- Begutachtung 85
5.4.2. Durchführung der Begutachtung nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 25 87
5.5. Fehlerquellen 87
5.6. Befunddarstellung, -wiedergabe 87
5.7. Qualitätskriterien 88
5.8. Literatur 88
5.9. Geräteübersicht 88
5.9.1. Geräte, welche die Untersuchungsbedingungen der DOG erfüllen 88
5.9.2. Weitere Geräte 92
6. Dunkeladaptometrie 92
6.1. Untersuchungsziel 92
6.2. Definitionen und physiologische Grundlagen 92
6.3. Indikationen 93
6.4. Methodik 94
6.4.1. Vorbereitung 94
6.4.2. Pigmentbleichung 94
6.4.3. Untersuchungsablauf 94
6.5. Fehlerquellen 95
6.6. Befunddarstellung 95
6.7. Qualitätskriterien 96
6.8. Literatur 96
6.9. Geräteliste 97
7. Elektrophysiologie 99
7.1. Empfehlungen zur elektrophysiologischen Diagnostik des Auges 99
7.1.1. Methoden 99
7.1.2. Voraussetzungen für die Durchführung und Beurteilung elektrophysiologischer Untersuchungen 99
7.1.3. Dokumentation 100

7.2. Elektrookulographie (EOG) 100
7.2.1. Untersuchungsziel 100
7.2.2. Definition 100
7.2.3. Indikation 101
7.2.4. Methodik 101
7.2.5. Fehlerquellen 102
7.2.6. Befunddarstellung, Wiedergabe 102
7.2.7. Qualitätskriterien 102
7.2.8. Literatur 102
7.2.9.Gerätetabellen 102
7.3. Elektroretinografie (Blitz-ERG, Ganzfeld-ERG) 102
7.3.1. Untersuchungsziel 102
7.3.2. Definition 103
7.3.3. Indikation 103
7.3.4. Methodik 103
7.3.5. Fehlerquellen 105
7.3.6. Befunddarstellung, Wiedergabe 105
7.3.7. Qualitätskriterien 105
7.3.8. Literatur 105
7.3.9. Gerätetabellen 106
7.4. Multifokale Elektroretinografie (mfERG) 106
7.4.1. Untersuchungsziel 106
7.4.2. Definition 106
7.4.3. Indikation 106
7.4.4. Methodik 107
7.4.5. Fehlerquellen 107
7.4.6. Befunddarstellung, Wiedergabe 107
7.4.7. Qualitätskriterien 108
7.4.8. Literatur 108
7.4.9. Gerätetabellen 108
7.5. Muster-Elektroretinografie (Muster-ERG, PERG) 108
7.5.1. Untersuchungsziel 108
7.5.2. Definition 108

7.5.3. Indikation 109
7.5.4. Methodik 109
7.5.5. Fehlerquellen 109
7.5.6. Befunddarstellung, Wiedergabe 109
7.5.7. Qualitätskriterien 110
7.5.8. Literatur 110
7.5.9. Gerätetabellen 110
7.6. Visuell evozierte Potenziale (VEP) 110
7.6.1. Untersuchungsziel 110
7.6.2. Definition 110
7.6.3. Indikation 110
7.6.4. Methodik 111
7.6.5. Fehlerquellen 112
7.6.6. Befunddarstellung, Wiedergabe 113
7.6.7. Qualitätskriterien 113
7.6.8. Literatur 113
7.6.9. Gerätetabellen 113
Gerätetabellen 114
8. Objektive Sehschärfebestimmung 120
8.1. Untersuchungsziel 120
8.2. Definition 120
8.3. Indikationen 120
8.4. Methodik 120
8.4.1. Einteilung 120
8.4.2. Entdeckungstests 121
8.4.3. Preferential-Looking (PL) 121
8.4.4. Auslösung oder Unterbrechung rhythmischer Blickbewegungen 121
8.4.5. Plausibilitätskontrolle 122
8.4.6. Reaktion auf unerwartete Sehzeichen 122
8.4.7. Elektrophysiologische Methoden 122
8.5. Fehlerquellen 123
8.6. Befunddarstellung 125
8.7. Qualitätskriterien 125

8.8. Literatur 126

1.
Sehschärfeprüfung

1.1.
Untersuchungsziel

Die wichtigste Funktionsprüfung in der täglichen Praxis und in der augenärztlichen Begutachtung ist die Feststellung der Sehschärfe. Wegen der Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse und zur Qualitätssicherung ist es unbedingt erforderlich, dass der Augenarzt bei gutachterlichen Sehschärfebestimmungen und der Betriebsarzt bei der Sehtestung die Normvorschriften einhält.

1.2.
Definitionen, physikalische und physiologische Grundlagen

Für die Bestimmung der Sehschärfe sind die internationale Norm DIN EN ISO 8596:2009 und die nationale Norm DIN 58220 maßgeblich.

In der DIN EN ISO 8596:2009 wird das Normsehzeichen und seine Darbietung beschrieben.

Die DIN 58220 enthält im Teil 3 Vorschriften, die vom Augenarzt bei gutachterlichen Sehschärfebestimmungen einzuhalten sind. DIN 58220, Teil 5 beschreibt den allgemeinen Sehtest, Teil 6 enthält die Vorschriften für den Führerscheinsehtest. Eine ausführliche Darstellung der 2009 novellierten Norm findet sich bei Wesemann et al. (2010). Die Teile 1, 2 und 4 der DIN 58220 gelten nicht mehr, da sie durch die ISO-Norm abgelöst wurden.

Das einzige zugelassene Normsehzeichen nach DIN EN ISO 8596:2009 ist der Landoltring mit 8 Orientierungen. Die Größe der Landoltringe wird nach der Normzahlreihe R10 in logarithmischer Progression verändert. Der Landoltring muss bei allen Begutachtungen (DIN 58220, Teil 3) und beim Führerscheinsehtest (DIN 58220, Teil 6) verwendet werden.
Beim allgemeinen Sehtest nach DIN 58220, Teil 5 dürfen auch andere Optotypen benutzt werden, wenn diese nach einem wissenschaftlich anerkannten Verfahren (z.B. Grimm et al., 1994) an den Landoltring angeschlossen sind und der Anschluss publiziert wurde.

Die physikalischen Vorschriften in DIN EN ISO 8596:2009 betreffen die Leuchtdichte des Prüffeldes, die Schärfe der Sehzeichen, die Abstände voneinander und vom Rand des Prüffeldes, die Anzahl der Landoltringe mit schrägen und geraden Öffnungen und die Prüfentfernungen. Nur durch das genaue Einhalten der Bestimmungen durch die Herstellerfirmen und durch den Augenarzt können vergleichbare Bedingungen der Sehschärfeuntersuchung bei gutachterlichen Fragestellungen gewährleistet werden. Bei der nicht gutachterlichen Sehschärfebestimmung ist die Einhaltung der Normen nicht vorgeschrieben; sie wird jedoch auch hier empfohlen, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse bei Verlaufskontrollen zu gewährleisten.

Es dürfen sowohl Sehzeichenprojektoren als auch LCD-Bildschirme oder Auflichttafeln verwendet werden. Die Leuchtdichte des Prüffeldes soll mindestens 80 cd/m² und nicht mehr als 320 cd/ m² (Candela pro Quadratmeter) betragen. Die Leuchtdichte der Prüfzeichen muss unter 15% der Leuchtdichte des Prüffeldes liegen. Der Prüfraum soll dunkler als das Prüffeld sein. Innerhalb eines Durchmessers von 10° darf die Umgebungsleuchtdichte aber nicht unter 10% und nicht über 25% der Prüffeldleuchtdichte sein. Es muss darauf geachtet werden, dass sich keine Blendquellen im Gesichtsfeld des Prüflings befinden.

1.3.
Indikationen

Die Sehschärfeprüfung ist bei allen verbal mitarbeitenden Patienten ein unverzichtbarer Bestandteil der augenärztlichen Untersuchung. Besondere Bestimmungen bestehen bei der gutachterlichen Sehschärfebestimmung, bei der Prüfung der Sehschärfe nach G 25 , G 26 und G 37 und bei straßenverkehrsbezogener Sehschärfetestung (Lachenmayr, 2006).

1.4. Methodik

1.4.1. Gutachterliche Sehschärfebestimmung bei Fernblick (DIN 58 220, Teil 3)

Für augenärztliche Gutachten ist seit November 2009 nur noch der Landoltring erlaubt. Er muss in 8 verschiedenen Orientierungen angeboten werden.

Die Prüfentfernung für die Ferne muss bei Patienten mit hohem Visus mindestens 4 m betragen. Bei Patienten mit einer Sehschärfe unter 0,2 darf die Prüfentfernung verringert werden.

Für die Nahsehschärfeprüfung sind Entfernungen von 25 cm, 33,3 cm oder 40 cm vorgesehen. Ein Abstand von 40 cm wird von der Norm als gebräuchlich angesehen. Bei der Überprüfung im Nahbereich sind ergänzende Lesetexte zugelassen. Die benutzte Prüfentfernung muss notiert werden.

Alle Visusstufen zwischen 0,05 und 1,25, die in der DIN EN ISO 8596 festgelegt sind, müssen dargeboten werden können. Weitere gutachtenrelevante Zwischenstufen, wie z.B. 0,7 im Rahmen von Gutachten zur Fahrtauglichkeit, dürfen ergänzt werden. Zusätzlich zu den von der DIN EN ISO 8596 spezifizierten Sehschärfewerten von 0,05 bis 2,0 müssen für Sehbehinderte auch Landoltringe mit Visuswerten von 0,02 bis 0,05 gezeigt werden können.

Für Gutachten müssen entweder 5, 8 oder 10 Landoltringe pro Visusstufe dargeboten werden. Bei 3 Landoltringen von 5, 4 von 8 bzw. 5 von 10 muss die Lücke horizontal oder vertikal ausgerichtet sein.

Auch bei sehr niedrigen Visuswerten zwischen 0,02 und 0,2 müssen mindestens 5 Landoltringe angeboten werden. Tafeln mit jeweils 5 großen Landoltringen pro Visusstufe, die für die Sehbehindertenbegutachtung geeignet sind, findet man bei Wesemann et al. (2010).

Generell gilt das „60%-Kriterium“. Eine Visusstufe gilt als erkannt, wenn 3 von 5 oder 5 von 8 oder 6 von 10 Landoltringen korrekt benannt wurden. Mit dem Wort „benannt“ bringt die Norm zum Ausdruck, dass “Raten” ausdrücklich erlaubt und sogar erwünscht ist, und „richtig Raten“ statistisch berücksichtigt wurde.

Auch die Reihenfolge der Untersuchung ist festgelegt: Man beginnt ohne Korrektion mit dem vermutlich schlechteren Auge, dann das andere Auge, dann beidäugig, danach dieselbe Reihenfolge mit Korrektion (wenn alle diese Werte für das Gutachten erforderlich sind). Bei vermutlich gleicher Sehschärfe rechts und links wird empfohlen, immer zuerst das rechte, dann das linke Auge und anschließend binokular zu untersuchen und die Ergebnisse in derselben Reihenfolge in die Akte bzw. das Gutachten einzutragen.

Die DOG empfiehlt, die Untersuchung zwei Sehschärfewerte vor dem vermuteten Visusgrenzwert zu beginnen. Der erreichte Sehschärfewert wird als Dezimalzahl notiert (z.B. 0,63 ohne Zusatz von "teilweise", "pp", o.ä.).

Vermehrt wird bei internationalen, multizentrischen Studien eine Prüfung der Sehschärfe mit den ETDRS-Tafeln verlangt. Es handelt sich um transparente, von hinten durchleuchtete Sehprobentafeln mit Buchstaben (Ferris et al., 1982). Diese Tafeln sind nicht (!) ISO- oder DIN-entsprechend und deshalb für die augenärztliche Begutachtung auch nicht zugelassen.

1.4.2.
Sehschärfebestimmung - allgemeiner Sehtest (DIN 58 220 Teil 5)

Die Sehschärfebestimmung nach G 25, G 26 und G 37 sollte nach DIN 58 220 Teil 5 erfolgen. Der Sehtest kann mit einer Auswahl von Landoltringen aus der Normenreihe durchgeführt werden. Vorgeschlagen sind 0,2 - 0,32 - 0,4 - 0,5 - 0,63 - 0,8 - 1,0. Bei den Sehschärfegrenzwerten sind zwei unterschiedliche Sätze von je 5 Sehzeichen erforderlich. Es müssen 3 Sehzeichen von 5 angebotenen richtig benannt werden, um die Visusstufe zu erreichen.

1.4.3.
Sehschärfebestimmung - straßenverkehrsbezogener Sehtest (DIN 58 220 Teil 6)

Der Sehtest wird mit Einblickgeräten monokular und binokular durchgeführt. Ein Übungssatz von Landoltringen mit dem Visuswert von 0,32 und zwei unterschiedliche Sätze von je 10 Landoltringen für die vom Gesetzgeber geforderten Visusgrenzwerte (0,7 bzw. 1,0) sind vorgeschrieben. In jedem Satz dürfen sich maximal zwei Positionen des Landoltrings wiederholen.

Es müssen 6 von 10 angebotenen Landoltringen der geforderten Visusstufe richtig benannt werden.

Das Sehtestgerät muss sich in einem nur mäßig beleuchteten Raum befinden. Eine Blendung des Prüflings vor der Messung muss ausgeschlossen oder vollständig abgeklungen sein.

Während der Prüfung darf die Einblickscheibe des Gerätes und die Brille des Prüflings nicht verschmutzt oder beschlagen sein. Das Zusammenkneifen der Lider zur Visusverbesserung sollte vermieden werden.

Vor Beginn des Sehtestes muss der Prüfling über die Art der Sehzeichen und deren Anordnung im Prüffeld informiert werden. Mit den Landoltringen vom Visuswert 0,32 soll der Ablauf der Prüfung vor der eigentlichen Messung eingeübt werden.

Einblickgeräte rufen bei manchen Patienten eine Gerätemyopie durch Akkommodation, Konvergenz und Miosis aus, die zu schlechteren Visuswerten führen kann. Die Hersteller der Einblickgeräte versuchen aber, dieses Problem durch eine geeignete Konstruktion (z.B. binokulare Betrachtung der Sehzeichen mit parallelen Blicklinien) zu minimieren.

Der Augenarzt benötigt keine Sehtestgeräte (Einblickgeräte) für die Untersuchung der Fahreignung, da er die gutachterliche Sehschärfebestimmung nach Teil 3 der DIN 58220 durchführen kann.

1.5.
Fehlerquellen

Obwohl die Sehschärfe täglich tausendfach in Deutschland geprüft wird, kann die Untersuchung nicht ohne fachliches Wissen von jedem Laien durchgeführt werden. Eine Durchführung der Messung durch Hilfspersonal ist nur dann zulässig, wenn gewährleistet ist, dass der/die Untersucher/in in die Besonderheiten der Messung gründlich eingewiesen wurde. Neben den technischen Bedingungen müssen der Untersuchte und der Untersucher gewisse Voraussetzungen beachten.

Der Augenarzt muss sicher sein, dass die technischen Voraussetzungen des Gerätes, für die die Herstellerfirma garantieren, bei dem individuellen Einsatz im Untersuchungszimmer auch zur Geltung kommen.

Der Prüfling muss sich vorher an die Raumbeleuchtung adaptiert haben. Jegliche Blendung vor der Sehschärfebestimmung (z.B. durch Skiaskopie oder Ophthalmoskopie) oder währenddessen (durch helle Fensterflächen, Spiegelungen oder Leuchten im Gesichtsfeld) ist zu vermeiden. Die Prüfentfernung für die Sehschärfebestimmung (Abstand zwischen Auge und Sehzeichen) muss in der Nähe (25 bis 40 cm) auf +/- 5 % genau eingehalten werden. Bei einer Prüfentfernung von 40 cm entspricht der zulässige Fehler

von 5% nur +/- 2 cm! Bei der Sehschärfebestimmung für die Ferne ist eine Abweichung von maximal +/- 3% erlaubt. Bei 4 Metern Prüfentfernung sind das maximal +/- 12 Zentimeter.

Die Funktionsfähigkeit der Geräte muss vor jeder Prüfung kontrolliert werden. Dies betrifft nicht nur eine mit Wimperntusche bedeckte Einblicköffnung eines Phoropters, sondern auch die beschlagene Einblickscheibe eines Sehtestgerätes. Andererseits darf sich der Patient auch nicht durch eine verengte Lidspalte als stenopäische Lücke einen Vorteil verschaffen.

Grundsätzlich sollte der Kopf des Untersuchten gerade gehalten werden. Werden jedoch Kopfzwangshaltungen bis zu 10° Drehung oder Hebung/ Senkung oder Neigung ohne äußere Auffälligkeiten, beschwerdefrei und gewohnheitsmäßig eingenommen, so empfiehlt die Verkehrskommission der DOG, diese Kopfhaltung als neue Ausgangsposition "Geradeaus" zu nehmen.

Die novellierte DIN 58220 enthält keine Vorgaben zum zeitlichen Ablauf der Prüfung. Es ist aber wünschenswert, dass jeder einzelne Landoltring innerhalb einer Sekunde erkannt werden sollte, da bei einer Verlängerung der Lesezeit die Patienten mit Nystagmus eine relativ zu gute Sehschärfe erzielen würden.

Das Nachfragen bei einzelnen falschen Antworten, das Wiederholen von ganzen Reihen und die direkte Bestätigung richtiger oder falscher Antworten sind nicht zulässig, da hiermit die Sehschärfe zu gut bewertet würde (Petersen 1993).

1.6.
Befunddarstellung, -wiedergabe

Bei einem Gutachten sollten die monokular und binokular erreichte Sehschärfe, ohne und mit Korrektion dokumentiert werden, ebenfalls die Prüfentfernungen. Die Sehschärfe wird dem Auftraggeber nur als Dezimalzahl ohne Zusatz von "pp" oder "teilweise" mitgeteilt.

Bei einer abweichenden Prüfentfernung sollte der Visuswert zunächst so notiert werden, wie er auf der Tafel angegeben ist und anschließend umgerechnet werden. Wenn z.B. ein Patient den 0,4 Birkhäusertext in 15 Zentimetern lesen kann und der Test eigentlich für eine Prüfentfernung von 30 cm berechnet wurde, so ist sein Visus aufgrund der kürzeren Entfernung tatsächlich nur 0,2. Anders ist es bei Sehzeichenprojektoren: solange der Patient mit seinem Kopf neben dem Projektor bleibt, stimmt weiterhin die Angabe am Visusprojektor.

Die Dokumentation beim straßenverkehrsbezogenen Sehtest erfordert die exakte Dokumentation der Angaben über das Prüfergebnis mit Nennung der richtig erkannten Sehzeichen.

1.7.
Qualitätskriterien

Die Qualitätskriterien sind dem Text und den Tabellen zu entnehmen.

1.8.
Literatur

1. DIN EN ISO 8596:2009 (2009) Augenoptik – Sehschärfeprüfung – Das Normsehzeichen und seine Darbietung. Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 19772 Berlin.
2. DIN 58220-3 (2009) Sehschärfebestimmung – Teil 3: Prüfung für Gutachten. Deutsches Institut für Normung e.V., Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.
3. DIN 58220-5 (2009) Sehschärfebestimmung – Teil 5: Allgemeiner Sehtest. Deutsches Institut für Normung e.V., Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.

4. DIN 58220-6 (2009) Sehschärfebestimmung – Teil 6: Straßenverkehrsbezogener Sehtest. Deutsches Institut für Normung e.V., Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.
5. DIN 58220-7 (2009) Sehschärfebestimmung – Teil 7: Mesopisches Kontrastsehen, ohne und mit Blendung, für straßenverkehrsbezogene Testung. Deutsches Institut für Normung e.V., Alleinverkauf durch Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin.
6. Ferris FL, Kassoff A, Bresnick G, Bailey I. New visual acuity charts for clinical research. Am J Ophthalmol. 1982;94:91–96.
7. Grimm W, Rassow B, Wesemann W, Saur K, Hilz R, (1994) Correlation of optotypes with the Landolt ring - A fresh look at the comparability of optotypes. Optometry and Vision Science 71, 1994, 6-13.
8. Lachenmayr B (2006) Verkehrsophthalmologie, Fahreignungsbegutachtung im Straßenverkehr, Ophthalmologe 103:425–446
9. Lachenmayr B, (2008) Begutachtung in der Augenheilkunde. Springer, Heidelberg.
10. Richtlinien und Untersuchungsanleitungen. Berufsverband der Augenärzte Deutschlands e.V. ("grauer Ordner") Hrsg: Gramberg- Danielsen B
11. Kolling G, Höltzke P (1995) Ein neuer Silbentext zur Prüfung des Nahvisus. Ophthalmologe 92:56-60
12. Petersen J (1993) Die Zuverlässigkeit der Sehschärfenbestimmung mit Landoltringen. Copythek Enke Verlag, Stuttgart.
13. Radner W, Willinger U, Obermaer W, Mudrich C, Velikay-Parel M, Eisenwort B (1998) Eine neue Lesetafel zur gleichzeitigen Bestimmung von Lesevisus und Lesegeschwindigkeit. Klin Mbl Augenheilkd 231:174-181
14. Rassow B, Cavazos H, Wesemann W (1990) Normgerechte Sehschärfenbestimmung mit Buchstaben. Augenärztl Fortb 13:105-114
15. Rassow B, Wang Y (1999) Anschluß von Buchstaben- Optotypen an den Landoltring für verschiedene Bereiche der Sehschärfe. Klin Mbl Augenheilkd 215:119-126
16. Wesemann W, Schiefer U, Bach M, (2010) Neue DIN-Normen zur Sehschärfebestimmung. Ophthalmologe 107:821–826

1.9.
Geräteübersicht

In dieser Liste sind Geräte aufgeführt, welche die Sehschärfe gemäß DIN 58220, Teil 5 und 6 prüfen. Im Gegensatz zur Sehschärfebestimmung gemäß DIN 58220 gibt es für Testverfahren zur Beurteilung des Kontrastsehens, Farbensehens und des Stereosehens keine Norm. Deshalb kann die Eignung dieser nicht genormten Testverfahren nicht beurteilt werden. Die Äquivalenz zu anerkannten Verfahren ist vom Hersteller zu belegen. Soweit entsprechende Studien noch nicht vorliegen, empfiehlt die Qualitätssicherungs-Kommission der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, für gutachterliche Zwecke und bei sicherheitsrelevanten Fragestellungen, ergänzend eine Untersuchung mit einem anerkannten Verfahren durchzuführen.

Die Daten sind den Geräteangaben der Hersteller entnommen. Änderungen oder Berichtigungen, um welche die Qualitätssicherungs-Kommission der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft ausdrücklich bittet, werden bei der nächsten Neuauflage berücksichtigt.

1.9.1.
Sehtestgeräte (in alphabetischer Reihenfolge des Gerätenamens)

1.9.1.1 Block Optic Binophor
1.9.1.2. Block Optic TOPAS
1.9.1.3. Bon Optic Führerschein-Sehtestgerät FT2
1.9.1.4. Essilor Visiotest Physiologique
1.9.1.5 FIM VISIOLITE Master

1.9.1.6. Oculus Binotest/Binoptometer II
1.9.1.7 Oculus Sehtestgerät Binoptometer 4P
1.9.1.8. Oculus Sehzeichenprüfgerät EasyVis XL
1.9.1.9. Oculus Sehzeichenprüfgerät NIDEK SC-1600P
1.9.1.10. Titmus Sehprüfgerät Titmus 2a, Titmus 2s
1.9.1.11. Topcon Sehprüfgerät SS - 3
1.9.1.12. Vistec Sehtestgerät Optovist
1.9.1.13. Vistec Sehtestgeräte R20, R21, R22
1.9.1.14. Vistec Sehtestgeräte Rodatest 300 und 302

1.9.1.1. Block Optic Binophor

Hersteller/ Vertrieb	Block Optic, Semerteichstr. 60, 44141 Dortmund, Tel.: 0231/1087785-0, Fax: 0231/1763065
Teil 5 v. DIN 58220	Ja für G25, G26, G37
Teil 6 v. DIN 58220	Ja
Sonst. Sehzeichen	Nein
Stufen	0.2, 0.32, 0.4, 0.5, 0.63, 0.7, 0.8, 1.0
Farbtests	17 Ishihara Tafeln
Phorietest	horizontal, vertikal
Stereotest	Stereotest: 800", 600", 400", 200", 100", 50" Random Dot: 800", 400", 200", 100", 50"
Bedienung	Externes Bedientablet
Besonderheiten	Prüfentfernungen: 33cm, 40cm, 57cm, 1m, unendlichstufenlos verstellbarer Einblickwinkel, EDV Schnittstelle

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.2. Block Optic Sehprüfgerät TOPAS

Hersteller/ Vertrieb	Block Optic, Semerteichstr. 60, 44141 Dortmund, Tel.: 0231/1087785-0, Fax: 0231/1763065
Teil 5 v. DIN 58220	Nein
Teil 6 v. DIN 58220	Ja (straßenverkehrsbezogener Sehtest)
Sonst. Sehzeichen	Nein
Stufen	0,32; 0,7; 1,0
Sonst. Sehzeichen	Keine
Farbtests	Nein
Phorietest	Nein
Stereotest	Nein
Bedienung	Testscheibe, Handbetrieb
Besonderheiten	Nein

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.3. Bon Optic Führerschein-Sehtestgerät FT-2

Hersteller/Vertrieb	bon Optic Vertriebsgesellschaft, Stellmacherstr.14, 23556 Lübeck Tel: 0451/809000, Fax: 0451/80900-10
Teil 5 v. DIN 58220	Ja
Teil 6 v. DIN 58220	Ja
Sonst. Sehzeichen	Ziffern
Stufen	0,32; 0,7; 1,0
Farbtests	nein
Phorietest	Vertikal und horizontal
Stereotest	ja: 400“, 200“, 100“, 60“
Bedienung	manuell über Testscheibe
Besonderheiten	Wiederholungsmöglichkeit mit neuer Orientierung der Landoltringe, Prüfung des Sehgleichgewichtes und der Blendempfindlichkeit, Visusprüfung binokular, LED

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.4. Essilor Visiotest - Physiologique

Herrsteller	Essilor International, Frankreich
Vertrieb	Medias Res GmbH, Tom-Sebastian Voss, Osterbrooksweg 85, 22869 Hamburg-Schenefeld, Tel.: 040-840 50 500, Fax: 040-840 50 503, www.mediasres.net
Teil 5 v. DIN 58220	Ja für G 25, G 26 und G 37
Teil 6 v. DIN 58220	Ja (straßenverkehrsbezogener Sehtest)
Sonst. Sehzeichen	Nein
Stufen	0,2; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,7; 0,8; 1,0: 1,25
Sonst. Sehzeichen	Keine
Farbtests	Ishihara-Tafeln
Phorietest	Ja
Stereotest	Ja
Bedienung	Steuerung über externes Bedienungselement
Besonderheiten	Umschaltbar von 5 Metern auf 33 cm. Rot-Grün-Test, Kampimetrie-Test mit Leuchtdioden in 60°, 70°, 80°, 90° und 100°, sowie einer Leuchtdiode im nasalen Gesichtsfeld

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.5 FIM VISIOLITE Master

Hersteller/ Vertrieb	FIM - 30 rue Camille 69003 Lyon – FRANCE
Vertrieb:	Medias Res GmbH, Tom-Sebastian Voss, Osterbrooksweg 85, 22869 Hamburg-Schenefeld, Tel.: 040-840 50 500, Fax: 040-840 50 503, www.mediasres.net
Teil 5 v. DIN 58220	Ja für G 25 und G 37
Teil 6 v. DIN 58220	Ja für FeV, §12, Anlage 6
Stufen	Landolt Ringe: 0,32 / 0,4 / 0,5 / 0,63 / 0,7 / 0,8 / 1,0 /1,25 Zahlen: 0,32 / 0,4 / 0,5 / 0,63 / 0,7 / 0,8 / 1,0 /1,25 E-Haken: 0,1 / 0,3 / 0,5 / 0,7 / 1,0
Sonst. Sehzeichen	E-Haken, Zahlen
Farbtests	6 Farbtests basierend auf den Ishihara-Tafeln zur Prüfung auf Farbsinnstörung / Rot-grün Test zur Prüfung des Refraktionsgleichgewichts
Phorietest	Schnelltest auf: Exophorie, Orthophorie, Esophorie und Hyperphorie
Stereotest	6 Tests mit jeweils 1 querdisparat angebotenem Zeichen. 6 Stufen: 1600”, 800”, 400”, 200”, 100”, 50”
Bedienung	Über PC (USB Anschluß), Es können individuelle Prüfabläufe programmiert werden. Optional auch über Fernbedienung
Besonderheiten	Fernprüfung 5 m, Mitteldistanz 60 cm, Nahtest 30 cm, normale Testfeldhelligkeit: 180 cd/m², zusätzlich Prüfung bei reduzierten Leuchtdichten von 80 cd/² und 3 cd/m² möglich, Schnelltest auf Hyperopie mit Vorschaltglas +1 dpt. Kontrasttest, Astigmatismustest, Fusionstest, Amsler-Tafel, programmierbare Testabfolgen, kompaktes und leichtes Gerät (unter 5 kg), Annäherungssensor, komplette digitale Steuerung, keine Tasten und Schalter am Gerät, Beleuchtung über 16 weiße LEDs mit Diffusorsystem.

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.6. Oculus Binotest/ Binoptometer II

Hersteller/ Vertrieb	OCULUS Optikgeräte GmbH, Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar, Tel.: 0641 / 2005-0, Fax: 0641 / 2005-255, E-Mail: sales@oculus.de
Teil 5 v. DIN 58220	Binotest mit Testscheibe 60710: G 26 möglich; Binoptometer II: G 25, G 26 und G 37 möglich
Teil 6 v. DIN 58220	mit Binotest und Binoptometer möglich
Sonst. Sehzeichen	Nach DIN 58220/ ISO 8597 angeschlossene Buchstaben
Stufen	0,2; 0,32; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0
Farbtests	Ishihara-Tafeln
Phorietest	Vertikal und horizontal
Stereotest	Negativ polarisierter, fein differenzierter Stereo- Test
Bedienung	Mit Handbedienteil und LCD- Display; alternativ direkte Ansteuerung durch einen PC mit Windows- kompatibler Software

Besonderheiten	Ein- oder Durchblickgerät, von 30 cm bis unendlich stufenlos einstellbar. Am Binoptometer II automatischer Testablauf.

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.7 Oculus Binotest/ Binoptometer 4P

Hersteller/ Vertrieb	OCULUS Optikgeräte GmbH, Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar, Tel.: 0641 / 2005-0, Fax: 0641 / 2005-255, E-Mail: sales@oculus.de
Teil 5 v. DIN 58220	Ja für G 25, G26, G37, G41
Teil 6 v. DIN 58220	Ja für FeV § 12 Anlage 6
Sonst. Sehzeichen	Buchstaben, Zahlen, E-Haken, weitere Sehzeichen können ergänzt werden
Stufen	0,1 / 0,2 / 0,32 / 0,4 / 0,5 / 0,63 / 0,7* /0,8 / 1,0 / 1,25 *nur für Landoltringe
Farbtests	25 Isihara-Tafeln 23 Velhagen-Broschmann Farbtafeln
Phorietest	Vertikal und horizontal
Stereotest	Augentrennung über ein LCD-Shuttersystem, mehrere Stereotests, auch random dot-Tests; Stereogrenzwinkel: 600“ / 400“ /200“ / 100“ / 80“ / 35“ / 30“ / 15“; 100“ mit Abfragemöglichkeit 60% Kriterium.
Bedienung	Direkte Ansteuerung über einen PC mit Windows-kompatibler Software, alternativ mit einem Bedienteil mit Touchpad.
Besonderheiten	Prüfung des Kontrastsehens; Prüfung des Dämmerungssehens und der Blendempfindlichkeit (optional) entsprechend der DIN 58220 Teil 7; Prüfung der peripheren Gesichtsfeldwahrnehmung an 14 Prüforten mit Fixationskontrolle; Elektromotorische Höhenverstellung (optional); Stufenlos einstellbare Prüfentfernung von 30 cm bis unendlich; Verstellbarer Einblickwinkel mit Dokumentation; Prüfung auf latente Hyperopie

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.8 Oculus Sehzeichenprüfgerät EasyVis XL

Hersteller/Vertrieb	OCULUS Optikgeräte GmbH, Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar, Tel.: 0641 / 2005-0, Fax: 0641 / 2005-255, E-Mail: sales@oculus.de
Teil 3 v. DIN 58220	Ja, Visusprüfung mit Landoltringen möglich
Teil 5 v. DIN 58220	Ja, Visusprüfung mit Landoltringen möglich
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, Buchstaben, Kinderbilder, E-Haken, EDTRS Charts
Stufungen	Logarithmisch von 0,05 bis 2,0; Visusstufe 0,7 enthalten wegen FeV
Refraktionssehtests	Strahlenfigur, Punkteschar, Rot-Grün-Test, Bichrom-Balance-Test, Cowen Test, Kreuzmustertest, Sehgleichgewichtstest
Phorietest	Schober-, Haken horizontal u. vertikal-, Worth-, Kreuztest, Zeigertest, Doppelzeigertest, Fixationspunkt Stereo-Dreiecktest (Basis 20, Basis 11)
Stereotest	Stereo-Strich-Test, Stereotest einspaltig, Differenzierter Stereotest einspaltig u. fünfreihig, Random Dot Hand u. Stufen Test, Valenztest, D6 Test Teil 1 und 2

Bedienung	Infrarot-Fernbedienung oder vom Bedienpult des automatischen Phoropters RT-5100
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln, spalten- oder zeilenweise, ISO 8596 erfüllt, invertierter Modus für alle monokularen Optotypen, **Optional:** Kontrasttest, Lea und Colt Test, 38 Ishhara Tafeln individuelle Testbilder

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.9 Oculus Sehzeichenprüfgerät NIDEK SC-1600P

Hersteller/Vertrieb	OCULUS Optikgeräte GmbH, Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar, Tel.: 0641 / 2005-0, Fax: 0641 / 2005-255, E-Mail: sales@oculus.de
Teil 3 v. DIN 58220	Ja, Visusprüfung mit Landoltringen möglich (Typ G)
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, E-Haken, Kinderbilder, Buchstaben
Stufungen	Logarithmisch
Refraktionssehtests	Strahlenfigur, Punkteschar, Rot-Grün-Test, Bichrom Balance (Duochrom Balance Test), abgestufte Optotypen (Binokular Balance)
Phorietest	Schober-, Haken-, Horizontal und vertikal-, Worth-, Kreuztest, Zeigertest, Doppelzeigertest, Fixation
Stereotest	Stereo-Strich-Test (Stereo1), Valenz Test (Stereo 2) Differenzierter Stereotest
Bedienung	Infrarot-Fernbedienung oder vom Bedienpult des automatischen Phoropters RT-3100, RT-5100
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln, spalten- oder zeilenweise, Rot-Grün-Filter zuschaltbar, automatische Abschaltung, ISO 8596 erfüllt, Kontrasttests für Landoltringe bei Visusanforderung 0.4- 1.6 in 25% 12.5% 6.0%

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.10. Titmus Sehprüfgerät Titmus 2a, Titmus 2s

Hersteller/ Vertrieb	Fa. Titmus Optical, Petersburg, USA: Import und Vertrieb: Opus Optik GmbH, Nordstr. 10a, 42719 Solingen Tel.: 0212 / 3801992 Vertrieb: MAICO Diagnostic GmbH, Zum Lonnenhohl 5, 44319 Dortmund, Tel. 0231 / 925 314-0 oder Salzufer 13/14, 10587 Berlin, Tel. 030 / 707 146-20
Teil 5 v. DIN 58220	Ja für G 25, G 26 und G 37
Teil 6 v. DIN 58220	Ja
Sonst. Sehzeichen	Nein-
Stufen	0,1; 0,32; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 1,0
Sonst. Sehzeichen	Buchstaben, Zahlen, E- Haken, Kinderbilder
Farbtests	Ishihara-Tafeln

Phorietest	Horizontal und vertikal, Fusionstest
Stereotest	Titmus- Stereotest: 400“ – 20“
Bedienung	Testdias, Fernbedienung (Titmus 2a)
Besonderheiten	durch Testlinsen umschaltbar auf 50, 57, 67, 80 und 100 cm für G37, Kampimetrie mit Leuchtdioden in horizontalem Gesichtsfeld

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.11 Topcon Sehprüfgerät SS - 3

Hersteller/ Vertrieb	TOPCON Deutschland GmbH, Postfach 46 02 62, 47856 Willich Tel.: 02154 / 929-0, Fax: 02154 / 929-111
Teil 5 v. DIN 58220	G 26, G 27 nicht möglich
Teil 6 v. DIN 58220	Visusprüfung möglich
Sonst. Sehzeichen	Nein-
Stufungen	0,32; 0,7; 1,0; sonst linear
Sonst. Sehzeichen	E- Haken oder Landoltringe einzeln, Astigmatismus- Test
Farbtests	Nein
Phorietest	Vertikal und horizontal
Stereotest	Qualitativ
Bedienung	Handbedienung per Schalter
Besonderheiten	Probiergläser vorsteckbar

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.12. Vistec Sehtestgerät Optovist

Hersteller/Vertrieb	Vistec AG, Werner-v.-Siemens-Str. 13, 82140 Olching Tel.: 08142 / 448 57-60; Fax: 08142 / 448 57-70
Teil 5 v. DIN 58220	Ja für G 25, G 26, G 37, G 41
Teil 6 v. DIN 58220	Ja für FeV § 12 Abs. 2, Anlage 6
Sonst. Sehzeichen	Buchstaben, E-Haken, Zahlen, ausbaufähig für beliebige Sehzeichen
Stufen	0,1; 0,25; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,7; 0,8; 1,0: 1,25; 1,6
Farbtests	nach Ishihara-Tafeln (digitale Reproduktion)
Phorietest	Vertikal und horizontal
Stereotest	14“, 40“, 70“, 96“, 200“, 400“, 600“
Bedienung	Per PC oder Touchpad
Besonderheiten	Elektr. Höhenverstellung, Prüfentfernungen wählbar von 33 cm bis optisch unendlich, neigbares Sehtestfeld für Gleitsichtbrillenträger, Prüfung auf latente Hyperopie, Prüfung der Konrast- und Blenempfindlichkeit unter Tageslichtbedingungen, 28 Leuchtdioden für orientierende Gesichtsfeldprüfung im Bereich von 20° bis 90° Exzentrizität. Prüfung des Dämmerungssehens und der Blendempfindlichkeit entsprechend DIN 58.220, Teil 7

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.13. Vistec Sehtestgeräte R 20, R 21, R 22

Hersteller/ Vertrieb	Vistec AG, Werner-v.-Siemens-Str. 13, 82140 Olching, Tel.: 08142 / 44857 – 60, Fax: 08142 / 44857 - 70
Teil 5 v. DIN 58220	Testscheiben 119 für G 25, G 26 und G 37
Teil 6 v. DIN 58220	Testscheibe 114 für FeV, §12, Anlage 6
Sonst. Sehzeichen	E- Haken (Testscheibe 130), Ziffern (Testscheibe 112), Kinder- Bilder (Testscheibe 140)
Stufen	E- Haken: 0,16; 0,32; 0,5; 0,7; 1,0, Ziffern: 0,2; 0,32; 0,5; 0,7; 0,8; 1,0 Kinderbilder: 0,3; 0,5; 0,7; 1,0
Farbtests	Rot-Grün-Test (Testscheibe 173)
Phorietest	Vertikal und horizontal, Fusionstests (Testscheibe 172)
Stereotest	400", 200", 100" und 35" Testscheibe 172
Bedienung	Manuell über Testscheiben (R 20 - 22)
Besonderheiten	Höhenverstellbare Einblickgeräte mit kompatiblen Testscheiben für alle R-Geräte, geneigter Nahblick bei R 21 und R 22, Prüfung auf latente Hyperopien

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

1.9.1.14. Vistec Sehtestgeräte Rodatest 300 und 302

Hersteller/ Vertrieb	Vistec AG, Werner-v.-Siemens-Str. 13, 82140 Olching Tel.: 08142 / 44857 – 60, Fax: 08142 / 44857 - 70
Teil 5 v. DIN 58220	Ja für G 25, G 26 und G 37
Teil 6 v. DIN 58220	Ja für FeV, §12, Anlage 6
Sonst. Sehzeichen	Ziffern
Stufen	Landoltringe: 0,2; 0,32; 0,5; 0,63; 0,7; 0,8; 1,0; 1,25 Ziffern: 0,2; 0,32; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0; 1,25
Sonst. Sehzeichen	Keine
Farbtests	Rot- Grün- Test nach Ishihara
Phorietest	Vertikal und horizontal
Stereotest	600“, 200“, 100“ und 35“
Bedienung	Handschalter oder optional über PC-Software oder Notebook
Besonderheiten	Frei einstellbare Prüfentfernungen, neigbares Sehtestfeld für Personen mit Gleitsicht- und Mehrstärkenbrillen, Prüfung auf latente Hyperopie, Prüfung der Kontrast- und Blendempfindlichkeit unter Tageslichtbedingungen, Leuchtdioden für den qualitativen Test des temporalen Gesichtsfeldes

Zur Übersicht Sehtestgeräte 1.9.1

Empfehlungen und Gerätetabellen der DOG-Kommission für die Qualitätssicherung sinnesphysiologischer Untersuchungs-verfahren und Geräte

DOG
Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft

Gesellschaft
für Augenheilkunde

1.9.2.
Sehzeichenprojektoren

Liste von Sehzeichenprojektoren, mit denen zur Zeit die gutachterliche Untersuchung nach DIN 58220 Teil 3 durchgeführt werden kann. Die Reihenfolge der Auflistung geschieht in alphabetischer Ordnung nach dem Namen des Gerätes.

1.9.2.1. Bach Freiburger Visustest
1.9.2.2. Block Sehzeichenprojektor CP 30 A6
1.9.2.3. Bon Optic Sehzeichenprojektor CP-33 ID oder IDB
1.9.2.4. Bon Optic Computer Sehprüfgerät MultiVisus
1.9.2.5. Bon Optic Sehzeichenprojektor Shin-Nippon CP-500
1.9.2.6. Möller Sehzeichenprojektor M 2000
1.9.2.7. Oculus Sehzeichenprojektor Nidek CP 670 DIN/ISO
1.9.2.8. Oculus Sehzeichenprojektor Nidek CP-770 Typ G
1.9.2.9. Oculus Sehzeichenprojektor Nidek SCP 660
1.9.2.10. Rodenstock Sehzeichenmonitor CompuVist
1.9.2.11. Rodenstock Sehzeichenprojektor RODAVIST 524 (Testscheibe A 6)
1.9.2.12. Schwind Sehzeichenprojektor Optostar-IR
1.9.2.13. Topcon Sehzeichenprojektor ACP-7er Serie 3
1.9.2.14. Zeiss Polatest E – Elektronisches Sehprüfgerät
1.9.2.15. Zeiss Sehzeichenprojektor SZP 350

1.9.2.1. Bach Freiburger Visustest

Hersteller/Vertrieb	Prof. Dr. M. Bach, Universitäts- Augenklinik Freiburg, Killianstr. 5 76109 Freiburg, frei verfügbar unter: www.michaelbach.de/fract/
Teil 3 v. DIN 58220	Automatische Visusprüfung mit Landoltringen in 8 Orientierungen mit einem nach DIN 58220 angeschlossenen Testverfahren (Ophthalmologe 92 (1995) 174–178)
Sonst. Sehzeichen	E-Haken; Nonius- und Kontrastsehschärfe prüfbar; Gesichtererkennung
Stufungen	Logarithmische Abstufung, von 0,06 bis 3,6 auf 5 Meter
Refraktionstests	Nein
Phorietest	Nein
Stereotest	Nein
Bedienung	Sehzeichendarbietung auf Monitor, Steuerung über PC, automatischer Testablauf nach dem best-PEST-Verfahren, Fernbedienung per Tastatur
Besonderheiten	Objektives Testverfahren, besonders geeignet zur Verlaufskontrolle nach Therapieverfahren

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.2. Block Sehzeichenprojektor CP 30 A6

Hersteller/Vertrieb	Block GmbH, Augenoptik und ophth. Technik, Alter Hellweg 104, 44379 Dortmund, Tel.: 0231 / 613041-43, Fax: / 7261546
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen möglich
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, Kinderbilder
Stufungen	Landoltringe logarithmisch, sonst linear
Refraktionstests	Strahlenkranz, Bichrom- Balance- Test, Rot- Grün- Test
Phorietest	Schober-, Haken-, Doppelzeiger-, Worth- Test
Stereotest	Osterberg- Test
Bedienung	Infrarot- Direktwahl
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln, zeilen- oder spaltenweise

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.3. Bon Optic Sehzeichenprojektor CP-33 ID oder IDB

Hersteller/Vertrieb	Bon Optic Vertriebsgesellschaft, Stellmacherstr. 14, 23556 Lübeck Tel.: 0451 / 80 900-0, Fax: / 80 9000
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen möglich
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, E- Haken, Kinderbilder
Stufungen	Landoltringe logarithmisch, sonst linear
Refraktionstests	Rot- Grün- Test, Bichrom- Balance- Test, Strahlenkranz, Sehgleichgewicht
Phorietest	Haken- Test, Kreuztest, Schober –Test, Worth- Test
Stereotest	Differenzierter Stereotest
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung
Besonderheiten	Bei ID: 2 Refraktionsprogramme individuell speicherbar, automatische Abschaltung, schneller Testwechsel, ISO 8596 erfüllt Bei IDB zusätzlich: spezielles Programm für Kleinkind- Prüfungen, Ausblendung waagrecht oder senkrecht, Polarisations- und Rot- Grün- Filter vorschaltbar

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.4. Bon Optic Computer Sehprüfgerät MultiVisus

Hersteller/Vertrieb	bon Optic Vertriebsgesellschaft, Stellmacherstr.14, 23556 Lübeck Tel: 0451/809000, Fax: 0451/80900-10
Teil 3 v. DIN 58220	ja, Anforderungen von DIN/EN/ISO 8596 werden eingehalten (für Visus 0,1-2,0 bis 6m Betrachtungsabstand)
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, Buchstaben, E-Haken, Kindersehzeichen, Kolt-Test, H-Test, Reihenoptotypen
Stufungen	Visuswerte von 0,05 bis 2,0; wahlweise logarithmisch oder linear
Refraktionstests	Strahlenfigur, verschiedene Astigmatismus-Tests, Rot-Grün-Test, Bichrome-Balance-Test, Fixationsdisparations-Tests
Phorietest	Schober-, Kreuz-, Haken-, Zeiger-, Worth-Test
Stereotest	Stereotest, Valenztest, differenzierter Stereotest, Random Dot Teste
Bedienung	IR-Fernbedienung, Tablett-Steuerung, Steuerung über PC
Besonderheiten	zusätzlich Landoltringe in 4 Richtungen, monokulare und binokulare Sonderteste (Stadtplanbilder, Ishihara-Tafeln), Sonderteste für binokulare Vollkorrektion, Kontrast von 10% bis 100% einstellbar, weitere Ausstattungsvarianten und Testeinstellungen variabel, Verknüpfung mit Phoropter, Beratungsmodule, randomisierte Sehzeichen

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.5. Bon OpticSehzeichenprojektor Shin-Nippon CP-500

Hersteller/Vertrieb	bon Optic Vertriebsgesellschaft, Stellmacherstr. 14, 23556 Lübeck Tel.: 0451 / 809000, Fax: 0451 / 80900-10;
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen (5 pro Reihe / Visusstufen 0,05 - 1,6)
Sonst. Sehzeichen	Buchstaben, Snellen-Haken (Visusstufen 0,05 - 2,0), Ziffern (Visusstufen 0,1 - 1,0), Kinderbilder
Stufungen	Logarithmisch (Landoltringe, Buchstaben, Snellen-Haken) und linear (Ziffern)
Refraktionstests	Strahlenfigur, Rot-Grün-, Punkte-, Cowen-, Bichrome-Balance, polar. Doppelfeldtest mit abgestuften Sehzeichen, Strichmuster
Phorietest	Kreuz-, Haken-, Worth-, Schober-ähnlicher Test
Stereotest	Einfacher Stereotest
Bedienung	Infrarot-Fernbedienung (Direktwahl)
Besonderheiten	Bei den Landoltringen, Buchstaben und Snellen-Haken sind je 2 Reihen für die Visuswerte 0,63; 0,8; 1,0 und 1,25 vorhanden. Rot-Grün-Filter und Polfilter vorschaltbar, Ausblendungen der Optotypen einzeln, reihen- oder spaltenweise.

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.6. Möller Sehzeichenprojektor M 2000

Hersteller/Vertrieb	Fa. J.D. Möller Optische Werke GmbH, Rosengarten 10, 22880 Wedel Tel.: 04103 / 70901, Fax: 04103 / 709-350
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen möglich, von 0,1 bis 2,0
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, E- Haken, Kinderbilder
Stufungen	Logarithmisch
Refraktionstests	Strahlenfigur, Kreuzmuster-, Bichrom- Balance- Test, Balance-Tests mit Zahlen verschiedener Visusstufen
Phorietest	Haken-, Worth-, Kreuz-, Schober- Test
Stereotest	Osterberg- Test
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln, spalten- oder zeilenweise, Rot- Grün- Filter zuschaltbar, Display am Projektor, automatische Abschaltung, Verknüpfung mit Phoropterautomaten, ISO 8595 erfüllt

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.7. Oculus Sehzeichenprojektor Nidek CP 670 DIN/ISO

Hersteller/Vertrieb	OCULUS Optikgeräte GmbH, Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar, Tel.: 0641 / 2005-0, Fax: 0641 / 2005-255, E-Mail: sales@oculus.de
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen möglich (Sehtestscheibe DIN- Type)
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, E- Haken, Kinderbilder
Stufungen	Logarithmische Abstufungen
Refraktionstests	Strahlenfigur, Kreuzzyl.-, Rot- Grün-, Bichrom- Balance- Test polar. Doppelfeld-Test
Phorietest	Schober-, Haken-, Worth-, Kreuz- Test
Stereotest	Stereo- Strich- Test mit 1´ bis 10´ Querdisparation
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung oder vom Bedienpult des automatischen Phoropters RT 2100
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln, spalten- oder zeilenweise, Rot- Grün- Filter zuschaltbar, automatische Abschaltung, nach DIN 58220 angeschlossene E- Haken, ISO 8596 erfüllt

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.8. Sehzeichenprojektor Nidek CP-770 Typ G

Hersteller/Vertrieb	OCULUS Optikgeräte GmbH, Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar, Tel.: 0641 / 2005-0, Fax: 0641 / 2005-255, Email: sales@oculus.de
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen möglich (Typ G)
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, Buchstaben, Kinderbilder
Stufungen	Logarithmisch
Refraktionstests	Strahlenfigur, Punkteschar, Rot- Grün-Test, Bichrom-Balance-Test, polarisierter Doppelfeldtest
Phorietest	Schober-, Haken-, Worth-, Kreuztest
Stereotest	Stereo-Strich-Test
Bedienung	Infrarot-Fernbedienung oder vom Bedienpult des automatischen Phoropters RT-3100, RT-5100
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln, spalten- oder zeilenweise, Rot-Grün-Filter zuschaltbar, automatische Abschaltung, ISO 8596 erfüllt

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.9. Oculus Sehzeichenprojektor Nidek SCP 660

Hersteller/Vertrieb	OCULUS Optikgeräte GmbH, Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar, Tel.: 0641 / 2005-0, Fax: 0641 / 2005-255, E-Mail: sales@oculus.de
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen möglich
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, Buchstaben, E- Haken, Kinderbilder
Stufungen	Logarithmische oder lineare Abstufungen
Refraktionstests	Strahlenfigur, Kreuzzyl.-, Rot- Grün-, Bichrom- Balance- Test polar. Doppelfeld-Test
Phorietest	Schober-, Haken-, Worth-, Kreuz- Test
Stereotest	Stereo- Strich- Test mit 1´ bis 10´ Querdisparation
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln, spalten- oder zeilenweise, Rot- Grün- Filter frei zuschaltbar, automatische Abschaltung

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.10. Rodenstock Sehzeichenmonitor CompuVist

Hersteller/Vertrieb	Rodenstock Instrumente GmbH, Otto- Hahn-Str. 11, 85521 Ottobrunn-Riemerling, Tel.: 089 / 60813-0, Fax: 089 / 60813-111
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen und angeschlossenen Buchstaben
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, E- Haken, Kindersehzeichen (modifizierter COLT- Test) mit Crowding-Test
Stufungen	Logarithmische Abstufung von 0,04 bis 2,0
Refraktionstests	Rot- Grün-, Astigmatismus- Tests, Strahlenfigur, Dreistrichprobe, Sehgleichgewichts- Test, polar. Fixationsdisparations- Tests (Kreuz, Zeiger, Haken, Dreieck)
Phorietest	Schober-, Koinzidenz-, Worth-, Kreuz- Test
Stereotest	Differenzierte Stereotests bis 30“, Random- Dot- Test
Bedienung	Fernbedienung per PC
Besonderheiten	Binokulare Trennung mit LC- Brille, Kontrastsehprüfungen, Darbietungszeiten von 1 – 10 s einstellbar, zufallsgesteuerte Einzeldarbietung, Verknüpfung mit Phoropter, V24-Schnittstelle

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.11. Rodenstock Sehzeichenprojektor RODAVIST 524 (Testscheibe A 6)

Hersteller/Vertrieb	Rodenstock Instrumente GmbH, Otto- Hahn- Str. 11, 85521 Ottobrunn-Riemerling, Tel.: 089 / 608130, Fax: / 60813-111
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen und angeschlossenen Buchstaben
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, Kinderbilder
Stufungen	Logarithmische oder lineare Abstufungen
Refraktionstests	Rot- Grün-, Bichrom- Balance-Test, polar. Doppelfeld-Test
Phorietest	Schober-, Koinzidenz-, Worth-, Kreuz- Test
Stereotest	Osterberg- Test
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung
Besonderheiten	Automatische Abschaltung, Verknüpfung mit Phoropter, V24-Schnittstelle

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.12. Schwind Sehzeichenprojektor Optostar – IR

Hersteller/Vertrieb	H. Schwind GmbH, Optische Geräte, Mainparkstr. 6-10, 63801 Kleinostheim, Tel.: 06027 / 508-0, Fax: 06027 / 508-208
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen möglich
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, Buchstaben, E- Haken
Stufungen	Lineare Abstufungen
Refraktionstests	Strahlen-, Kreuz- Muster-, Astigmatismus-, Rot- Grün-, polar. Doppelfeld- Test, Senkrechtleiste
Phorietest	Schober-, Koinzidenz-, Worth- Test
Stereotest	Osterberg- Test
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln und zeilenweise, Rot- Grün- oder Pol.-Filter zuschaltbar, automatische Abschaltung

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.13. TOPCON Sehzeichenprojektor ACP - 7er Serie 3

Hersteller/Vertrieb	TOPCON Deutschland GmbH; Postfach 46 02 62, 47856 Willich Tel.: 02154 / 929 0, Fax: / 929-111
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen (Sehzeichenscheibe C- Typ)
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, Buchstaben, E- Haken, Kinderbilder
Stufungen	Landoltringe logarithmisch, sonst lineare Abstufungen
Refraktionstests	Strahlen-, Astigmatismus-, Rot- Grün-, Bichrom- Balance- Test, polar. Doppelfeld- Test, Balance- Test
Phorietest	Schober-, Koinzidenz-, Worth-, Kreuz- Test
Stereotest	Osterberg- Test
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung
Besonderheiten	Zeilen- und spaltenweise Maskenschaltung, automatische Abschaltung, Verknüpfung mit Phoropter

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.14. Zeiss Polatest E - Elektronisches Sehprüfgerät

Hersteller/Vertrieb	Carl Zeiss, Geschäftsbereich Augenoptik, Postfach 1865, 73408 Aalen Tel.: 07361 / 591 - 0
Teil 3 v. DIN 58220	Landoltringe und angeschlossene Buchstaben
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, E-Haken, Kindersehzeichen
Stufungen	Logarithmische Abstufung von 0,1 bis 2,0 (0,7 fehlt)
Refraktionstests	Rot- Grün-, Astigmatismus- Tests, Strahlenfigur, Sehgleichgewichts- Test, polar. Fixationsdisparations- Tests (Kreuz, Zeiger, Haken, Dreieck), OXO- Test, Osterberg- Test
Phorietest	Schober-, Worth-, Simultan-, Fusion- Test
Stereotest	Differenzierte Stereotests mit Strich und Kreuz von 5‘ bis 30“, Random- Dot-Teste
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung
Besonderheiten	Sehzeichendarstellung auf aktivem LC- Display (TFT), binokulare Trennung mit Polarisationsbrille, zufallsgesteuerte Einzeldarbietung, Kontrast der Sehzeichen und Helligkeit des Schirms in 32 Stufen einstellbar

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1.9.2.15. Zeiss Sehzeichenprojektor SZP 350

Hersteller/Vertrieb	Carl Zeiss Jena GmbH, GB Ophthalmologische Geräte, Tatzendpromenade 1a, 07745 Jena Tel.: 03641 / 642807, Fax: 03641 / 643371
Teil 3 v. DIN 58220	Visusprüfung mit Landoltringen möglich
Sonst. Sehzeichen	Zahlen, E- Haken, Kinderbilder
Stufungen	Landoltringe logarithmisch, sonst lineare Abstufung
Refraktionstests	Strahlentest, Rot- Grün-, Duochrom- Balance- Test, Kreuzzylinder-, Astigmatismus- Test
Phorietest	Haken-, Kreuz-, Worth-, Schober- Test
Stereotest	Ja
Bedienung	Infrarot- Fernbedienung
Besonderheiten	Ausblendung: einzeln oder zeilenweise, automatische Abschaltung, Polarisations- oder Rot- Grün- Overlay

Zur Übersicht Sehzeichenprojektoren

1a.
Nahsehschärfe und Lesevermögen

1a.1.
Untersuchungsziel

Das Untersuchungsziel ist, die Sehschärfe bei Nahblick zu ermitteln und das Lesevermögen von Texten zu prüfen.

1a.2.
Definition

Die **Nahsehschärfe** wird definiert als die Sehschärfe bei einem Betrachtungsabstand von ≤ 40 cm. Ebenso wie bei Fernblick kann die Sehschärfe bei Nahblick mit einzelnen Landoltringen, in Reihe stehenden Optotypen oder angepassten Optotypen gemessen werden. Dies ist in Teil 4 der DIN 58220 beschrieben. Lesetexte sind hierfür nicht geeignet.

Bei der Prüfung des **Lesevermögens von Texten** wird das flüssige und fehlerfreie Lesen von Texten in einem festgelegten Abstand geprüft. Hierzu werden nicht nur das Gesichtsfeldzentrum, sondern auch die parazentralen Gesichtsfeldanteile und die kortikale Verarbeitung des Textes getestet. Im Gegensatz zur Nahsehschärfe handelt es sich nicht um eine Schwellenwertbestimmung. Die Lesegeschwindigkeit kann beim Lesen von Texten ausgewertet werden.

1a.3.
Indikationen

Die **Nahsehschärfe** wird bestimmt zum Vergleich der Visuswerte bei Fern- und Nahblick, zur Plausibilitätskontrolle der Ergebnisse in unterschiedlichen Entfernungen, zur Bestimmung des Vergrößerungsbedarfs bei vergrößernden Sehhilfen, zur Bestimmung und Überprüfung der Nahkorrektion bei Presbyopen und auch zur Prüfung von Trennschwierigkeiten bei Schielamblyopien mit eng stehenden Landoltringen (C-Test).

Das **Lesevermögen von Texten** wird zur Beurteilung der Minderung der Erwerbsfähigkeit bei zentralen und parazentralen Funktionsstörungen im Gesichtsfeld, zum Erkennen von Trennschwierigkeiten, zur Anpassung vergrößernder Sehhilfen und zur Beurteilung kortikaler Ausfällen (Alexie) untersucht.

1a.4.
Methodik

1a.4.1.
Vergleich der Visuswerte bei Fern- und Nahblick, Plausibilitätskontrolle

Die ISO 8596/8597 nimmt nur zu grundsätzlichen Fragen der Prüfung der Sehschärfe Stellung und erwähnt Entfernungen für deren Prüfung von 600 cm bis zu 25 cm. Zur Bestimmung des Nahsehschärfe wird in Teil 4 der DIN 58220 (Nahvisusbestimmung) Stellung genommen: Nach ISO 8596 soll mit denselben Landoltringen (bei 8 Positionen des Landoltringes ist die Ratechance 1 von 8) und denselben technischen Bedingungen und Verfahren die Nahsehschärfe geprüft werden, wie sie für den Fernvisus beschrieben werden. Insbesondere gelten dieselben Abbruchkriterien (3 richtige Antworten von 5 Landoltringen bzw. 6 von 10) und dieselben Prüfreihenfolgen für beide Augen ohne und mit Korrektion. Damit können die Sehschärfewerte bei Fern- und Nahblick miteinander verglichen werden. Sehschärfeprüfungen in verschiedenen Leseabständen können als Validitätskontrolle benutzt werden: sieht ein junger Patient in 30 cm nur Texte der Stufe 0,4, so muss er bei gleicher Sehschärfe und intakter Akkommodation in 15 cm die Texte mit der Stufe 0,8 lesen.

1a.4.2.
Trennschwierigkeiten

Bei Patienten mit einer Schielamblyopie oder auch bei axial betonter Medientrübung kann das Lesevermögen stärker reduziert sein, als die Fernsehschärfe erwarten lässt. Bei Patienten mit einer schielbedingten Amblyopie können die Landoltring-Reihentafeln (C-Test) nach Haase-Hohmann mit 17,2' bzw. 2,6´ Abstand zwischen den Landoltringen benutzt werden. Dies kann entweder in 5 Metern oder in 40 cm durchgeführt werden. Da bei diesen Tafeln nur 4 Positionen für jeden Landoltring zur Verfügung stehen (Ratechance 1 von 4), gilt die Sehschärfestufe als gelesen, wenn von 6 angebotenen Landoltringen 4 richtig benannt werden.

Nach klinischer Erfahrung entspricht der Visus mit Landoltringen mit einem Abstand von 17,2´ in etwa der Sehschärfe mit Birkhäusertexten, während der Visus mit den enger stehenden Landoltringen (2,6') niedriger ist. Damit kann bereits im Vorschulalter eine Aussage zur Amblyopiegefährdung und zur späteren Lesefähigkeit gemacht werden. Ist der Visus mit Landoltring-Reihen (17,2') besser als 0,6, kann davon ausgegangen werden, dass der Patient später lesefähig wird, bzw. Birkhäusertexte von 0,4 oder besser wird lesen können.

1a.4.3.
Vergrößerungsbedarf bei der Anpassung von vergrößernden Sehhilfen

Um den Vergrößerungsbedarf zu ermitteln, werden dem Patienten mit der Nahkorrektion für 25 cm Texte in abnehmender Textgröße angeboten. Bezugsystem ist ein angenommener „Normaldruck" (bei den Zeiss-Tafeln entspricht dies einer Höhe der Großbuchstaben von 2 mm). Die Größe des Textes entspricht jeweils einer definierten Vergrößerung einer Druckgröße, die dem üblichen Zeitungsdruck entspricht. Die kleinste, noch flüssig gelesene Textgröße entspricht dem Vergrößerungsbedarf. Dieser Vergrößerungsfaktor dient als Ausgangswert für die Hilfsmittelerprobung: z. B. bei 2-fachem Vergrößerungsbedarf wird mit einer Nahkorrektion von zusätzlich + 8 dpt. begonnen.

1a.4.4.
Bestimmung der Lesefähigkeit für Texte

Die Sehschärfe für Lesetexte reproduzierbar zu bestimmen, ist methodisch schwierig: ein einfaches Abbruchkriterium wie bei einzelnen Landoltringen fehlt, die Definition von „normalem" oder „flüssigem" Lesen ist nicht einheitlich, und die Höhe der Lesesehschärfe hängt auch von den Lesegewohnheiten und der Schulbildung ab. Dies hat zur Folge, dass bei gleichem Sehvermögen Patienten mit wenig Lesepraxis und auch Patienten mit mangelnder Kenntnis der deutschen Sprache einen schlechteren „Visuswert" erzielen, mit entsprechenden Auswirkungen auf die Folgen eines Sozialgutachtens. Um dieses Manko zum Teil auszugleichen, können ausländisch sprechende Patienten mit fremdsprachigen Texten der Birkhäusertafeln untersucht werden. Als Auswege wurden von Kolling (6) und Radner (7) Lösungswege aufgezeigt. Der von Kolling angegebene Test hat 10 verschiedene Silben, die aus zwei Buchstaben bestehen, mit und ohne Trennungssymbol hintereinander gereiht. Damit können die Zahl der richtig gelesenen Silben (z. B. 6 richtige von 10) und die Lesegeschwindigkeit (z. B. eine Silbe pro Sekunde) genormt geprüft werden. Radner hat nach einem festen Schema aufgebaute, einander gleichwertige Texte erstellt, die vom Untersucher nach Fehlern und Schnelligkeit beurteilt werden. Diese beiden Ansätze sind bisher noch nicht von anderen Arbeitsgruppen vergleichend untersucht worden. In Publikationen von Hahn et al. (10, 11) sind Lesetexte von ca. 140 Worten validiert und danach in mehrere Fremdsprachen übertragen worden; ab 2007 sollen diese käuflich zu erwerben sein.

1a.4.5.
Minderung der Erwerbsfähigkeit und Nahsehschärfe

Bei der Mehrzahl der zu begutachtenden Patienten stimmen der Fernvisus und der Nahvisus überein. Bei parazentralen Gesichtsfelddefekten, bei Patienten mit hoher Myopie oder bei Schielamblyopien können aber zum Teil erhebliche Differenzen auftreten. Für die Beurteilung der Minderung der Erwerbsfähigkeit durch Schäden des Sehvermögens hat die Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft am 22. September 1981 empfohlen: „Ergeben sich Abweichungen zwischen Fern- und Nahvisus, so ist die MdE für beide Sehschärfewerte anhand der Tabelle zu ermitteln und für die Beurteilung ein Zwischenwert zu wählen, der bevorzugt den Nahvisus berücksichtigt."

Zum Beispiel wäre der Fernvisus eines amblyopen Auges mit einzelnen Landoltringen noch 1,0 (MdE = 0%) und der Lesevisus nur 0,2 Birkhäusertexte (MdE = 10%), so liegt die Mitte bei der logarithmischen Abstufung (1,0 – 0,8 – 0,63 – 0,5 – 0,4 – 0,32 – 0,25 – 0,2) zwischen 0,4 und 0,5. Es wäre falsch, wie folgt zu rechnen: (1,0 + 0,2) / 2 = 0,6. Dies würde eine MdE von 0% bedeuten. Der für die Begutachtung relevante Visus kann mit 0,4 (MdE = 5%) im Gutachten bewertet werden. Ebenso kann bei parazentralen Gesichtsfelddefekten und hochgradig herabgesetzter Lesegeschwindigkeit ein Zwischenwert zwischen dem Visus mit einzelnen Landoltringen und demjenigen mit Lesetexten gewählt werden.

Die Reihenfolge bei der gutachtlichen Prüfung sollte wie beim Fernvisus eingehalten werden (DIN 58220 Teil 3): zuerst ohne Korrektion: das voraussichtlich schlechtere Auge, dann das bessere, danach beidäugig. Dieselbe Reihenfolge wird dann mit jeweils bester Korrektion wiederholt.

Kortikal bedingte, nah parazentrale Gesichtsfeldausfälle führen zu einer hochgradigen Verlangsamung der Lesegeschwindigkeit. Davon müssen kortikal bedingte agnostische Phänomene wie Alexie, Akalkulie, Agraphie oder Neglect abgegrenzt werden. Auch diese mehr zentral sitzenden Störungen können die Lesefähigkeit reduzieren oder unmöglich machen.

1a.5.
Fehlerquellen

Wegen der geringen Entfernungen von 40 bis 25 cm müssen Abweichungen von der richtigen Prüfentfernung so gering wie möglich gehalten werden (Abstand zwischen Eintrittspupille und Sehprobe). Nach der DIN 58220 Teil 3 Prüfung für Gutachten sind Abweichungen von ± 5 % maximal erlaubt: für 40 cm sind dies nur 2 cm (von 38 cm bis 42 cm) und für 25 cm nur 1,25 cm (von 23,75 cm bis 26,25 cm). Wegen des etwas größeren Toleranzbereiches ist primär der Abstand von 40 Zentimetern zu bevorzugen, obwohl diese Entfernung für jüngere Patienten nicht physiologisch ist. In diesen Fällen kann auf 33 cm übergegangen werden. Im Vergleich zum Fernvisus ist es also beim Nahvisus viel wichtiger, den Leseabstand konstant und richtig einzuhalten. Dies trifft besonders die Visusprüfung bei Kindern oder schlechter sehenden Jugendlichen, die durch eine Verringerung des Abstandes versuchen, bessere Ergebnisse zu erzielen.

Bei den angebotenen Lesetafeln ist der angegebene Abstand nicht identisch: Lesetafeln der Fa. Zeiss mit 40 cm, Birkhäusertafeln mit 30 cm, Lesetafeln der Fa. Oculus mit 30 oder 40 cm. Die „alten", originalen Nieden-Texte und die Jaeger-Tafeln (‚Jaeger reading test chart') sind nicht zu empfehlen, da Nieden 1 den Visuswert 0,75 und Jaeger 1 den Visuswert 1,0 bedeuten, die niedrigeren Abstufungen der Visuswerte bei beiden Texten nicht logarithmisch abgestuft sind und unterschiedliche Schrifttypen benutzt werden. In den USA (Flugverkehr) und in Österreich werden trotz dieser gravierenden Nachteile noch Nahvisuswerte nach Jaeger gefordert. In Deutschland sollten weder die alten Nieden-Tafeln noch die Jaeger-Tafeln für gutachtliche Zwecke verwendet werden.

Verfärbte oder abgegriffenen Tafeln müssen zeitgerecht erneuert werden. Die Bestellung neuer Leseproben erfolgt über die allgemeinen Ausstattungsfirmen von Augenarztpraxen. Weiterführende Hinweise und Internetadressen sind soweit verfügbar als Tabelle 2 angefügt.
Die Leuchtdichte sollte wie beim Fernvisus zwischen 80 und 320 cd/m² liegen (die empfohlene Leuchtdichte in einem Büro liegt bei 300 bis 600 cd/m²), jede Blendung ist zu vermeiden. Bei presbyopen

Patienten ist auf die adäquate Nahaddition für die benutzte Prüfentfernung zu achten. Bei einem Tremor des Patienten sollte der Lesetext vom Untersucher gehalten werden.

Bei Analphabeten, Kindern im Vorschulalter, Patienten mit zentralen Sehstörungen (z. B. visuellen Agnosien) oder nicht lösbaren Sprach- oder Leseproblemen kann auf die Untersuchung von Landoltring-Reihentests mit 17,2´ Abstand ausgewichen werden. Dabei sollte der gefragte Landoltring mit einem Zeigeinstrument in entsprechendem Abstand von unten eindeutig gezeigt werden. Das Abdecken der umgebenden Landoltringe ist natürlich nicht zulässig.

1a.6.
Befunddarstellung

Bei der Dokumentation der Nahsehschärfe sollte die Prüfentfernung und die Art der Sehprobe mit angegeben werden. Wurde in anderen Entfernungen geprüft, so muss die Sehschärfe auf den richtigen Visuswert umgerechnet werden: werden die Birkhäusertexte mit einem Wert von 0,6 in 10 cm gelesen, so ist die Nahsehschärfe nur 0,2. Es sollte notiert werden, dass der Nahvisus 0,2 ist, dieser aber in 10 cm geprüft wurde. Bei der Dokumentation des Lesevermögens muss die Art des Lesetextes, die Anzahl der Fehler, die Geschwindigkeit und das Verständnis notiert werden: Birkhäusertexte der Stufe 0,8 werden in 30 cm schnell und fehlerfrei gelesen.

1a.7.
Qualitätskriterien

Wie bei der Prüfung der Sehschärfe für die Ferne müssen die physikalischen und prüftechnischen Bedingungen exakt eingehalten und auch notiert werden. Die gutachtliche Visusprüfung unterscheidet sich sehr deutlich von derjenigen, die zur Bestimmung von Brillengläsern oder für die Routinediagnostik gemacht werden. Damit ist grundsätzlich von der Verwendung von Zahlen abzuraten. Wenn in Ausnahmefällen im Krankenblatt nur ein Zahlenvisus notiert ist, so kann dieser Wert unter Vorbehalt z. B. dem Versorgungsamt zur Beurteilung der MdE mitgeteilt werden, unter Angabe der verwendeten Tafelsysteme bzw. der benutzten Optotypen.

In der englischsprachigen Literatur wird als Visuswert oft der logMAR-Wert angegeben (**M**inimum **A**ngle of **R**esolution): die Lückengröße des Landoltringes (in Winkelminuten) wird logarithmiert und als Sehschärfe in logarithmischer Abstufung angegeben (4). Bei einem Visus 1,0 ist die Lückengröße des Landoltringes 1 Minute groß, dies entspricht einem logMAR von 0. Bei einem Visus 0,1 ist die Lückengröße 10 Minuten, dies entspricht einem logMAR von 1. Bei schlechterem Visus steigt also der logMAR-Wert. Besser wäre es den Visuswert selbst zu logarithmieren: Visus 1,0 entspricht einem logVisus von 0. Visus 0,1 entspricht einem logVisus von -1, also 10 logarithmische Stufen schlechter als Visus 1,0. Mathematisch ausgedrückt ist: logVisus = – logMAR (siehe unten stehende Tabelle 1).

1a.8.
Literatur

1. DIN-EN ISO 8596 und 8597 "Sehschärfeprüfung,", Beuth Verlag, Berlin, Köln, Mai 1996
2. DIN 58220 "Sehschärfebestimmung" Teil 3, 4, 5 und 6 Beuth Verlag, Berlin, Köln, Januar 1997
3. Empfehlung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft zur Fahreignungsbegutachtung für den Straßenverkehr (2003)
4. Ferris FL, Kassof A, Bresnick GH, Bailey I (1982): New visual acuity charts for clinical research. Am J Ophthalmol 94:91-96
5. Graef M (2004): Strategien der Visusbestimmung. Klin Monatsbl Augenheilkd 221:557-565
6. Kolling G, Höltzke P (1995) Ein neuer Silbentext zur Prüfung des Nahvisus. Ophthalmologe 92:56-60

7. Radner W, Willinger U, Obermaer W, Mudrich C, Velikay-Parel M, Eisenwort B (1998) Eine neue Lesetafel zur gleichzeitigen Bestimmung von Lesevisus und Lesegeschwindigkeit. Klin Mbl Augenheilkd 231:174-181
8. Richtlinien und Untersuchungsanleitungen. Berufsverband der Augenärzte Deutschlands e.V. (2003) Hrsg. Gramberg- Danielsen B
9. Wilhelm H (2004): „Herr Doktor, wie viel sehe ich eigentlich?“ Klin Monatsbl Augenheilkd 221:555-556
10. Hahn GA, Weismann M, Trauzettel-Klosinski S (2004) Sehschärfenprüfung im Low-vision-Bereich. Klin Monatsbl Augenheilkd 221:1063-1069
11. Hahn GA, Penka D, Gehrlich C, Messias A, Weismann M, Hyvärinrn L, Leinonen M, Feely M, Rubin G, Dauxerre C, Vital-Durand F, Featherston S, Dietz K, Trauzettel-Klosinski S (2006) New standardised texts for assessing reading performance in four European languages. Br J Ophthalmol 90:480-484

1a.9.
Tabellen

Tabelle 1a.9.1 Visuswerte bzw. -äquivalente verschiedener Lesetafeln
Tabelle 1a.9.2. Internetadressen
Tabelle 1a.9.3. Radner Lesetafeln

Tabelle 1a.9.1. Visuswerte bzw. -äquivalente verschiedener Lesetafeln.

Visuswerte bzw. -äquivalente verschiedener Lesetafeln												
Sehschärfewerte					Aktuelle Lesetafeln		Historische Lesetafeln			Low Vision		
logMAR[1] logRAD[2] 40 cm	logVisus 40 cm	Visuswerte für Prüfdistanzen von **40 cm** I 32 cm I 25 cm			OCULUS[3] 40 cm	RADNER[4] 40 cm	Birkhäuser[5] 32 cm	Nieden 30 cm	Jaeger[6] 32 cm	[8] Visus-äquivalente 25 cm	Vergrößerungsbedarf	
											ZEISS[9]	Eschen-bach[10]
-0,2	0,2	**1,6**	1,25	1,0	-	1,6	1,5	-	-	0,23	1x	1x
-0,1	0,1	**1,25**	1,0	0,8	1,25	1,25	1,25	-	-	0,2	1,25x	1,25x
0,0	**0,0**	**1,0**	**0,8**	**0,63**	**1,0**	**1,0**	**1,0**	**-**	**-**	0,14	1,6x	1,6x
0,1	-0,1	**0,8**	0,63	0,5	0,8	0,8	0,8	N1 ≈ 0,75	-	0,11	2x	2x
							0,7			0,09	2,5x	2,5x
0,2	-0,2	**0,63**	0,5	0,4	0,6	0,63	0,6 ↔ 0,63	N2 ≈ 0,60	J1 = 0,59	0,07	3x	3x
0,3	-0,3	**0,5**	0,4	0,32	0,5	0,5	0,5	N2 = 0,50	-	0,06	4x	4x
0,4	-0,4	**0,4**	0,32	0,25	0,4	0,4	0,4	N4 ≈ 0,40	J2 = 0,41	0,05	5x	5x
0,5	-0,5	**0.32**	0,25	0,2	0,32	0,32	0,3	N6 ≈ 0,33	J3 = 0,36	0,04	-	6,25x
0,6	-0,6	**0,25**	0,2	0,16	0,25	0,25	-	N9 = 0,25	J4 = 0,26	0,036	6,25x	-
									J5 = 0,24[7]	0,03	8x	8x
									J6 = 0,24[7]	0,024	10x	10x
0,7	-0,7	**0,2**	0,16	0,125	0,18	0,2	0,2	-	J8 = 0,21	0,02	12,5x	12,5x
0,8	-0,8	**0,16**	0,125	0,1	0,16	0,16	-	N10 = 0,15	J9 = 0,17	0,015	16x	16x
0,9	-0,9	**0,125**	0,1	0,08	0,125	0,125	-	-	-	0,012	20x	-
1,0	-1,0	**0,1**	0,08	0,063	0,1	0,1	Zahlen	N11 = 0,08	-	0,001	25x	-
1,1	-1,1	**0,08**	0,063	0,05	0,08	0,08	-	-	-			
1,2	-1,2	**0,063**	0,05	0,04	-	0,063	-	-	-			

Zur Übersicht Tabellen

[1]Der logMAR-Wert: „Minimum Angle of Resolution“ (entspricht z. B. beim Landoltring dem „minimum separabile“). Der logMAR-Wert hat im Vergleich zum (minus)-logVisus-Wert ein umgekehrtes Vorzeichen, weshalb der logVisus mit sinkender Sehschärfe kleiner wird.

[2]Der logRAD-Wert ist das Lesevisusäquivalent des logMAR-Wertes (logReading-Acuity-Determination).

[3]Die Visuswerte der OCULUS Nahsehprobe werden auch für 25 cm und 30 cm angegeben..

[4]Die Visuswerte auf den RADNER Lesetafeln werden für 32 cm, 40 cm und 1 Meter angegeben (1m für die Flugtauglichkeitsuntersuchung nach JAR). Für alle Distanzen sind auch die logRAD Werte angeführt. Eine Umrechnungsskala auf jeder Tafel ermöglicht eine freie Wählbarkeit der Prüfdistanz. Die Radner Lesetafeln sind in verschiedenen Sprachen erhältlich.

[5]Nicht mit dem Original (Birkhäuser 1911, Bern) übereinstimmender Nachdruck nach Gloor. Die angegebenen Visuswerte passen besser zu einer Prüfdistanz von 32 cm als zu den darin empfohlenen 30 cm.

[6]Fehlerhafte deutschsprachige Nachahmung der Jaegertafeln unbekannter Herkunft (nach 1945), deren Abstufungen und Druckqualität mangelhaft sind und nicht dem Original (1858 bis 1896) entsprechen. Diese Leseproben sind nicht mehr erhältlich; noch im Umlauf befindliche Jaegertafeln sind für gutachterliche Zwecke nicht geeignet.

[7]Jaeger 5 und Jaeger 6 sind gleich groß. Die verwendeten Schriftfamilien, die Spationierung und der Zeilenabstand unterscheiden sich.

[8]Visusäquivalente teilweise gerundet.

[9]Auf den ZEISS-Tafeln werden keine Visuswerte angegeben, sondern lediglich der Vergrößerungsbedarf für verschiedene Schriftgrößen bei einer Lesedistanz von 25 cm.

[10]Die auf den Eschenbach-Tafeln angeführten Visuswerte sollen jenem Fernvisus entsprechen, der eine Lesefähigkeit bei der entsprechenden Schriftgröße erlaubt. Diese Visuswerte entsprechen den rechnerisch für die Schriftgrößen errechneten Nahvisuswerten nicht (zB.: Vergrößerungsbedarf: 1x – Visus cc: 0,5; errechneter Visus bei 25 cm: ca. 0,24).

Tabelle 1a.9.2. Internet-Adressen

Birkhäuser-Text	Der Birkhäuser-Verlag druckt sie nicht mehr. Sie sind aber weiterhin über die bekannten Ausstatterfirmen für Augenärzte zu beziehen.
C-Test nach Haase/Hohmann (= Landoltring-Reihen-Test)	http://www.oculus.de (Hersteller und Vertrieb)
Lesetafeln der Fa. OCULUS	http://www.oculus.de (Hersteller und Vertrieb)
Radner-Tafeln	http://www.precision-vision.com oder http://www.neumed.at
ZEISS-Nahsehprobe	http://www.vision.zeiss.de über Augenarztausstatter zu beziehen

Zur Übersicht Tabellen

Tabelle 1a.9.3. RADNER-Lesetafeln

Bezeichnung der Leseprobe	**Radner Lesetafeln**
Art der Sehzeichendarbietung (gedruckt / von hinten durchleuchtet)	Gedruckte Sehtesttafeln (Format DIN A4)
Anzahl der Sehzeichen pro Visusstufe	Lesetexte (Satzoptotypen mit 14 Wörtern pro Visusstufe) Ziffern (5 pro Visusstufe) Landoltringe (8 pro Visusstufe)
Verwendete Schriftfamilien (Fonts)	Schriftart: Helvetica Ziffern: nach Radner-Götlinger
Überprüfter Sehschärfebereich	Für Prüfentfernung 40 cm: Lesetexte: 0,064 – 1,6; Ziffern: 0,1 - 2,0; Landoltringe: 0,1 - 2,0.
Abstufung	Logarithmisch äquidistante Abstufung nach DIN/EN/ISO 8596 (Größenänderung: Faktor 1,2589 = 0,1 log Einheiten) Insgesamt enthält der Test Lesetexte: 14 Visusstufen Ziffern: 14 Visusstufen Landoltringe: 13 Visusstufen
Abbruchkriterium für den Lesevisus:	Lesedauer > 20 Sekunden oder völlig entstellter Satzsinn
Abbruch-Kriterium für die Einzeloptotypentests	Es gelten die allgemein üblichen Vorgehensweisen für Zahlen und Landolt-Ringe nach DIN 58220-Teil 3 und Teil 5.
Prüfentfernung(en), für die die Visuswerte der Optotypen vom Hersteller angegeben sind.	40 cm, 32 cm und 1 Meter für die Flugtauglichkeitsuntersuchungen nach JAR (Texte, Landolt Ringe und Zahlen)
Kompatibilität mit DIN 58220 –Teil 3	Ja
Möglichkeit zur Überprüfung der Prüfentfernung in das Gerät / in die Tafeln integriert?	Nein
Empfohlene Leuchtdichte des Prüffelds	80 – 120 cd/m²
Michelson-Kontrast des / der Prüfzeichen	Ca. 1,0
Welche Messgrößen für die Sehschärfe können ermittelt werden?	- Visus (40 cm, 32 cm und 1 Meter) - logRAD (Reading Acuity Determination = Leseäquivalent von logMAR) - Critical Print Size (CPS)

Welche sonstigen Messgrößen können ermittelt werden?	Lesegeschwindigkeit logRAD-score Reading-score
Besonderheiten	1) Erhältlich in den Sprachen: Deutsch, Englisch, Französisch, Italienisch, Spanisch, Holländisch, Ungarisch, Schwedisch. (Türkisch und Portugiesisch sind in Produktion und für Dänisch werden derzeit die Satzoptotypen standardisiert). 2) Für jede Visusstufe können vier verschiedene Lesetafeln angeboten werden. 3) Die Tafeln bestehen aus folienkaschiertem Karton (Reinigung mit einem feuchten Tuch möglich). 4) Auf den Tafeln und in der Anleitung sind Korrekturwerte abgedruckt, die eine Verwendung in anderen Prüfdistanzen als 40 cm, 32 cm und einen Meter ermöglichen. 5) Zusätzlich zu den ringebundenen Lesetafeln im Format DIN A4 wird eine „kleine Lesetafel“ im Format DIN A5 mitgeliefert, mit der die Nahfunktion mit Texten und Zahlen geprüft werden kann. 6) Die Testsätze (Satzoptotypen) wurden durch eine Vielzahl von Normierungen harmonisiert, wie z.B. die Anzahl, Länge und Position der Wörter, die Anzahl der Silben und jene der Zeichen („number of characters including spaces“ nach Carver 1990). Darüber hinaus sind ein gleichmäßiger, definierter Schwierigkeitsgrad und eine gleichförmige Lesedauer nachgewiesen. Die Reliabilität und die Validität der Testsätze sind nachgewiesen. Eine „Test-Retest-Analyse“, eine „Interchart Reliability“ und eine „Variance Component“ Analyse der Lesetafeln selbst liegen für alle Leseparameter vor.
Wurde die Erkennbarkeit der Ziffern in einer wissenschaftlichen Untersuchung an die Erkennbarkeit der Landoltringe angepasst?	1) Radner W, Willinger U, Obermayer W, Mudrich C, Velikay-Parel M, Eisenwort B. A new reading chart for simultaneous determination of reading vision and reading speed. *Klin Monatsbl Augenheilkd.* 1998;213:174-181. 2) Radner W, Obermayer W, Richter-Mueksch S, Willinger U, Velikay-Parel M, Eisenwort B. The validity and reliability of short German sentences for measuring reading speed. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2002;240:461-467. 3) Stifter E, Konig F, Lang T, Bauer P, Richter-Muksch S, Velikay-Parel M, Radner W. Reliability of a standardized reading chart system: variance component analysis, test-retest and inter-chart reliability. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2004;242:31-39.

Hersteller / Vertrieb in Deutschland	**Deutsche Lesetafeln:** NEUMED AG Bahnstraße 16, A-2111 Harmannsdorf Tel: +43 2264 40400, Fax: +43 2264 40400-7 E-Mail: info@neumed.at; http://www.neumed.at **Englisch, Spanisch, Holländisch, Italienisch, Schwedisch, Ungarisch,und weitere):** Precision Vision 944 First Street, La Salle, IL 61301, USA Tel: 001 800-772-9211, Fax: 001 815-223-2224 E-Mail : info@precision-vision.com; http://www.precision-vision.com/ **Französische Lesetafeln:** HAAG-STREIT FRANCE 55, Rue Paul Girod, F - 73025 CHAMBERY Cedex Tel : +33 4 79 70 61 75, Fax :+33 4 79 70 61 71 E-Mail : info@haag-streit.fr; http://www.haag-streit.fr **Holländische Lesetafeln:** The Rotterdam Eye Hospital, attn. Financial Department FA P.O.Box 70030, 3000 LM Rotterdam, The Netherlands. E-Mail: Crediteuren@oogziekenhuis.nl Bei Fragen direkte Kontaktaufnahme: Prof. Dr. Wolfgang Radner, Mollgasse 11, A-1180 Wien, Österreich

Zur Übersicht Tabellen

2.
Automatische statische Perimetrie

2.1.
Untersuchungsziel

Mit der automatischen statischen Perimetrie wird die topographische Verteilung der Empfindlichkeit für Lichtunterschiede innerhalb des Gesichtsfeldes geprüft, am häufigsten mit ortsfesten Reizen wechselnder Leuchtdichte (statische Perimetrie). Die Verwendung bewegter Reize (kinetische Perimetrie) bei automatischen Geräten ist im Kapitel "Kinetische Perimetrie" abgehandelt.

2.2.
Definition

Das Gesichtsfeld ist die Summe aller visuellen Sinneseindrücke, die von einer Person bei unbewegtem Auge wahrgenommen werden können. Als automatisches Perimeter oder Computer- Perimeter bezeichnet man ein Gerät, welches die für die Untersuchung des Gesichtsfeldes erforderlichen Prüfreize erzeugt und dem zu untersuchenden Auge in geeigneter Weise nach einem computergesteuerten Algorithmus darbietet. Daneben ermöglicht das Gerät die Eingabe der erforderlichen Probandendaten und Programmparameter, die Registrierung und Verwertung der Antworten und ggf. die automatische Überwachung der Fixation, die Überprüfung der physikalischen Parameter und schließlich die Ausgabe des Befundes in verschiedenartigen Formaten und Medien, wie z.B. Papierausdruck, Bildschirmdarstellungen, Datenanalysen und Datenübergabe an Rechnersysteme.

2.3.
Indikation

Die automatische Perimetrie wird einerseits bei differenzierten Eignungstests, z.B. zur Flugtauglichkeit, andererseits diagnostisch zur Abklärung von Sehstörungen, zur Lokalisationsdiagnostik zentraler und peripherer Sehbahnläsionen und zur Verlaufskontrolle bekannter Gesichtsfelddefekte eingesetzt. Zur Untersuchung von Patienten mit erheblich eingeschränkter Kooperation eignet sich dagegen eher die manuelle kinetische Perimetrie (sh. Kapitel "Kinetische Perimetrie") Diese ist für die Begutachtung zur Kraftfahrtauglichkeit ("FeV"), im Sozialversicherungs- bzw. im Blindenwesen und bei der gesetzlichen und privaten Unfallversicherung unverzichtbar, zumindest bei hierdurch nachgewiesenem Entschädigungs- oder Leistungsanspruch.
Für die Diagnostik bei Patienten mit hinreichender Mitarbeit wird hingegen ganz überwiegend die automatische Perimetrie angewandt. Die vorwählbare Genauigkeit der statischen Empfindlichkeitsmessung und die definierte Dichte des Prüfpunktrasters lassen bei automatisch überwachten physikalischen Eigenschaften des Gerätes eine hohe Sensitivität und Reproduzierbarkeit der Befunde erwarten. Verschiedene Qualitätsindikatoren erlauben eine Abschätzung der Verlässlichkeit des Befundes. Die statische automatische schwellenbestimmende Perimetrie wird überwiegend im zentralen Gesichtsfeldbereich innerhalb von 30° angewandt. Für das periphere Gesichtsfeld empfiehlt sich eher der Einsatz schwellennah- überschwelliger Schnellstrategien, der computergesteuerten kinetischen Technik oder alternativ die manuelle kinetische Perimetrie (sh. Kapitel "Kinetische Perimetrie").

2.4.
Fehlerquellen

Die vom Untersucher ausgehenden wesentlichen Fehlerquellen sind eine mangelhafte Einweisung, Positionierung und Führung des Probanden, ungeeignete oder ggf. fehlende Nahkorrektur, das Übersehen von Störfaktoren wie Raumgeräusche, Hektik oder Streulicht, die fehlende Berücksichtigung der Pupillenweite und eine unangemessene Wahl des Programms oder der Testparameter.

Die vom Probanden ausgehenden Fehlerquellen sind u.a. schlechte Motivation, mangelndes Verständnis, unstete Kopfposition insbesondere bei Vorsetzen von Korrekturgläsern, ein herabhängendes Oberlid, Fixationsunruhe, falsch positive oder falsch negative Antworten (sh. Absatz 6 Qualitätsindikatoren) ein wechselndes Antwortkriterium (positive Antwort bereits bei schwellennaher oder erst bei stark überschwelliger Reizwahrnehmung), ein Lerneffekt bei perimetrisch unerfahrenen Patienten, stark verzögerte oder unsichere Antworten oder eine rasche Ermüdung.

Die vom Gerät ausgehenden Fehlerquellen sind in aller Regel durch automatische Kontrollverfahren eliminiert bzw. durch Unterbrechung des Ablaufs kenntlich gemacht und als Fehlermeldung ablesbar. Das Eindringen von Streulicht aus dem Untersuchungsraum muss vermieden werden. Der Anpassung des zeitlichen Ablaufs der Darbietung der Prüfreize an die individuellen Antworten des Patienten sind gewisse Grenzen gesetzt.

2.5.
Befunddarstellung, -wiedergabe und Interpretation

Für die Wiedergabe von Lichtunterschieds- Empfindlichkeiten wird meist die Dezibelskala benutzt. In dieser logarithmischen Skala werden absolute Ausfälle mit dem Wert 0 dargestellt, eine hohe Empfindlichkeit im zentralen Gesichtsfeld mit Werten von 30 - 40 dB. Der Wert 0 ist abhängig von der maximalen Prüfpunkthelligkeit, die Skala ist also gerätespezifisch. Die Wiedergabe in interpolierten Graustufen ähnelt der Isopterendarstellung der manuellen Perimetrie mit vollständiger Schwärzung im Bereich geringer Empfindlichkeit und mit hellen Grauwerten bei hoher Empfindlichkeit. Abweichungen von der Altersnorm lassen sich in einem Differenzausdruck ebenfalls in Dezibel als "relative Empfindlichkeit" in Graustufen oder als Zahlenwerte ausgeben. In einem numerischen Differenzausdruck wird zuweilen nur dann ein Zahlenwert angegeben, wenn der Empfindlichkeitsverlust einen gewissen Mindestbetrag von 4 - 6 dB überschreitet. Zur Überprüfung der Normalität der als "normal" vermerkten Prüforte eignet sich die kumulative Defektkurve ("Bébié- Kurve"). Hierbei werden die einzelnen Schwellenwerte von ihrem Gesichtsfeldort entkoppelt und nur nach ihrer Abweichung von der Norm sortiert. 3D- Ausdrucke oder Profilschnitte dienen allenfalls der Anschaulichkeit oder einer Detailinformation. Für die Skalierung der Abweichung von der Empfindlichkeitsnorm lässt sich auch das "Signifikanzniveau der Abweichung" verwenden. Die Wahrscheinlichkeit, mit welcher der jeweilige Schwellenwert in einer alterskorrigierten Normalpopulation beobachtet wurde, ist hierbei als Grausymbol ausgegeben. Daher kommt ein bestimmter Empfindlichkeitsverlust bei parazentraler Lage auffälliger zum Ausdruck als peripher, wodurch seine klinische Relevanz besser abgebildet werden soll.

Die Interpretation eines Gesichtsfeldes muss die Qualitätsindikatoren (sh. Absatz 6 Qualitätsindikatoren) zur Abschätzung der Zuverlässigkeit beachten. Als erstes wird die Normalität eines Befundes beurteilt, als zweites die Art einer Abweichung vom Normalbefund in diffus oder lokalisiert differenziert. Danach bewertet man die topographische Anordnung lokalisierter Ausfälle (z.B. Nervenfaser- oder Quadrantenausfall?). Als letztes müssen die Befunde beider Augen miteinander in Beziehung gesetzt werden (homo- oder heteronym?). Kennwerte (Indizes) vereinfachen die Befundinterpretation durch Quantifizierung typischer Eigenschaften eines Gesichtsfeldes mit Hilfe einer Datenreduktion, oftmals unter Verlust der Ortsinformation. Hierdurch lässt sich die Verlaufsbeurteilung vereinfachen. Die am häufigsten gebrauchten Indizes sind der mittlere Empfindlichkeitsverlust (MD, Mittelwert aller Abweichungen von der

alterskorrigierten normalen Empfindlichkeit), der besonders auf diffuse Schäden anspricht, und die Verlustvarianz (Varianz der einzelnen Abweichungen von der Altersnorm an allen Positionen), die ein Maß für die Irregularität der Defekte darstellt. Bei der bevorzugt angewandten korrigierten Verlustvarianz (CLV bei Octopus- Geräten oder CPSD bei Humphrey- Geräten) ist die Verlustvarianz um die Kurzzeitfluktuation (mittlere quadratische Abweichung von Doppelbestimmungen) korrigiert. Zur globalen Befundinterpretation hat sich darüber hinaus die o.g. kumulative Defektkurve bewährt. Die Werte für die Indizes lassen sich bei den unterschiedlichen Perimetern nicht unmittelbar miteinander vergleichen.

Für Verlaufskontrollen sollten die Messparameter und die verwendete Strategie möglichst beibehalten werden. Bei der Interpretation von Befundänderungen sind neben Fehlerquellen (sh. Absatz 4 Fehlerquellen) auch zunehmende Linsentrübungen, Änderungen der Pupillenweite, Übungs- und Ermüdungseffekte oder die Langzeitfluktuation zu berücksichtigen. Besonders der erste Befund eines perimetrisch noch unerfahrenen Patienten muss zurückhaltend beurteilt werden. Im Zweifelsfall hilft eine kurzfristige Wiederholung oder ein alternatives Verfahren, z.B. die manuelle Perimetrie. Qualitätsindikatoren () lassen die Verlässlichkeit eines Befundes abschätzen. Eine dauerhafte Speicherung der Einzelbefunde in einer Datenbank erleichtert die Verlaufskontrolle durch die Möglichkeit nachträglicher Analysen. Spezielle Computerprogramme haben zum Ziel, trotz der störenden Langzeitfluktuation eine Abschätzung signifikanter lokaler und globaler Trends zu ermöglichen. Hierfür wurden neben empirischen Bewertungskategorien verschiedene statistische Verfahren benutzt, z.B. ein t-Test oder lineare Regressionen. Auch die kumulative Defektkurve und Boxplots, welche einige Perzentile der Schwellenwerte abbilden, eignen sich zur globalen Verlaufsbewertung.

2.6. Qualitätskriterien

Ein typischer Qualitätsindikator ist die Rate falscher Antworten auf Fangfragen. Der Proband hat eine falsch positive Antwort gegeben, wenn er die Antworttaste drückt, obwohl ein Prüfreiz nur vorgetäuscht bzw. nur ein akustisches Aufmerksamkeitssignal gegeben worden war. Dies tritt gehäuft bei "Vieldrückern" auf, die besonders gut mitarbeiten wollen, jedoch besser instruiert werden müssen. Eine falsch negative Antwort bedeutet, dass der Prüfling die Taste nach einem starken Reiz nicht drückt, obwohl bereits zuvor eine ausreichende Empfindlichkeit an dieser Position gefunden worden war. Solche Antworten kommen bei Konzentrationsmangel und bei stark oder irregulär geschädigten Gesichtsfeldern gehäuft vor. Ein weiterer Qualitätsindikator ist die Anzahl der Fixationsverluste, die sich aus der Darbietung starker Prüfreize im blinden Fleck oder gering überschwelliger Reize am Fixierort ergeben. Die Gesamtzahl der Darbietungen und Wiederholungen und die Untersuchungsdauer sind bei zahlreichen widersprüchlichen Antworten, bei Fixationsverlusten oder bei verlängerter Reaktionszeit erhöht. Eine erhöhte Kurzzeitfluktuation ergibt sich aus divergierenden Werten bei Doppelbestimmungen der Schwelle (mittlere quadratische Abweichung), ggf. auch aus Plausibilitätsberechnungen aus den Antworten bei der Schwellenbestimmung.

2.7. Literatur

1. Kaiser, H.J., J. Flammer: Gesichtsfeldatlas. User, Basel (1991)
2. Lachenmayr, B., P.M.O. Vivell: Perimetrie. Thieme, Stuttgart (1992)
3. Gloor, B. (Hrsg.): Perimetrie - Mit besonderer Berücksichtigung der automatischen Perimetrie. Enke, Stuttgart (1993)
4. Weber, J.: Atlas der Computer- Perimetrie. Springer, Berlin (1993)
5. Dannheim, F.: Perimetrie. In: Straub, W. et al. (Hrsg.): Augenärztliche Untersuchungsmethoden, Kap. 14, Enke, Stuttgart (1995)

6. Neue Richtlinien zur Perimetrie im Gutachtenwesen finden sich im "grauen Ordner" des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands (Ausgabe 2000). In Kürze wird eine internationale Industrienorm für Perimeter veröffentlicht werden (ISO- Norm 12866). Diese bezieht sich überwiegend auf die physikalischen Eigenschaften der Geräte. Die aufgelisteten Perimeter halten voraussichtlich ausnahmslos die neue Norm ein.

2.8.
Gerätetabelle (Anhang)

Der Geräteanhang gibt in alphabetischer Reihenfolge eine Übersicht zu den Eigenschaften einiger auf dem deutschen Markt angebotener oder noch gebräuchlicher Computer- Perimeter (Stand: Herbst 1999). Die Daten beruhen auf Angaben der Hersteller. Sie sind angeordnet wie bei Gloor (1993) S. 59-103, s. Literaturverzeichnis.
Die Charakterisierung der Reize umfasst ihre Erzeugung (Projektionssystem, LED usw.) und die Sichtbarkeit der Orte im nicht stimulierten Zustand ("Maskierung"). Die *Reizmarkengrößen* sind im Goldmann Standard, bei Abweichung in Winkelminuten wiedergegeben, die *Farben* der Stimuli werden durch die entsprechende Wellenlänge charakterisiert. Der *Leuchtdichtebereich* des Reizes gibt den Leuchtdichtezuwachs, also die Differenz zwischen der Leuchtdichte des Reizes und seines Umfeldes, für den lichtschwächsten und den hellsten Reiz in cd/ m² wieder. Der *Kontrastbereich* nennt den schwächsten und stärksten Kontrast, ausgedrückt als Quotient zwischen Leuchtdichtezuwachs und Umfeldleuchtdichte (hierbei wird – sofern gerätetechnisch realisiert – auf die aktuell am häufigsten eingesetzte Umfeldleuchtdichte, d.h. auf 10 cd/m², referenziert). Die *Lichtunterschiedsempfindlichkeit* (LUE) ist die Umkehrfunktion des Kontrastes: Die Werte sind in Dezibel (dB) angegeben, dem negativen 10fachen dekadischen Logarithmus der LUE. Der *LUE-Normalwert* für einen 20jährigen in einer Exzentrizität von10° ist in Klammern aufgeführt. Sofern nicht anders vermerkt, wird dieser mit +10 dB angenommen. Bezüglich der dynamischen Breite wird es als nicht sinnvoll betrachtet, den gesamten Bereich zwischen minimalem und maximalem LUE-Wert anzugeben, da sehr lichtschwache Reizmarken nur selten vorkommen. Sinnvoller erscheint es daher, die sog. *nutzbare dynamische Breite* aufzuführen. Diese gibt die Differenz zwischen dem Normalwert der LUE für einen 20-jährigen in einer Exzentrizität von 10° (+10 dB, s.o.) und dem Wert für die niedrigste darstellbare LUE in dB (entsprechende dem gerätespezifisch maximal darstellbaren Kontrast) an. (Bei einem Stimulus LUE-Bereich von -25 dB bis +25 dB und einem LUE-Normert von +10 dB beträgt die *gesamte* dynamische Breite des Geräts (+25 dB – [-25 dB] =) 50 dB und die *nutzbare* dynamische Breite (+10 dB – [-25 dB] = 35 dB).

Weitere Details zu Definitionen der aufgelisteten Merkmale der Geräte finden sich bei Gloor (1993) S. 71-72.

Anhang – Geräteliste:
2.8.1. Kowa AP-5000C
2.8.2. DiconPerimeter
2.8.3. Humphrey Field Analyzer bis 1994
2.8.4. Humphrey Field Analyzer ab 1995
2.8.5..Octopus 1-2-3
2.8.6. Octopus 500 EZ, 2000 R
2.8.7. Octopus 101
2.8.8. Octopus 900
2.8.9. Perimat 206
2.8.10. Peristat 433
2.8.11. TAP cc / TAP 2000 / TAP 2000 ct
2.8.12. TEC cc
2.8.13. Twinfield

2.8.14. Centerfield
2.8.15. Easyfield-Perimeter
2.8.16. Perivist / Compact
2.8.17. Medmont-Perimeter
2.8.18 Kowa AP 7000

2.8.1. Kowa AP-5000C

Gerät	Name/ Hersteller	Kowa Company Ltd. / Kowa Europe GmbH Typ AP-5000C
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm / Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß / 10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Projektionsperimeter / ja
	Größe	Goldmann I, II, III, IV, V
	Farbe	weiß, rot, grün, blau
	Leuchtdichtebereich	0,032 bis 3183 cd/m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,0032 bis 318 (0,1)
	LUE-Bereich (Norm)	+25 dB bis -25 dB (+10 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	35 dB
	Dauer	100–1000 ms einstellbar
Punktraster	Gradbereich	0° - 80°
	max. Punktzahl	>10.000
	max. Dichte 0-10/10-20/20-30°	1° / 1° / 1°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	5 dB
	Schwellenmessung	4 dB / 2 dB
Kontrollen	Fixation visuell	Videodarstellung am PC
	Fixation automatisch	Stimuli im blinden Fleck (Heijl Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv / falsch negativ
Daten	Speicher	Auf PC bzw Netzwerk
	Druckertyp/ Format	Beliebig Tintenstrahl, Laser, PDF
	Auswertungsprogramme	inklusive
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	Eingabe über PC, Einbindung in Praxis EDV möglich, netzwerkfähig
	Kopfpositionierung	Positionierung über elektromotorische Kinn- und Stirnstütze, Steuerung erfolgt über den Computer

Zur Geräteliste

2.8.2. Dicon- Perimeter

Gerät	Name/ Hersteller	Dicon Perimeter/ Vismed Inc. Dicon Typ LD 400
Umfeld	Abstand/ Form	33 cm/ flach,
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß/ 10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	LED Retroprojektion/ ja
	Größe	Goldmann IV
	Farbe	grün (570 nm)
	Leuchtdichtebereich	0,025 bis 3183 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,025 bis 318 (0,1)
	LUE-Bereich (Norm)	+26 dB bis -25 dB (+10 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	35 dB
	Dauer	250 ms

Punktraster	Gradbereich	0° - 60°
	max. Punktzahl	> 10.000 (kinetische Fixation)
	max. Dichte 0-10/10-20/20-30°	1°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	5 dB/ keine Quantifizierung oder Schwelle
	Schwellenmessung	6 dB/ 3 dB, Retest bei Abweichung
Kontrollen	Fixation visuell	Keine
	Fixation automatisch	Stimuli im blinden Fleck (Heijl-Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv, falsch negativ
Daten	Speicher	auf 3,5“ Diskette, Übertragen auf Festplatte (>500 MB)
	Druckertyp/ Format	Inkjet, Proprinter, Laserdrucker/ DIN A4
	Auswertungsprogramme	Fieldview Omega (extern)
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	2- Knopf- Bedienung am Perimeter, Patientendateneingabe am PC/ akustische Patientenführung (deutsch u. andere Sprachen)/ Ausgabe am PC oder Perimeter
	Kopfpositionierung	Stirnstütze (rechtes/ linkes Auge), keine Verstellung. Positionierung durch Erkennen von 4 LED' s verifiziert

Zur Geräteliste

2.8.3. Humphrey Field Analyzer bis 1994

Gerät	**Name/ Hersteller** **Typ**	**Humphrey-Field-Analyzer/Humphrey Instr. Inc./USA (Zeiss-Gruppe)** **HFA (Frühere Modelle): 605/ 606/ 610/ 611/ 620/ 630/ 635/ 640**
Umfeld	Abstand/ Form	33 cm/ flach, Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß/ 10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Projektion/ ja
	Größe	Goldmann III/ ab HFA 610: Goldmann I - V
	Farbe	Weiß/ ab HFA 610: weiß, rot, grün, blau
	Leuchtdichtebereich	0,025 bis 3183 cd/m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,025 bis 318 (0,1)
	LUE-Bereich (Norm)	+26 dB bis -25 dB (+10 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	35 dB
	Dauer	200 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 80°
	max. Punktzahl	> 10.000
	max. Dichte 0-10/10-20/ 20-30°	2°/ 2°/ 2° (in Profilen: 1°)
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	6 dB/ 1 Niveau - 2 Niveaus - quantitativ 2 dB
	Schwellenmessung	ab HFA 610: 4 dB/ 2 dB, Retest bei Abweichung
Kontrollen	Fixation visuell	Okular/ HFA 606/ 611, 630 und höher: Video
	Fixation automatisch	Stimuli im blinden Fleck (Heijl- Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv, falsch negativ (absolute Werte)
Daten	Speicher	ab 620: Disketten/ ab 635: Festplatte/ ab 640: Band
	Druckertyp/ Format	Matrixdrucker (Option: Laserdrucker)/ Briefbogen DIN A4
	Auswertungsprogramme	Option: Statpak (intern)/ Peridata (extern)
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	Lichtgriffel/ Monitor/ Menü (deutsch)

Kopfpositionierung	Mechanische Zentrierung, keine Abstandsregelung

Zur Geräteliste

2.8.4. Humphrey Field Analyzer ab 1995

Gerät	Name/ Hersteller Typ	Humphrey- Field- Analyzer/ Humphrey Instruments Inc, USA, Zeiss Gruppe HFA (Modelle seit 1995) Mod. Alpha/ 730/ 735/ 740/ 750
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm/ asphärisch (Patent)
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß/ 10 cd/m², optional gelb (Mod. 750)
Stimulus	System/ Maskierung	Projektion/ ja
	Größe	Goldmann I - V/ Mod. Alpha III
	Farbe	weiß (Mod. Alpha), weiß, rot, blau (Mod. 730/ 735/ 740/ 750)
	Leuchtdichtebereich	0,025 bis 3183 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,025 bis 318 (0,1)
	LUE- Bereich (Norm)	+26 dB bis -25 dB (+10 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	35 dB
	Dauer	200 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 90°
	max. Punktzahl	> 10.000
	max. Dichte 0-10/10-20/20-30/	2°/ 2°/ 2°
	30-90°	4
Strategie	Übersichtstest	
	Überschwellig/ Niveaus	6 dB/ 1 Niveau - 2 Niveaus – quantitativ 2 dB
	Schwellenmessung traditionell	4 dB/ 2 dB, Retest bei Abweichung
	dynamisch, optional SITA	10 dB-2 dB, Retest bei Abweichung
Kontrollen	Fixation visuell	CCD- Kamera und Monitor
	Fixation automatisch	Stimuli im blinden Fleck (Heijl-Krakau), Blickrichtungskontr. d. Hornhautreflexes bei laufender Auswertung (ab Mod. 740), automat. Blickrichtungsnachführung (Mod. 750)
	Fangfragen	Falsch positiv, falsch negativ (absolute Werte)
	Pupillendurchmesser	autom. Messung (Mod. 750)
Daten	Speicher	3 ½ “ Disketten, 270 MB Festplatte (Mod. 740) 540 MB Festplatte/ Streamer (Mod. 750)
	Druckertyp/ Format	externer Thermo- oder Laserdrucker DIN A4 (HP- Emulation)
	Auswertungsprogramme	Statpak, optional: Statpak für Windows (extern) Peridata (extern)
Bedienung	Eingabe/Ausgabe/Interaktion	Touchscreen (Bildschirmtastatur), optional Keyboard (Tastatur), optional externer Monitor, quasikinetische Perimetrie programmgesteuert
	Kopfpositionierung	über Servomotor mit Tiptaster automatische Nachführung bei Fixationsverlust (Mod. 750)

Zur Geräteliste

2.8.5. Octopus 1-2-3

Gerät	Name/ Hersteller Typ	Haag-Streit AG, Gartenstadtstrasse 10, 3098 Köniz, Schweiz 1-2-3
Umfeld	Abstand/ Form	Virtuell unendlich/ flach (Form der Bildebene)
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß/10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Direktprojektion /maskiert
	Größe	Goldmann III u. V
	Farbe	gelb (580 nm)
	Leuchtdichtebereich	0,013 bis 1337 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,013 bis 134 (0,08)
	LUE- Bereich (Norm)	+19 dB bis –21 dB (+11 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	32 dB
	Dauer	100, 200, 500 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 30°
	max. Punktzahl	>40000
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	0,25°/ 0,25°/ 0,25°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	4 dB/ 2 Niveaus
	Schwellenmessung	4 dB/ 2 dB, 2 dB Retest, optional dynamisch, TOP
Kontrollen	Fixation visuell	Video
	Fixation automatisch	Video
	Fangfragen	Falsch positiv und negativ (absolut und prozentual)
Daten	Speicher	15 Untersuchungen, extern unbegrenzt (PC)
	Druckertyp/ Format	extern Matrix-, Laser- Bubble- Jet-Drucker/ DIN A4
	Auswertungsprogramme	Indizes, Klartextbeschreibung intern, PeriData extern, PeriTrend extern
Bedienung	Eingabe/Ausgabe/Interaktion	Tastatur/ Monitor/ Menü (mehrsprachig, selektierbar), integrierbar in EDV- Systeme
	Kopfpositionierung	Zentrierung mechanisch/ Abstand mechanisch

Zur Geräteliste

2.8.6. Octopus 500 EZ, 2000 R

Gerät	Name/ Hersteller Typ	Haag-Streit AG, Gartenstadtstrasse 10, 3098 Köniz, Schweiz 2000 R, 500 EZ
Umfeld	Abstand/ Form	42,5 cm/ Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	Weiß/ 1,27 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Projektion/ ja
	Größe	Goldmann III und V
	Farbe	Weiß
	Leuchtdichtebereich	0,0025 bis 318 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,002 bis 250 (0,16)
	LUE- Bereich (Norm)	+27 dB bis -24 dB (+8 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	32 dB

	Dauer	100, 500 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 84°
	max. Punktzahl	> 80000
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	0,5°/ 0,5°/ 0,5°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	6 dB/ 2 Niveaus, 4 dB/ quantitativ 2 dB
	Schwellenmessung	4 dB/ 2 dB, Retest 2 dB
Kontrollen	Fixation visuell	Video
	Fixation automatisch	Video
	Fangfragen	Falsch positiv und negativ (absolut und prozentual)
Daten	Speicher	Disketten, 500EZ extern unbegrenzt (PC)
	Druckertyp/ Format	Matrixdrucker/ DIN A4, endlos oder Briefbogen, 500EZ interner Thermodrucker, Matrix-, Laser-, Bubble Jet- Drucker/ DIN A4
	Auswertungsprogramme	Octosoft, PeriData extern
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	Tastatur, 500EZ Lightpen/ Monitor/ Menü (mehrsprachig)
	Kopfpositionierung	Vertikal elektrisch, horizontal mechanisch, Abstand fest

Zur Geräteliste

2.8.7. Octopus 101

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Haag-Streit AG, Gartenstadtstrasse 10, 3098 Köniz, Schweiz 101**
Umfeld	Abstand/ Form	42 cm/ Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß/ 1,27 cd/m², 10 cd/m² (optional gelb/ 100 cd/m²)
Stimulus	System/ Maskierung	Projektion / ja
	Größe	Goldmann I bis V
	Farbe	weiß, blau (436 nm)
	Leuchtdichtebereich	0,032 bis 1274 cd/m² (blau 0,005 - 5 cd/m²)
	Kontrastbereich (Norm)	0,0032 bis 127,4 (0,16) für Hintergrund-Leuchtdichte 10 cd/m²
	LUE- Bereich (Norm)	+16 dB bis -30 dB (+8 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	38 dB
	Dauer	100, 200, 500 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 90°
	max. Punktzahl	> 80000
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	0,25°/ 0,25°/ 0,25°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	4 dB/ 2 Niveaus
	Schwellenmessung	4 dB/ 2 dB, 2 dB Retest, optional dynamisch, TOP Kinetik mit statischer Perimetrie kombinierbar
Kontrollen	Fixation visuell	Infrarot-Kamera
	Fixation automatisch	Infrarot-Kamera, Pupillenpositionskontrolle bei laufender Auswertung
	Fangfragen	Falsch positiv, falsch negativ (absolut und prozentual)
Daten	Speicher	Festplatte im Steuerteil oder im PC
	Druckertyp/ Format	beliebig (am Steuerteil oder PC angeschlossen) / A4
	Auswertungsprogramme	Integrierte Auswerte- Software (PeriTrend/EyeSuite),extern PeriData

Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	Tastatur + Maus am Windows-PC / Monitor / graphisches Menü
	Kopfpositionierung	vertikal und horizontal elektrisch

Zur Geräteliste

2.8.8. Octopus 900

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Haag-Streit AG, Gartenstadtstrasse 10, 3098 Köniz, Schweiz 900**
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm / Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß / 1,27 cd/m², 10 cd/m² (optional gelb / 100 cd/m²)
Stimulus	System/ Maskierung	Projektion / ja
	Größe	Goldmann I bis V
	Farbe	weiß, blau (436 nm), rot (610 nm)
	Leuchtdichtebereich	0,032 bis 3185 cd/m² (blau 0,005 - 5 cd/m²; rot: 0.12 – 120 cd/m^2)
	Kontrastbereich (Norm)	0,0032 bis 318,5 (0,16) für Hintergrund-Leuchtdichte 10 cd/m²
	LUE- Bereich (Norm)	+13 dB bis -34 dB (+8 dB)
	Dynamische Breite	42 dB
	Dauer	100, 200, 500 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 90°
	max. Punktzahl	> 1.000.000
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	0,1° / 0,1° / 0,1°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	4 dB / 2 Niveaus
	Schwellenmessung	4 dB / 2 dB, 2 dB Retest ,optional dynamisch, „TOP“ Kinetik mit statischer Perimetrie kombinierbar
Kontrollen	Fixation visuell	Infrarot-Kamera
	Fixation automatisch	Infrarot-Kamera, Pupillenpositionskontrolle bei laufender Auswertung
	Fangfragen	falsch positiv, falsch negativ (absolut und prozentual)
Daten	Speicher	Festplatte im PC
	Druckertyp/ Format	beliebig (am PC angeschlossen) / A4
	Auswertungsprogramme	Auswerte- Software auf PC (EyeSuite)
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	Tastatur + Maus am Windows-PC / Monitor/ graphisches Menü
	Kopfpositionierung	vertikal und horizontal elektrisch

Zur Geräteliste

2.8.9. Perimat 206

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Perimat/ Rodenstock, Deutschland 206**
Umfeld	Abstand/ Form	33 cm/ Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	grauweiß/ 1 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Leuchtdioden/ farblich maskiert, Vertiefungen sichtbar
	Größe	30 Winkelminuten (ungefähr Goldmann III)
	Farbe	grün (560 nm)

	Leuchtdichtebereich	0,1 bis 250 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,1 bis 250 (0,25)
	LUE- Bereich (Norm)	+10 dB bis –24 dB (+6 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	30 dB
	Dauer	200 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 70°
	max. Punktzahl	206
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	3°/ 4°/ 6° (durchschnittlich)
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	6 dB/3 Niveaus – quantitativ
	Schwellenmessung	--
Kontrollen	Fixation visuell	Okular
	Fixation automatisch	Stimulus im blinden Fleck (Heijl-Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv und negativ (prozentual, nur Summe)
Daten	Speicher	--
	Druckertyp/ Format	Matrixdrucker/ Briefbogen DIN A4
	Auswertungsprogramme	--
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	Tasten/ Kontrolllämpchen/ begrenzter Dialog
	Kopfpositionierung	Zentrierung elektrisch/ keine Abstandsverstellung

Zur Geräteliste

2.8.10. Peristat 433

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Peristat/ Rodenstock, Deutschland 433**
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm/ Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	Grauweiß/10 cd/m² und 1 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Leuchtdioden/ farblich maskiert, Ring sichtbar
	Größe	30 Winkelminuten (ungefähr Goldmann III)
	Farbe	grün (560 nm)
	Leuchtdichtebereich	0,02 bis 2500 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,002 bis 250 (0,25) für Hintergrund-Leuchtdichte 10 cd/m²
	LUE- Bereich (Norm)	+20 dB bis -24 dB (+6 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	30 dB
	Dauer	200 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 70°
	max. Punktzahl	433
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	1,9°/ 2,7°/ 2,7° (durchschnittlich)
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	4 dB/ 3 Niveaus
	Schwellenmessung	Dynamisch 2-10 dB/ 1-5 dB (2 Zeit/ Genauigkeitsstufen)
Kontrollen	Fixation visuell	Okular
	Fixation automatisch	Stimulus im blinden Fleck (Heijl-Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv und negativ (prozentual, nur Summe)
Daten	Speicher	Festplatte
	Druckertyp/ Format	nach Stand der Technik/ DIN A4

	Auswertungsprogramme	Graphische Eco- Statistik, optional Auswerteprogramm "Experimetrie", Datenverbund mit SLO- Skotometrie
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	Tasten und Maus/ Monitor/ Menü (Fenstertechnik)
	Kopfpositionierung	Zentrierung elektronisch/ keine Abstandsverstellung

Zur Geräteliste

2.8.11. TAP cc / TAP 2000 / TAP 2000 ct

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Tübinger- Automatik- Perimeter/ Oculus, Deutschland TAP cc ct**
Umfeld	Abstand/ Form	33 cm/ Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß / 10 cd/m² / gelb
Stimulus	System/ Maskierung	Glasfaser- Lichtleiter/ maskiert
	Größe	10 Winkelminuten
	Farbe	weiß, blau, rot Standard
	Leuchtdichtebereich	0,1 bis 1000 cd/ m² (Blindengeldprogramm bis 1600 cd/ m², bei Farben bis 3000 cd/ m²)
	Kontrastbereich (Norm)	0,01 bis 100 (0,2)
	LUE- Bereich (Norm)	+20 dB bis -20 dB (+7 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	27 dB
	Dauer	200, 500, 800 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 80°
	max. Punktzahl	249
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	1°/ 2,1°/ 3,9°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	ca. 5 dB / 6 Niveaus
	Schwellenmessung	4 dB/ 2 dB
Kontrollen	Fixation visuell	CCD- Digital- Standard
	Fixation automatisch	alle Fixationsbilder, die zum Ergebnis geführt haben, sind gespeichert und können nach der Untersuchung abgerufen werden
	Fangfragen	Falsch positiv (absolut)
Daten	Speicher	PC zur Steuerung der Untersuchung und Abspeicherung der Patientendaten
	Druckertyp/ Format	Matrixdrucker Standard DIN A4Laserdrucker optional
	Auswertungsprogramme	Standard mit Vergleichsprogramm (alte/ neue Untersuchung) Option: Statistikprogramm (bis zu 4 Gesichtsfelder eines Auges können in einer Darstellung gezeigt, bewertet und gedruckt werden)
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	PC- Tastatur
	Kopfpositionierung	Elektrisch über Kamera - per PC- Maus wird Pupillenmitte angeklickt – elektromotorisch gesteuerte Kinnstütze fährt zentrisch automatisch

Zur Geräteliste

2.8.12. TEC cc

Gerät	Name/ Hersteller Typ	Tübinger- Electronic- Campimeter/ Oculus, Deutschland TEC cc
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm/ Flachbildschirm
	Farbe/ Leuchtdichte	Weiß/ 10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Monitor/ ja
	Größe	Goldmann I und III
	Farbe	Weiß
	Leuchtdichtebereich	0,1 bis 330 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,01 bis 33 (0,1)
	LUE- Bereich (Norm)	+20 dB bis -15 dB (+10 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	25 dB
	Dauer	200, 500, 800 ms
Punktraster	Gradbereich	0° - 30°, mit Fixationsversatz - 60°
	max. Punktzahl	Beliebig vorwählbar
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	1°/ 1°/ 1°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	ca. 5 dB/ 6 Niveaus
	Schwellenmessung	4 dB/ 2 dB
Kontrollen	Fixation visuell	CCD- Digital- Standard
	Fixation automatisch	alle Fixationsbilder, die zum Ergebnis geführt haben, sind gespeichert und können nach der Untersuchung abgerufen werden
	Fangfragen	Falsch positiv (absolut)
Daten	Speicher	PC zur Steuerung der Untersuchung und Abspeicherung der Patientendaten
	Druckertyp/ Format	Matrixdrucker Standard DIN A4 Laserdrucker optional
	Auswertungsprogramme	Standard mit Vergleichsprogramm (alte/ neue Untersuchung)
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	PC- Tastatur
	Kopfpositionierung	Über mechanische Kinn- und Stirnstütze

Zur Geräteliste

2.8.13. Twinfield®

Gerät	Name/ Hersteller Typ	Twinfield®/ OCULUS Optikgeräte GmbH, Deutschland Twinfield® 2
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm/ Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	Weiß/ 10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Projektion/ ja
	Größe	Goldmann I, III und V
	Farbe	weiß/ blau/ rot
	Leuchtdichtebereich	0,1 bis 318 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,01 bis 31,8 (0,2)
	LUE- Bereich (Norm)	+20 dB bis -15 dB (+7 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	22 dB

	Dauer	200 ms oder benutzerdefiniert
Punktraster	Gradbereich	0° - 90°
	max. Punktzahl	>10.000 (flexibel)
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	0,25° / 0,25° / 0,25°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	6 dB/ 2 Niveaus, 3 Niveaus, quantitativ 2 dB
	Schwellenmessung traditionell	4 dB/ 2 dB optional Retest
	Schnelle Schwellenmessung	CLIP (kontinuierlich), SPARC (Glaukom-optimiert), Schnelle Schwelle (Schrittgröße und Anfangswert variabel)
	Statisch-kinetisch	Statische Perimetrie kombinierbar mit Kinetik
	Kinetisch	Manuelle und automatisierte Kinetik
Kontrollen	Fixation visuell	CCD- Kamera
	Fixation automatisch	Schwacher zentraler Stimulus angepasst an zentrale Schwelle oder Stimuli im blinden Fleck (Heijl-Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv/ falsch negativ
Daten	Speicher	Auf Festplatte / auf Netzwerkserver
	Druckertyp/ Format	Laserdrucker / DIN A4
	Auswertungsprogramme	Statistik, Indizes, Bebié- Kurve, Glaucoma Staging Program, Threshold Noiseless Trend, PeriData (extern)
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	PC- Tastatur, Monitor / Windows- Oberfläche, native Netzwerkfähigkeit, integrierbar in Praxis-EDV-Systeme
	Kopfpositionierung	Seitlich und in der Höhe elektromotorisch verstellbare Kinnstütze, in der Tiefe mechanisch verstellbare Stirnstütze

Zur Geräteliste

2.8.14. Centerfield®

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Centerfield®/ OCULUS Optikgeräte GmbH, Deutschland Centerfield® 2**
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm/ Halbkugelteil mit sphärischer Linse von +3 Dioptrien
	Farbe/ Leuchtdichte	weiß / 10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Projektion/ ja
	Größe	Goldmann III
	Farbe	weiß/ blau
	Leuchtdichtebereich	0,1 bis 318 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,01 bis 31,8 (0,2)
	LUE- Bereich (Norm)	+20 dB bis –15 dB (+7 dB)
	Dynamische Breite	22 dB
	Dauer	200 ms oder benutzerdefiniert
Punktraster	Gradbereich	0° - 36°, mit Fixationsversatz: 70°
	Max. Punktzahl	>10.000 (flexibel)
	Max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	1° / 1° / 1°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	6 dB/ 2 Niveaus, 3 Niveaus, 6 Niveaus, quantitativ 2 dB
	Schwellenmessung traditionell	4 dB/ 2 dB, optional Retest

	Schnelle Schwellenmessung	CLIP (kontinuierlich), SPARC (Glaukom-optimiert), Schnelle Schwelle (Schrittgröße und Anfangswert variabel)
	Kinetisch	Automatisierte Kinetik
Kontrollen	Fixation visuell	CCD- Kamera
	Fixation automatisch	Schwacher zentraler Stimulus angepaßt an zentrale Schwelle oder Stimuli im blinden Fleck (Heijl- Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv / falsch negativ
Daten	Speicher	Auf Festplatte / auf Netzwerkserver
	Druckertyp/ Format	Laserdrucker / DIN A4
	Auswertungsprogramme	Statistik, Indizes, Bebié- Kurve, Glaucoma Staging Program, Threshold Noiseless Trend, PeriData (extern)
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	PC- Tastatur, Monitor / Windows- Oberfläche, native Netzwerkfähigkeit, integrierbar in Praxis-EDV-Systeme
	Kopfpositionierung	Seitlich und in der Höhe elektromotorisch verstellbare Kinnstütze, in der Tiefe mechanisch verstellbare Strinstürze

Zur Geräteliste

2.8.15. Easyfield®

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Easyfield® / OCULUS Optikgeräte GmbH, Deutschland Easyfield® C/S**
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm / Halbkugel mit sphärischer Linse von +3,0 Dioptrien
	Farbe/ Leuchtdichte	Weiß / 10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Leuchtdioden / ja
	Größe	Goldmann III
	Farbe	Weiß
	Leuchtdichtebereich	0,1 - 318 cd/m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,01 – 31,8 (0,2) - stufenlos
	LUE- Bereich (Norm)	+20 dB bis -25 dB (+7 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	45 dB
	Dauer	200 ms oder benutzerdefiniert
Punktraster	Gradbereich	0° - 30°
	Max. Punktzahl	135
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	6 dB / 2 Niveaus, 3 Niveaus, quantitativ 2 dB
	Schwellenmessung traditionell	4 dB/ 2 dB, optional Retest
	Schnelle Schwellenmessung	CLIP (kontinuierlich), SPARC (Glaukom-optimiert), Schnelle Schwelle (Schrittgröße und Anfangswert variabel)
Kontrollen	Fixation visuell	CCD-Kamera
	Fixation automatisch	Schwacher zentraler Stimulus angepaßt an zentrale Schwelle oder Stimuli im blinden Fleck (Heijl- Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv / falsch negativ
Daten	Speicher	‚Auf Festplatte / auf Netzwerkserver
	Druckertyp/ Format	Laserdrucker / DIN A4
	Auswertungsprogramme	Statistik, Indizes, Bebié- Kurve, Glaucoma Staging Program, Threshold Noiseless Trend, PeriData (extern)

Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	PC- Tastatur, Monitor / Windows- Oberfläche, native Netzwerkfähigkeit, integrierbar in Praxis-EDV-Systeme
	Kopfpositionierung	In der Höhe verstellbare Kinnstütze, Neigung des Messkopfs verstellbar Zur Geräteliste

2.8.16. Perivist / Compact

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Perivist/ Vistec AG, Olching, Deutschland Perivist FeV und Compact**
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm/ Halbkugelteil
	Farbe/ Leuchtdichte	gelb/ 10 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Leuchtdioden/ ja
	Größe	Goldmann III
	Farbe	Gelbgrün (565 nm)
	Leuchtdichtebereich	0,014 bis 447,5 cd/m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,0014 bis 44,8 (0,2)
	LUE- Bereich (Norm)	+ 29 dB bis -16 dB (+ 7 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	23 dB
	Dauer	Frei wählbar zwischen 0,1s bis 7,5s
Punktraster	Gradbereich	30° nach oben/unten; 50° nach rechts/ links; mit Fixationsversatz 80°
	Max. Punktzahl	106 (FeV); max. 180
	Max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	1°/ 5°/ 8°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	6 dB/ 2 Niveaus
	Schwellenmessung	Keine (FeV)
Kontrollen	Fixation visuell	CCD-Kamera
	Fixation automatisch	CCD-Kamera, Heijl-Krakau (auch nach Fixationsversatz)
	Fangfragen	Falsch positiv und falsch negativ (absolut und prozentual)
Daten	Speicher	Auf Festplatte
	Druckertyp/ Format	Nach Stand der Technik, DIN A4
	Auswertungsprogramme	Keine
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	Mit externem PC, Tastatur, Maus, Windows-Oberfläche
	Kopfpositionierung	Kinn-/Stirnstütze (rechtes/ linkes Auge), Zentrierung vertikal mechanisch, Abstand fest

Zur Geräteliste

2.8.17. Medmont-Perimeter

Gerät	**Name/ Hersteller Typ**	**Medmont Perimeter / Medmont PTY LTD M 700**
Umfeld	Abstand/ Form	30 cm/ Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	Weiß / 3,2 cd/m² (FeV-Test 10 cd/m²)
Stimulus	System/ Maskierung	Leuchtdioden / ja (Diffusor-Schicht)
	Größe	Goldmann III
	Farbe	Grün (565 nm)

	Leuchtdichtebereich	0,01 bis 320 cd/ m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,003 bis 100 (0,2)
	LUE- Bereich (Norm)	+25 dB bis -20 dB (7 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	27 dB
	Dauer	200 ms (100 bis 9900ms einstellbar)
Punktraster	Gradbereich	0° - 80°
	Max. Punktzahl	164
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	1°/ 5°/ 10°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	6 dB / Festhelligkeit - 2 Niveaus – quantitative
	Schwellenmessung	6dB/3dB, Schnelltest
Kontrollen	Fixation visuell	Videokamera
	Fixation automatisch	Stimuli im blinden Fleck (Heijl-Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv und negativ (absolut und prozentual)
Daten	Speicher	Festplatte (PC)
	Druckertyp/ Format	alle PC-kompatiblen Drucker
	Auswertungsprogramme	Medmont-Studio (intern), PeriData (extern)
Bedienung	Eingabe/ Ausgabe/ Interaktion	PC-Tastatur, PC-Maus / PC-Monitor / graphische Oberfläche
	Kopfpositionierung	Vertikal mechanisch, Abstand fest

Zur Geräteliste

2.8.18. KOWA Perimeter AP-7000

Gerät	Name/ Hersteller Typ	Kowa Company Ltd. / Kowa Optimed Deutschland GmbH AP-7000
Umfeld	Abstand / Form	30 cm / Halbkugel
	Farbe/ Leuchtdichte	Weiß / 10 cd/m² Gelb / 100 cd/m²
Stimulus	System/ Maskierung	Projektionsperimeter / ja
	Größe	Goldmann I, II, III, IV, V
	Farbe	weiß, blau, grün, rot
	Leuchtdichtebereich	0,03 bis 3183 cd/m²
	Kontrastbereich (Norm)	0,003 bis 318 (0,1) für 10 cd/m^2
	LUE-Bereich (Norm)	+25 bis -25 dB (+10 dB)
	Nutzbare dynamische Breite	35 dB
	Dauer	100-1200 ms einstellbar
Punktraster	Gradbereich	0° - 80°
	Max. Punktzahl	>10.000
	max. Dichte 0-10/ 10-20/ 20-30°	1°/ 1°/ 1°
Strategie	Überschwellig/ Niveaus	5 dB / Vortest, altersbedingt oder manuell 0-50 dB
	Schwellenmessung	4 dB – 2 dB
Kontrollen	Fixation visuell	Videobild
	Fixation automatisch	Stimuli im Blinden Fleck (Heijl-Krakau)
	Fangfragen	Falsch positiv / falsch negativ
Daten	Speicher	PC / Netzwerk / Intern
	Druckertyp / Format	Drucker ohne Sonderfunktionen (Direktanschluss) Beliebig (PC / Netzwerk) / JPG, PDF
	Auswertungsprogramme	inklusive (intern)
Bedienung	Eingabe / Ausgabe / Interaktion	1. Touchscreen / Monitor / Menü 2. Windows-PC-Programm
	Kopfpositionierung	elektrische Kinnstütze (Doppelmulde) und elektrische Stirnstütze bedienbar über Touchscreen

Zur Geräteliste

3.
Kinetische Perimetrie

3.1.
Untersuchungsziel

Mit der kinetischen Perimetrie wird die topographische Verteilung der Lichtunterschiedsempfindlichkeit mittels bewegter Messmarken unterschiedlichen Reizwertes (Leuchtdichte und Größe) untersucht. Dabei kann der Prüfreiz entweder manuell mit mechanischer oder mit servomotorgestützter Transmission bewegt werden. In letzterem Fall kann der Untersucher Anfangs- und Zielorte der Reizmarke sowie deren Winkelgeschwindigkeiten festlegen. Bezüglich der physikalisch-technischen Parameter wurden die Vorgaben der DIN EN ISO 12866:2000-03 berücksichtigt. In der Tabelle 1 sind die Geräteanforderungen für die manuelle kinetische Perimetrie bei gutachtlichen Untersuchungen zusammengestellt (1).

3.2.
Definition

Das Gesichtsfeld ist die Gesamtheit aller visuellen Sinneseindrücke, die von einer Person bei unbewegtem Auge und unbewegtem Kopf wahrgenommen werden können. Unter kinetischer Perimetrie versteht man Verfahren zur Untersuchung des Gesichtsfelds mit bewegten Prüfmarken, die meist auf einer kugelförmigen Projektionsfläche dargeboten werden. Erfolgt die Untersuchung mit definierter Prüfmarke auf einer ebenen Fläche, so spricht man von Kampimetrie, z.B. am Bjerrum-Schirm.

3.3.
Indikation

Perimetrische Verfahren werden immer dann eingesetzt, wenn Sehbahnläsionen gesucht werden. Weitere Anwendungsbereiche sind Eignungsbegutachtungen (z.B. für die Verkehrsophthalmologie, Arbeitsmedizin) sowie gutachtliche Fragestellungen. Perimetrische Techniken werden auch zur Abklärung bei bestimmten Simulationsformen eingesetzt.

Kinetische Verfahren bieten sich immer dann an, wenn ausgedehnte, vorwiegend tiefe Gesichtsfelddefekte mit steil abfallenden Skotomgrenzen vorhanden sind. Hierzu zählen u.a. konzentrische Gesichtsfeldeinschränkungen, Halbseitendefekte und fortgeschrittene Nervenfaserbündelausfälle. Die kinetische Perimetrie sollte bevorzugt bei Patienten mit reduzierter Kooperationsfähigkeit eingesetzt werden, da der Untersucher den Untersuchungsablauf den Möglichkeiten des Patienten anpassen kann. Darüber hinaus hat die kinetische Perimetrie bei praktisch allen gutachtlichen Fragestellungen (Führerschein, Sozialgericht, Blindengeld, u.a.) die im Zweifelsfall entscheidende Bedeutung.

In Verbindung mit einer automatischen statischen Rasterperimetrie des zentralen 30°- Gesichtsfeldes lässt sich die kinetische Perimetrie klinisch sehr vorteilhaft für eine rasche und gezielte Untersuchung der Gesichtsfeldperipherie einsetzen. In Kombination mit statischen Prüfpunktdarbietungen ermöglicht die kinetische Perimetrie den Nachweis eines Riddoch-Phänomens (statokinetische Dissoziation), das besonders ausgeprägt bei einigen neuroophthalmologischen Krankheitsbildern auftreten kann. Hierbei werden bewegte Prüfmarken erheblich besser erkannt als unbewegte Reize mit sonst identischen Eigenschaften.

Die Rechtskommission von DOG und BVA weist darauf hin, dass bei der Gesichtsfelduntersuchung im Rahmen der Begutachtung die Versorgungsmedizin-Verordnung (VersMedV) und die „Versorgungsmedizinischen Grundsätze“ eingehalten werden müssen: „Hinsichtlich der

Gesichtsfeldbestimmung bedeutet dies, dass zur Feststellung von Gesichtsfeldausfällen nur Ergebnisse der manuell-kinetischen Perimetrie entsprechend der Marke Goldmann III/4e verwertet werden dürfen."

Ein Download der aktuellen Fassung ist jederzeit von der Internetseite des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (www.bmas.bund.de) möglich; der aktuelle Quellenverweis ist wie folgt: http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/k710-versorgundsmed-verordnung.pdf?__blob=publicationFile&v=3.

Danach sind – in Übereinstimmung mit der DOG-Kommission zur Qualitätssicherung sinnesphysiologischer Untersuchungsverfahren und Geräte (DOG QSS-Kommission) sowie mit der Rechtskommission von DOG und BVA zur Zeit für die gutachtliche Perimetrie nur

- das "Original"-Goldmann-Perimeter (mit jeweils vor der Untersuchung verifizierten adäquaten Stimulus- und Hintergrund-Leuchtdichtewerten) der Fa. Haag-Streit sowie
- Nachbauten des vorgenannten Goldmann-Perimeters mit vergleichbarer Funktionalität (mit jeweils vor der Untersuchung verifizierten adäquaten Stimulus- und Hintergrund- Leuchtdichtewerten) sowie
- das Twinfield-Perimeter der Fa. OCULUS,
- das OCTOPUS 101-Perimeter der Fa. HAAG-STREIT sowie
- das OCTOPUS 900-Perimeter der Fa. HAAG-STREIT

mit jeweils manuell frei geführter, kinetischer Perimetrie zugelassen.

3.4.
Methodik

Üblicherweise werden Halbkugel- oder Kuppelperimeter mit homogener, definierter Hintergrundsleuchtdichte meist mit 10 cd/m² eingesetzt. Das am weitesten verbreitete Instrument dieser Art ist das Perimeter nach Goldmann. Eine vergleichende Gegenüberstellung findet sich in Tab. 2 bis 5. Bei kampimetrischen Untersuchungen kann mit variablen Untersuchungsabständen gearbeitet werden. Dieser Umstand lässt sich für Untersuchungen mit hoher Ortsauflösung und bei Simulationstests nutzen. Bei Steigerung der Untersuchungsentfernung vergrößern sich in entsprechendem Ausmaß auch die Gesichtsfelddefekte und umgekehrt. In einfachster Form wird diese Untersuchung klinisch in Form eines sog. Konfrontationsgesichtsfeldes ("Fingerperimetrie") z.B. am Krankenbett oder bei schlecht kooperationsfähigen Patienten durchgeführt. Der Untersucher sollte hierbei beide Hände verwenden, um den Patienten über die zu erwartende Position des Stimulus im unklaren zu lassen. Grundsätzlich ist hierbei auch die Verwendung farbiger, z.B. roter Reizmarken möglich, wobei zusätzlich nach einer Farbentsättigung in bestimmten Gesichtsfeldbereichen gesucht werden kann.

Automatisierte kinetische Perimetrieverfahren
Seit kurzem stehen Automatik-Perimeter zur Verfügung, die neben den statischen Verfahren auch kinetische Gesichtsfelduntersuchungen an demselben Gerät ermöglichen. Neben manueller oder servomotorgestützter Darbietung der Reize lassen sich auch automatisch ablaufende, computergestützte Untersuchungsabläufe generieren und abspeichern. Dies soll eine vom Untersucher unabhängige Bestimmung der Isopteren sowie bessere Verlaufskontrollen ermöglichen.

3.4.1.
Strategie

Bei quantitativen Untersuchungen werden mit der kinetischen Perimetrie Orte gleicher Lichtunterschiedsempfindlichkeit (Isopteren) ermittelt und auf dem Formular mit einer Linie verbunden; hierzu werden Prüfmarken mit vorgegebener Größe und Leuchtdichte eingesetzt (Tab. 1 und 6). Der Untersucher bewegt diese Reizmarken gleichförmig und möglichst senkrecht auf die zu erwartende Isoptere zu oder aus einem Skotom heraus, bis sie wahrgenommen wird. Um eine hinreichende

Beschreibung des individuellen Gesichtsfeldbergs zu gewährleisten, sollten drei oder vier Reizmarken mit geeigneter Größe und Leuchtdichte benutzt werden, die ausreichend distante Isopteren ergeben. Hierbei sind die Prüfmarken in nicht vorhersehbarer, zufällig wechselnder Abfolge der Meridiane anzubieten. Es wird eine konstante Winkelgeschwindigkeit von 2°/s im zentralen und 5°/s im peripheren Gesichtsfeldbereich empfohlen.

Möglichst immer sollte die Gutachten relevante Reizmarke III/4e, entsprechend 26´ Durchmesser mit 318 cd/m² zur Anwendung kommen. Durch Wahl fein abgestufter Neutralgraufilter (am Goldmann-Perimeter: Positionen a bis e des Schiebereglers) sind die Reize so zu wählen, dass eine weitere Isoptere bei ca. 30° Exzentrizität und mindestens eine Isoptere innerhalb des 15°-Bereichs zu liegen kommt. Danach erfolgen zusätzliche stichprobenartige Darbietungen der Reizmarke innerhalb der jeweils ermittelten Höhenlinien, um isolierte, umschriebene Skotome, z.b. im Bjerrum-Bereich, zu entdecken.

Kleine, lichtschwache Reizmarken sind gerade bei neuroophthalmologischen Störungen wichtig. Diese können einen Halbseitenausfall bereits deutlich zeigen, während die mit großen, lichtstarken Reizmarken bestimmten Außengrenzen noch normal sind. Für den vertikalen Meridian kann so ein dezenter hemianoper Defekt oder im Bereich des (nasalen) horizontalen Meridians ein beginnender nasaler Sprung aufgedeckt werden. Der blinde Fleck wird am besten mit der Marke I/4e untersucht, wenn nötig mit adäquatem Korrektionsglas.

3.4.2.
Untersuchungsgang

3.4.2.1.
Gerät

Vor Untersuchungsbeginn sollte die korrekte Eichung der Leuchtdichte von Prüfmarke und Hintergrund in der Projektionskuppel überprüft werden (Tab. 2 bis 5). Während des Untersuchungsvorgangs ist eine sorgfältige Fixationskontrolle erforderlich, da bewegte Messmarken besonders zu Blickbewegungen verleiten. Die Untersuchung soll in einem abgedunkelten, von sämtlichen äußeren Reizeinflüssen abgeschirmten Raum stattfinden. Fremdlichteinfall von außen in die Perimeterkuppel ist zu vermeiden.

3.4.2.2.
Patient

Grundsätzlich sollte dem Patienten Gelegenheit gegeben werden, sich über einige Minuten hinweg an die Hintergrundleuchtdichte zu adaptieren. In dieser Phase kann der Untersuchungsvorgang erläutert werden. Bei Untersuchungen innerhalb des zentralen 30°-Gesichtsfeldes sollten eine zylindrische Ametropie von mehr als 1 Dioptrien und sphärische Ametropien von mehr als – 4 Dioptrien und je nach Alter von mehr als + 1,0 Dioptrien durch Schmalrandgläser ausgeglichen werden. Auch sollte etwa vom 40. Lebensjahr an eine adäquate Nahaddition zum Einsatz kommen. Die Untersuchung des peripheren Gesichtsfeldes außerhalb von 30° erfolgt grundsätzlich ohne Korrektionsglas.

3.4.2.3.
Untersucher

Der Untersucher sollte mit den Gerätespezifikationen, der Bedienung und dem Untersuchungsvorgang gut vertraut sein. Da er seine Strategie auf den zu erwartenden Gesichtsfelddefekt abstimmen muss, sollte er

über die Verdachtsdiagnose informiert worden sein und wissen, welche Skotomformen hier zu erwarten sind. Eine ständige Fixationskontrolle ist unbedingt erforderlich. Der Untersucher muss darüber hinaus in der Lage sein, den Patienten in verständlicher Form zu instruieren und zu motivieren.

3.5.
Fehlerquellen

Wesentliche Fehlermöglichkeiten liegen in einer fehlerhaften Bewegung der Prüfmarke (zu schnelle, ungleichmäßige, nicht senkrechte Annäherung an die Skotomgrenzen) sowie in einer ungenügenden Fixationskontrolle und einer fehlerhaften Kalibrierung der Leuchtdichten. Eine Fehlerquelle ist häufig auch eine zu geringe Zahl oder inadäquate Abstufung der dargebotenen Reize bezüglich Größe und Leuchtdichte (gerade die reizschwachen Marken sind wichtig). Der Blinde Fleck dient bei jeder perimetrischen Untersuchung als Referenzskotom!

3.6.
Befunddarstellung, -wiedergabe

Orte, an denen der Patient den Reiz wahrgenommen hat, müssen eindeutig markiert werden, d. h. durch Wahl von geeigneten Symbolen sind auch die Größe und Leuchtdichte des verwendeten Prüfreizes zu kodieren. Es ist empfehlenswert, unmittelbar nach Beendigung der Untersuchung, die Orte gleicher Lichtunterschiedsempfindlichkeit (Isopteren) zu verbinden und Skotomareale zu markieren. Dabei sollen die einzelnen Messorte weiterhin erkennbar bleiben.

3.7.
Qualitätskriterien

Ein Überkreuzen von Isopteren oder gar der Verlauf der Isoptere einer reizstärkeren Marke innerhalb der einer reizschwächeren ist nicht plausibel. Mehrfachdarbietungen von identischen Reizmarken sollten zu reproduzierbaren Antworten führen. Sofern der Blinde Fleck nicht in ein Skotom einbezogen ist, sollte er grundsätzlich bei jeder Perimetrie dargestellt werden. Bei unauffälligen Befunden von Augenstellung, Fundusmorphologie und Refraktion sollte dieser bezüglich Position und Ausdehnung einen Normalbefund aufweisen: mit der Marke I/4e liegt sein Mittelpunkt 14° temporal, sein Durchmesser ist ca. 6°, zwei Fünftel sind oberhalb und drei Fünftel unterhalb des horizontalen Meridians. Es gibt keine Isoptere, die durch den Blinden Fleck hindurch verläuft. Bei einseitigen bzw. asymmetrischen Gesichtsfelddefekten ist bei prägenikulären Sehbahnläsionen in der Regel eine relative afferente Pupillenstörung (RAPD) am stärker betroffenen Auge zu erwarten.

3.8.
Literatur

1. Dannheim F: Perimetrie. In: Straub W, Kroll P, Küchle HJ (Hrsg) Augenärztliche Untersuchungsmethoden. Enke, 1995 Stuttgart
2. Goldmann H (1945) Grundlagen exakter Perimetrie. Ophthalmologica 109:57-70
3. Harms H (1952) Die praktische Bedeutung quantitativer Perimetrie. Klin Monatsbl Augenheilkd 121:683-692
4. Harrington DO, Drake MV: The visual fields. Text and atlas of clinical perimetry. Mosby 6th ed., 1990 St. Louis Baltimore Philadelphia Toronto
5. Riddoch G (1917) Dissociation of visual perception due to occipital injuries with especial reference to appreciation of movement. Brain 40:15-57

6. Schiefer U, Wilhelm H (1995) Gesichtsfeldkompendium. Interpretation perimetrischer Befunde. Fachübergreifende diagnostische Maßnahmen. Klin Monatsbl Augenheilkd 206:206-238
7. Tate GW, Lynn JR: Principle of quantitative perimetry. Grune & Stratton, 1977 New York San Francisco London

3.9.
Gerätetabellen

Tabelle 3.9.1: Geräteanforderungen f. d. manuelle kinetische Perimetrie b. gutachtl. Untersuchungen
Tabelle 3.9.2-5: Übersicht der Eigenschaften einiger Perimeter, die eine kinetische Perimetrie ermöglichen. Die Daten beruhen auf Angaben der Hersteller.
Tabelle 3.9.2:‘ Goldmann-Perimeter
Tabelle 3.9.3: Humphrey Field Analyzer IIi-Serie (Modelle 720i, 740i, 745i, 750i)
Tabelle 3.9.4: Oculus Twinfield Perimeter
Tabelle 3.9.5: Octopus 101
Tabelle 3.9.6: Octopus 900
Tabelle 3.9.7: PTS 2000 Optopol
Tabelle 3.9.8: Angabe zur Reizgröße am Goldmann-Perimeter mit einem Kugelradius von 30 cm

Tabelle 3.9.1:
Geräteanforderungen für die manuelle kinetische Perimetrie bei gutachtlichen Untersuchungen

1. Kuppelperimeter
2. Untersuchungsbereich: > 70° nach temporal, > 50° nach nasal und unten, > 30° nach oben
3. Hintergrundleuchtdichte 10 cd/m² (weiße, homogene Ausleuchtung)
4 Kontinuierliche Reizmarkenbewegung im gesamten Untersuchungsbereich mit folgenden Eigenschaften: möglichst gleichförmige Winkelgeschwindigkeit in einem Bereich von 2°/s bis 5°/s und in der Untersuchungsentfernung keine mit bloßem Auge sichtbaren Diskontinuitäten („Ruckeln“).
5. Reizmarkenbewegung in jeder beliebigen Richtung im gesamten Untersuchungsbereich. Nur hierdurch wird senkrechte Annäherung an individuelle Skotomgrenze gewährleistet
6. Möglichkeit zum Vorsetzen einer Schmalrand-Nahkorrektion bei Untersuchung innerhalb des zentralen 30°-Gesichtsfeldbereichs
7. Ständige Fixationskontrolle
8. Definierte Größen- und Leuchtdichteabstufungen der (weißen, kreisförmigen) Reizmarken entsprechend Goldmann-Gerät. Zumindest ein Reiz der Größe 26´ und Leuchtdichte 318 cd/m², entspricht III/4e, muss realisiert werden.
9. Möglichkeit der binokularen Gesichtsfelduntersuchung
10. Standardisierte Dokumentation des Untersuchungsergebnisses
    a) Topographische Dokumentation der Patientenantworten in einem mittelabstandstreuen, polständigen Koordinatensystem mit mindestens 15° Meridianabstand und mindestens 10° Breitenkreisabstand (vergleichbar dem Dokument des Goldmann-Gerätes)
    b) Angabe der verwendeten Reizmarken (Größe, Leuchtdichte, Winkelgeschwindigkeit im Falle einer servomotorgestützten Untersuchung)
    c) Angabe der Hintergrundleuchtdichte
    d) Angabe des Perimeter-Typs und Art der perimetrischen Untersuchung
    e) Datum der Untersuchung
    f) Patienten- und Untersucher-Identifikation
    g) Angabe des untersuchten Auges (R/ L/ binokular)
    h) Angabe der verwendeten Korrektion
    i) Dokumentation der Pupillenweite
    j) Angaben zu Fixationsverhalten und Kooperation

zur Geräteliste

Tabelle 3.9.2:

Übersicht der Eigenschaften einiger Perimeter, die eine kinetische Perimetrie ermöglichen. Die Daten beruhen auf Angaben der Hersteller.

Goldmann-Perimeter

Gerät	Hersteller/ Vertrieb Straße PLZ/ Ort Land Tel. Fax	Haag-Streit AG Gartenstadtstrasse 10 3098 Wedel Schweiz
Umfeld/ Hintergrund	Abstand Form Leuchtdichte Farbe(n)	30 cm Halbkugel 10 cd/m² Weiß (Normalglühlampe)
Reizmarke	Darbietung Mechanik Bewegung mittels Pos.-Genauigkeit Max. Exzentrizität Größen Farbe(n) Leuchtdichtebereich Kontrastbereich LUE-Bereich Leuchtdichte-Abstufung	Projektion Drehspiegel über Storchschnabel-Gestänge Manuell Untersucherbegrenzt 90° Goldmann I – V (entspr. 6,5’ bis 104’) Weiß, optional Farben 3,2 bis 318 cd/m² (min./max.) 0,32 bis 31,8, für Hintergrund-Leuchtdichte 10 cd/m² +15 bis -5 dB 5 bzw. 1 dB, je nach Ausrüstung
Kontrollen	Fixation visuell Fixation automatisch	Durch Beobachtertubus Nein
Kopfpositionierung	Zentrierung Abstand	Über Stellschraube Über Stellschraube
Ergebnis/Daten	Dokumentation Drucker Elektron. Speicherung	Manuell Nein Nein
Bemerkungen	Zubehör	Fixiermarkenprojektor zur Untersuchung von Zentralskotomen Registrierplatte für statische Profilperimetrie

zur Geräteliste

Tabelle 3.9.3:

Übersicht der Eigenschaften einiger Perimeter, die eine kinetische Perimetrie ermöglichen. Die Daten beruhen auf Angaben der Hersteller.

Humphrey Field Analyzer IIi-Serie (Modelle 720i, 740i, 745i, 750i)

Gerät	Hersteller Straße PLZ/ Ort Land Tel. Fax	Carl Zeiss Meditec AG Göschwitzer Str. 51 – 52 07745 Jena Deutschland 03641 / 220-161 03641 / 220-152
Umfeld	Abstand Form Leuchtdichte Farbe	30 cm Halbkugel, außerhalb 30° asphärisch 10 cd/m² weiß
Reizmarke	Darbietung Mechanik Bewegung mittels Pos.-Genauigkeit Max. Exzentrizität Größe Farbe Leuchtdichtebereich Kontrastbereich LUE- Bereich	Projektion Drehspiegel Schrittmotor Gem. ISO-Norm, nicht bekannt 90° Goldmann I – V Weiß, optional Farbe 0,32 bis 3200 cd/m² (min./max.) 0,032 bis 320, , für Hintergrund-Leuchtdichte 10 cd/m² +15 bis -25 dB
Kontrollen	Fixation visuell Fixation automatisch	Beobachtungsmonitor Nach Heijl-Krakau über Blinden Fleck
Kopfpositionierung	Zentrierung Abstand	Mittels Kinnstütze Mittels Kinnstütze
Ergebnis/Daten	Dokumentation Drucker Elektron. Speicherung	Automat. Befundausdruck Ja Ja, Festplatte oder Diskette

zur Geräteliste

Tabelle 3.9.4:

Übersicht der Eigenschaften einiger Perimeter, die eine kinetische Perimetrie ermöglichen. Die Daten beruhen auf Angaben der Hersteller.

Oculus Twinfield Perimeter

Gerät	Hersteller Straße PLZ/ Ort Land Tel. Fax E-Mail	Oculus Optikgeräte GmbH Münchholzhäuserstr. 29 35582 Wetzlar Deutschland 0641 / 2005-0 0641 / 2005-55 sales@oculus.de
Umfeld	Abstand Form Leuchtdichte Farbe(n)	30 cm Halbkugel 10 cd/m² weiß
Reizmarke	Darbietung Bewegung mittels Pos. Genauigkeit Max. Exzentrizität Größen Farbe(n) Leuchtdichtebereich Kontrastbereich LUE- Bereich Leutchtdichte-Abstufung	Rückprojektion motorisch bis 10°: 0,1°, bis 30°: =0,5°; ab 30°: =0,8° ca. 70° Goldmann I und III Weiß/ blau/ rot 0,32 bis 320 cd/m² (min.-max.) 0,032 bis 32, für Hintergrund-Leuchtdichte 10 cd/m² +15 bis -15 dB 1 dB
Kontrollen	Fixation visuell Fixation automatisch Sonstiges	Über Monitor Schwellennahe zentrale Reize Alternativ: Blinder Fleck Abfrage
Kopfpositionierung	Zentrierung Abstand	Über Elektromotor Über Stellschraube
Ergebnis/Daten	Dokumentation Drucker Elektron. Speicherung	Formularvordruck Laserdrucker PC
Bemerkungen	Zubehör	statische und kinetische automatische Perimetrie und manuelle kinetische Perimetrie möglich

zur Geräteliste

Tabelle 3.9.5:

Übersicht der Eigenschaften einiger Perimeter, die eine kinetische Perimetrie ermöglichen. Die Daten beruhen auf Angaben der Hersteller.

Octopus 101 der Fa. Haag-Streit AG, Schweiz

Gerät	Hersteller Straße PLZ/ Ort Land Tel. Fax	Haag-Streit AG Gartenstadtstrasse 10, 3098 Köniz, Schweiz
Umfeld	Abstand Form Leuchtdichte Farbe(n)	42 cm Halbkugel 10 cd/m² weiß, optional gelb
Reizmarke	Darbietung Bewegung mittels Pos. Genauigkeit Max. Exzentrizität Größen Farbe(n) Leuchtdichtebereich Kontrastbereich LUE- Bereich	Projektion Schrittmotor gem. ISO-Norm 90° Goldmann I bis V weiß, blau (436 nm) 0,032 bis 1274 cd/m² (blau 0,005 - 5 cd/m²) 0,0032 bis 127,4 (0,16), für Hintergr.-Leuchtd. 10 cd/m² +25 dB bis -21,5 dB (+8 dB)
Kontrollen	Fixation visuell Fixation automatisch Sonstiges	Infrarot-Kamera Infrarot - Kamera, Pupillenpositionskontrolle bei laufender Auswertung
Kopfpositionierung	Zentrierung Abstand	Über Elektromotor Fix
Ergebnis/Daten	Dokumentation Drucker Elektron. Speicherung	Festplatte im Steuerteil-PC Ja Festplatte
Bemerkungen	Zubehör	Optional Pen-Display für Kinetik

zur Geräteliste

Tabelle 3.9.6:

Übersicht der Eigenschaften einiger Perimeter, die eine kinetische Perimetrie ermöglichen. Die Daten beruhen auf Angaben der Hersteller.

Octopus 900 der Fa. Haag-Streit AG, Schweiz

Gerät	Hersteller Straße PLZ/ Ort Land Tel. Fax	Haag-Streit AG Gartenstadtstrasse 10, 3098 Köniz, Schweiz
Umfeld	Abstand Form Leuchtdichte Farbe(n)	30 cm Halbkugel 1.27 cd/m^2(4 asb) / 10 cd/m^2 (31,4 asb) weiß
Reizmarke	Darbietung Bewegung mittels Pos. Genauigkeit Max. Exzentrizität Größen Farbe(n) Leuchtdichtebereich Kontrastbereich LUE- Bereich	Projektion Schrittmotor gem. ISO-Norm 90° Goldmann I bis V weiß, rot 0,032 bis 3185 cd/m^2 0,0032 bis 318,5 (0,16), f. Hintergr.-Leuchtd. 10 cd/m^2 +25 dB bis -25 dB (+8 dB)
Kontrollen	Fixation visuell Fixation automatisch Sonstiges	Infrarot-Kamera Infrarot - Kamera, Pupillenpositionskontrolle bei laufender Auswertung
Kopfpositionierung	Zentrierung Abstand	Über Elektromotor; automatische Nachführung bei Kopfbeweung Fix
Ergebnis/Daten	Dokumentation Drucker Elektron. Speicherung	Festplatte im PC beliebig (am PC angeschlossen) Tastatur/Maus am Windows-PC
Bemerkungen	Zubehör	

zur Geräteliste

Tabelle 3.9.7:

PTS 2000 der Fa. OPTOPOL Technology

Übersicht der Eigenschaften einiger Perimeter, die eine kinetische Perimetrie ermöglichen. Die Daten beruhen auf Angaben der Hersteller.

Gerät	Hersteller/ Vertrieb Straße PLZ/ Ort Land Tel. Fax	OPTOPOL Technology Polen 42-400 / Zawiercie Eyetec GmbH Maria Goeppert Str. 9 23562 Lübeck/ Deutschland
Umfeld/ Hintergrund	Abstand Form Leuchtdichte Farbe(n)	30 cm Halbkugel 3,2 cd/m² ,10 cd/m², 100 cd/m² Weiß, Gelb
Reizmarke	Darbietung Mechanik Bewegung mittels Pos.-Genauigkeit Max. Exzentrizität Größen Farbe(n) Leuchtdichtebereich Kontrastbereich LUE-Bereich	Projektion Drehspiegel Schrittmotor gem. ISO-Norm 90° I – V Weiß, grün, blau, rot 0,1 cd/m² bis 3184 cd/m² 0.01 bis 318,4, für Hintergrund-Leuchtdichte 10 cd/m² +20 bis -25 dB,
Kontrollen	Fixation visuell Fixation automatisch Sonstiges	Über externen Monitor Nach Heijl-Krakau über Blinden Fleck, Gaze tracking, Blicküberwachung Alternativ: Blinder Fleck Abfrage
Kopfpositionierung	Zentrierung Abstand	Mittels Kinnstütze und Kopfstütze Fix
Ergebnis/Daten	Dokumentation Drucker Elektron. Speicherung	Festplatte auf externen PC Beliebig am angeschlossenen PC Festplatte
Bemerkungen	Zubehör	Statische und manuell kinetische Perimetrie

zur Geräteliste

Tabelle 3.9.8:

Angabe zur Reizgröße am Goldmann-Perimeter mit einem Kugelradius von 30 cm.
Die Reizmarken haben dort eine ovale Form mit einem Achsenverhältnis von 0,7 zu 1.
Die Angabe der Durchmesser bzw. Sehwinkel gelten für Kreise gleicher Fläche.

Reizmarke	Fläche (mm^2)	Durchmesser (mm)	Sehwinkel (Minuten)
0	1 / 16	0,28	3,2
I	1 / 4	0,56	6,5
II	1	1,13	12,9
III	4	2,26	25,9
IV	16	4,51	51,7
V	64	9,03	103,4

zur Geräteliste

Empfehlungen und Gerätetabellen der DOG-Kommission für die Qualitätssicherung sinnesphysiologischer Untersuchungs-verfahren und Geräte

DOG
Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft

Gesellschaft
für Augenheilkunde

4.
Stereotests

4.1.
Untersuchungsziel

Stereotests sollen die Befähigung zu querdisparatem Tiefensehen nachweisen und diese Eigenschaft quantifizieren.

4.2.
Definition

Querdisparates Tiefensehen (= Stereopsis) stellt die höchstentwickelte Binokularfunktion dar. Es ermöglicht das korrekte visuelle Erkennen der räumlichen Staffelung von Objekten und gewährleistet somit Handlungssicherheit in der räumlichen Tiefe. Vom visuellen System wird hierbei der querdisparate Versatz der Netzhautbilder beider Augen von unterschiedlich weit entfernter Objekte ausgenutzt (Abb. 1; s. diesbezüglich auch (7)). Wie Tab. 1 zu entnehmen ist, kommt hierbei der Testentfernung eine wesentliche Bedeutung zu.

4.3.
Indikation

Stereotests werden in der ophthalmologischen Diagnostik zum Nachweis und zur Quantifizierung von querdisparatem Tiefensehen eingesetzt. Darüber hinaus finden sie in der Eignungsbegutachtung sowie bei gutachterlichen Fragestellungen Anwendung. Stereotests sind auch bei bestimmten Simulationsformen einzusetzen, insbesondere bei der Vorgabe einer einseitigen hochgradigen visuellen Funktionsstörung.

4.4.
Methodik

Stets ist auf eine korrekte Untersuchungsentfernung und eine blendfreie Beleuchtung zu achten. Selbstverständlich bedarf es der adäquaten Brillenkorrektion. Es ist empfehlenswert, den eingesetzten Trenner (Rot- Grün- oder Polarisations- Brille) im Eigenversuch auf seine ausreichende Wirkung hin zu überprüfen. Eine vollständige Trennung ist allerdings bei herkömmliche Polarisations- und Rot- Grün-Brillen nicht zu erwarten. Zusätzlich ist beim Rot- Grün- Verfahren zu berücksichtigen, daß verhältnismäßig leicht ein binokularer Wettstreit ausgelöst werden kann. Der Stereotest sollte anhand einfach zu erkennender Figuren (mit großer Querdisparation) erklärt werden.

Besteht der Verdacht, daß ein Test auswendig gelernt wurde, so sollte zumindest die Reihenfolge der abgefragten Einzeltests variiert werden. Alternativ kann man auch den Test auf den Kopf stellen, den Trenner wenden (hierbei kehrt sich der Tiefeneindruck um, ursprünglich vor der Testebene schwebende Objekte liegen nunmehr hinter der Testebene) oder den Test um 90° drehen (der räumliche Eindruck verschwindet).

Generell lassen sich Stereo- Fern- (Testentfernung ab ca. 3 m) und Nah- Tests (Untersuchungsabstand entspricht der Lesedistanz) unterscheiden. Die Eigenschaften und Merkmale der einzelnen Verfahren sind in Tab. 2 und Tab. 3 a, b wiedergegeben.

Je nach verwendetem Testreiz kann wie folgt unterschieden werden:

4.5.
Qualitativer Test auf grobe Stereopsis

Der Treffversuch nach Lang (10) kann als Grobtest hilfreich sein, wenn der Proband bei Flächentests versagt: Der Proband soll mit ausgestrecktem Arm eine Kugelschreiberspitze in die vom Untersucher nach oben gehaltene Öffnung eines weiteren Kugelschreibers in möglichst flüssiger Bewegung einführen. Läuft dieser Vorgang beidäugig besser ab als bei Abdecken eines Auges, so ist zumindest grobes querdisparates Tiefensehen im Nahbereich vorhanden. Der Test fällt auch bei kleinwinkligem Strabismus mit anomaler Korrespondenz noch positiv aus.

4.6.
Stereotests mit flächigen Testobjekten

Diese Verfahren setzen gegeneinander versetzte, flächige und kontrastreiche Konturen ein, beim Titmus-Test: Fliege, Ringe oder Tiere. Auch bestimmte Ferntests (Polatest) greifen auf dieses Hilfsmittel zurück. Sie setzen vor beide Augen phasenversetzt oszillierende Flüssigkristall- Shutterbrillen (CompuVist) oder auch Polarisationsbrillen (Pola- Test) ein. Der Kolling- Ferntest ist freisichtig und benötigt keinen Trenner.

4.7.
Stereotests mit randomisiert verteilten Punktmustern

Bei randomisierten Stereotests entsteht die wahrzunehmende Gestalt erst durch und nach der Stereoverarbeitung der dargebotenen Punktmuster. Bei den Nahtest kommen als Trenner Polarisationsbrillen (Random dot-, Titmus-, Randot- Test) oder Rot- Grün- Brillen (TNO- Test) zum Einsatz. Die Ferntest verwenden ebenfalls Polarisations- oder die oben beschriebenen Flüssigkristall-Shutterbrillen.

Die haploskopischen Lang- und DeKa- Tests funktionieren ohne trennende Brille nach dem Zylinder-Raster- Verfahren (nach Hess). Dies erleichtert besonders bei Kindern die Untersuchung, da keine störende Brille aufgesetzt werden muß. Auch ohne verbale Kommunikation kann der Untersucher die Augenbewegungen der Testperson gut beobachten und so indirekt auf vorhandene Stereopsis schließen.

4.8.
Fehlerquellen

Neben der Querdisparation werden beim Tiefensehen noch andere Hinweise genützt, insbesondere Parallaxe, Überdeckung, Perspektive, Schattenwurf, Höhe über dem Horizont und Farbsättigung. Die hier zu besprechenden Stereotests sind alle so konzipiert, daß nach Möglichkeit nur das Erkennen von Querdisparationen geprüft wird.

Nachfolgende Hinweise sollen helfen, Bedienungsfehler zu vermeiden, und sollen gewährleisten, daß mit Hilfe von Stereotests auch tatsächlich nur querdisparates Tiefensehen gemessen wird. Hierbei ist zu bedenken, daß hierbei eine echte Schwellenbestimmung (Stereosehschärfe) schwierig ist (2). Auch sollte berücksichtigt werden, daß mit den hier aufgeführten Testverfahren lediglich die statische Stereopsis geprüft wird. Dynamisches Stereosehen, für das im visuellen System offensichtlich andere neuronale Strukturen zur Verfügung stehen, ist hiermit jedoch vergleichsweise schlecht korreliert (7).

Generell ist darauf zu achten, daß die beidseits optimale Korrektion für die gebotene Testentfernung getragen wird. Eine ausreichende, blendfreie Beleuchtung sollte gewährleistet sein.

4.5.1.
Monokulare Entschlüsselbarkeit

Titmus- Test, Random dot- Test
Auch einäugig können die querdisparat abgebildeten Ringe oder Tiere als seitlich versetzt abgebildet erkannt werden. Ebenso erscheint vielen Einäugigen die Titmus- Fliege sozusagen aus normaler Erfahrung heraus räumlich. Hier kann der räumliche Eindruck durch den Vergleich des ein- und beidäugigen Sehens sowie durch die Aufforderung, die Flügel anzufassen, abgefragt werden. Bei den Ringen oder Figuren sollte nachgefragt werden, ob diese aus der Testebene heraustreten oder lediglich seitlich versetzt sind. Bei einigen Probanden mit reduziertem stereoskopischen Sehvermögen kann der betreffende Ring räumlich nach vorne und gleichzeitig auch seitlich (in Richtung des nicht dominanten Auges) versetzt sein. In diesen Fällen hilft der Vergleich des beidäugigen Seheindrucks mit dem nach monokularer Abdeckung des nicht dominanten Auges.

Einäugig kann z.B. beim Titmus- Test die seitliche Versetzung des Rings in der Umrahmung ungefähr bis Testfigur 5 (100") erkannt werden. Angesichts der geringen Anzahl von Auswahlmöglichkeiten (1: 4) ist die Ratewahrscheinlichkeit sehr hoch (25%) und damit die Testgenauigkeit eingeschränkt. Eine unmittelbare Wiederholung der Prüfung am selben Tag ist wegen der Erlernbarkeit nicht ratsam. Verfahren, die mit gleicher Exaktheit (Abbruchkriterium) das querdisparate Tiefensehen prüfen, wie dies bei der Sehschärfebestimmung mit Landoltringen der Fall ist, gibt es bei den heute meist gebräuchlichen Nah- Stereotests nicht.

Ein abwechselndes Zukneifen der Augen ist nicht erlaubt (querdisparate Elemente springen dabei in horizontaler Richtung), ebenso wenig ein Hin- und Herbewegen des Tests durch die Hand des Untersuchten! Der Test darf gegenüber der Polarisationsbrille nicht verdreht werden, da sonst keine ausreichende Bildlöschung mehr möglich ist.

Mit Stereotests mit flächigen Objekten fallen die Untersuchungsergebnisse deutlich besser aus als bei Verwendung von Random- dot- Tests, bei denen die wahrzunehmende Gestalt erst und ausschließlich durch Stereoverarbeitung entsteht. Es besteht somit die Möglichkeit, mit den Flächentestverfahren einen Mikrostrabismus zu übersehen.

Lang- Test
Die Tests dürfen weder vom Patienten noch vom Untersucher bewegt werden, da sonst die Objekte durch das Hin- und Herspringen erkannt werden. Der Patient muß senkrecht und in richtiger Entfernung auf den Test schauen. Die längere Kante der Tests muß parallel zur Interpupillarlinie ausgerichtet werden. Auch bei subnormalem Binokularsehen gibt der Patient häufig an, einige Bereiche des Tests nach vorne versetzt zu sehen, aber die betreffenden Objekte werden nicht erkannt oder falsch benannt. Durch den Vergleich von ein- und beidäugigem Seheindruck ist zu objektivieren, ob das nicht erkannte Objekt korrekt lokalisiert wird.

Fangfragen sind auch bei diesem Verfahren möglich, indem man den Test um 90° dreht (kürzere Kante des Test steht parallel zur Interpupillarlinie (keine Stereo- und damit keine Objektwahrnehmung mehr möglich) oder auf den Kopf stellt (Objekte stehen auf dem Kopf, treten aber weiterhin nach vorne heraus).

4.6.
Befunddarstellung, -wiedergabe

Die Befundergebnisse sind unter Angabe der verwendeten Korrektion zu dokumentieren.

4.7.
Qualitätskriterien

Hier können Plausibilitätskontrollen durch Vergleiche mit Vorbefunden, Verwendung mehrerer Stereotests sowie Berücksichtigung weiterer ophthalmologischer Befunde, z.B. Visus, Gesichtsfeld, Fundusmorphologie, Fixationsverhalten durchgeführt werden.

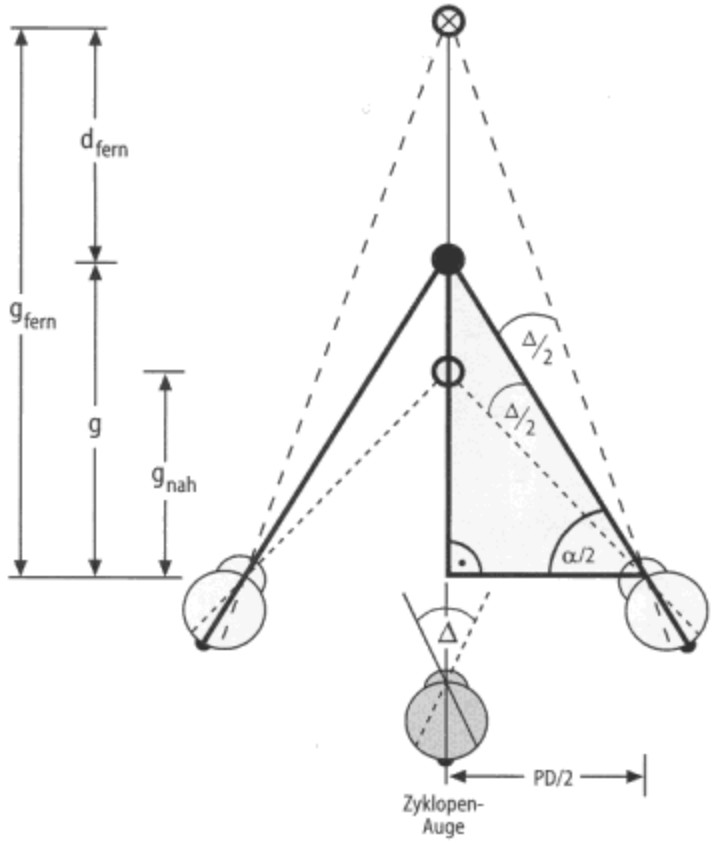
4.8.
Literatur

1. Bömer T, Gentner C, Jedynak A, Kommerell G (1993) Der Freiburger Stereotest. Zur Beurteilung des Stereosehens bei Führerscheinbewerbern. Klin Monatsbl Augenheilkd 202:511-519
2. Bömer T, Dölp R, Kommerell G (1995) Die psychometrische Funktion des querdisparaten Tiefensehens bei Normalpersonen. Ophthalmologe 92:120-124
3. Brückner R (1989) Die Korrektion von Heterophorien mit Fixationsdisparation. Optometrie 1:67-82
4. Doege E, Krause O (1977) Ein neuer Weg zur binokularen Funktionsprüfung. Folia ophthal. 2:199-202
5. Doege E, Krause O (1983) Über ein neues System zur Überprüfung visueller Leistungen auf Walzenlinsenraster- Basis. Klin Monatsbl Augenheilkd 183:224-228
6. Fleck R, Kolling G (1996) Two new stereotests for long distance: examination of stereopsis with regard to the permission of driving. German J Ophthalmol 5:53-59
7. Herzau V (1995) Sensorik des Binokularsehens. In: Kaufmann H (Hrsg) Strabismus. 2. Aufl. Enke, Stuttgart, S. 118-160
8. Kolling GH, Stratmann M (1987) Zur Untersuchung des Stereosehens mit einem Stereoferntest für die Belange des Straßenverkehrs. Fortschr Ophthalmol 84:392-395
9. Lang J (1983) Ein neuer Stereotest. Fortschr Ophthalmol 80:269-270
10. Lang J (1983) Der Treffversuch zur Prüfung des Stereosehens. Klin. Monatsbl. Augenheilkd 182:373
11. Lang J, Rechichi C, Stürmer J (1991) Natural versus haploscopic stereopsis. Graefes´s Arch Clin Exp Ophthalmol 229:115-118
12. Römhild H, Feldes D (1988) Messung des stereoskopischen Sehens mit Hilfe eines Stereo-Fernprüfgerätes und eines neuen Stereo- Nahprüfgerätes. Klin Monatsbl Augenheilkd 192:68-71
13. Schiefer U, Brenner- Delarbre B, Schütte E, Aulhorn E (1989) Vergleich des Stereo- Ferntests nach Kolling mit herkömmlichen Stereotest- Verfahren. Fortschr Ophthalmol 86:138-145
14. Stumpf K, Mallmann A (1976) Erfahrungen mit dem TNO- Stereotest. In: Berufsverband der Orthoptistinnen (Hrsg.) Orthoptik - Pleoptik, S 71-73

4.9.
Gerätetabellen

Abbildung 4.9.1
Tabelle 4.9.6 Distanz
Tabelle 4.9.7 Angebotene Querdisparationen
Tabelle 4.9.8 Merkmale der untersuchten Stereoferntests
Tabelle 4.9.9 Merkmale der untersuchten Stereonahtests

Abbildung 4.9.1



$$\tan(\alpha/2) = \frac{g}{PD/2}$$

$$g_{fern} = PD/2 * \tan(\alpha/2 + \Delta/2)$$

$$g_{nah} = PD/2 * \tan(\alpha/2 + \Delta/2)$$

Abb. 1 ◀ **Ermittlung der Distanz g_{fern} bzw. g_{nah} zwischen zwei in der räumlichen Tiefe versetzten Objekten in Abhängigkeit von Querdisparation Δ, Objektentfernung g und Pupillardistanz PD (s. auch [7])**

Zur Übersicht Gerätetabellen

Tabelle 4.9.6

Distanz g_{nah} zwischen näherem Objekt und Fixationsobjekt für jeweils drei verschiedene Querdisparationen Δ sowie Objektentfernungen g. Zugrunde gelegt ist eine Pupillendistanz (PD) von 65 mm.

	Entfernung g			
		0,4 m	4 m	100 m
Querdisp. Δ	5”	0,06 mm	0,6 cm	3,6 m
	40”	0,48 mm	4,7 cm	23,0 m
	100”	1,20 mm	11,6 cm	42,7 m

Zur Übersicht Gerätetabellen

Empfehlungen und Gerätetabellen der DOG-Kommission für die Qualitätssicherung sinnesphysiologischer Untersuchungs-verfahren und Geräte

DOG
Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft

Gesellschaft
für Augenheilkunde

Tabelle 4.9.7: Angebotene Querdisparationen (Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)

Legende:
graue Felder - zur Zeit nicht realisiert
weiße Felder - technisch realisiert

Geräte	Polatest		Polatest E		Compu Vist		Heidel-berg	Freiburg	Kolling	Römhild		Titmus-Test		RAN-DOM- Dot		Ran-dot Stereo-test		Randot-Pre-school	TNO	Lang I	Lang II	Deka-Test
	5 Reihen	Random dot	6 Reihen	Random dot	6 Reihen	Ran-dom dot	Ob-jekte	Objekte	Objekte	Fern	Nah	Fliege, Ringe	Tiere	Tier, Ringe	Tiere	Tiere, Ringe	Formen	Formen	Formen	Formen		Formen
Querdis-paration (")																						
3600												3600										
2000														2000								
1800																			1800			1800
1500																						1500
1200																				1200		1200
1000																						1000
800												800		800				800				
750																						
600																				600	600	600
550																				550		
500																	500					
480						480													480			
440																						
410																						
400												400	400	400	400	400		400			400	400
360		360		360		360																
330																						
325											325											
300			300		300																	
240	240		240		240	240											250		240			
230																						
200												200	200	200	200	200		200			200	200
180	180	180	180	180	180	180																
160																						
140												140		140		140						
130																						
120	120		120																120			
100							100	100	100			100	100	100	100	100		100				
90		90		90	90	90																
80							80					80		80					60			
70																70						
60	60	60	60	60		60						60		60				60				
50										47		50		50		50						
47							40		40													
40												40		40		40		40				
30	30	30	30	30	30	30	30									30			30			
25																25						
20																20						
15							15												15			
Käuflich?	ja		ja		ja		nein	nein	nein	nein	nein	ja		ja		ja		ja	ja	ja	ja	Nein

Zur Übersicht Gerätetabellen

Tabelle 4.9.8: Merkmale der untersuchten Stereo-Fern-Tests

	Fern-Test												
	Polatest			**Polatest *E***			**Compu-Vist**			**Sonstige**			
Eigenschaften	**Dreiecke**	**5-Reihen**	**randot**	**Dreiecke**	**6-Reihen**	**randot**	**Dreiecke**	**6-Reihen**	**randot**	**Heidelberg**	**Freiburg**	**Kolling**	**Römhild-F**
Querdisparation	600" bis 1200"	30" bis 240"	30" bis 360"	410" bis 750"	30" bis 300"	30" bis 360"	360" bis 700"	30" bis 300"	30" bis 480"	5" bis 100"	10" bis 1000"	40" bis 100"	0,5" bis 47"
Zwischenstufen	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja
Objektgröße	0,35°	0,03° bis 0,2°	0,6°	0,35°	0,03°bis 0,2°	0,6°	0,35°	0,35°	0,04°bis 1,25°	1°	1°	1°	2'36"; 2'05"
Korngröße	/	/	unter 22" bis 190"	/	/	unter 22" bis 190"	/	/	10" bis 160"	/	/	/	/
Trennung	Pol.-Filter			Pol.-Filter			LCD-Shutter			Keine	Pol. Filt.	Keine	Keine
Test-Entfernung	5,5 m	(5m;	6m)	5,5 m	(4,5m	bis 6m)	6m	(4m	bis 6m)	4m;5m	4,24m	4m	4m; 5m
monokular entschlüsselbar?	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Ja; Parallaxe	Ja; Parallaxe
auswendig zu lernen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein		Nein	Nein	Nein	Nein
Schwelle zu ermitteln?	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Ja	Ja	Ja
Kommerziell verfügbar?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein
Literatur	(3)	(3)	(3)							(6)	(1)	(8, 13)	(12)

Zur Übersicht Gerätetabellen

Tabelle 4.9.9: Merkmale der untersuchten Stereo-Nah-Tests

	Titmus Test			**Random Dot**			**Randot-Test**			**RD-Pre-School**	**TNO-Test**			**Lang-Test I**	**Lang Test II**	**DeKa Test**	**Römhild-N**
Eigenschaften	Fliege	Tiere	Ringe	Schmetterling	Tiere	Ringe	Formen	Tiere	Ringe	Figuren	Schmetterling	Figuren	Segmente	Figuren	Figuren	Formen	Stäbchen
Querdisparation	3800"	100" bis 400"	40" bis 800"	2000"	100" bis 400"	40" bis 800"	400" - 500"	100" bis 400"	20" bis 400"	40" bis 180"	1800"	1800" bis 3600"	15" bis 480"	500" bis 1200"	200" bis 600"	100" bis 1800"	0,6" bis 325"
Zwischenstufen	Nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	Nein	Nein	Nein	nein	Nein	Nein	nein	Ja
Objektgröße	2,5° bis 8,5°	0,9° bis 1,2°	0,7°	ca. 13°	0,9° bis 1,2°	0,7°	ca. 3,5°	0,9° bis 1,2°	0,7°	0,9° bis 5,5°	9°	4° bis 9°	8,5°	0,1° bis 10°	0,1° bis 10°	3,4°	2' 16"
Korngröße	/	/	/	120" bis 180"	120" bis 180"	120" bis 180"	ca. 75"	ca. 75" Hinter-grund	ca. 75"Hinter-grund	150" bis 500"	unter 480" bis 1500"	unter 480" bis 1500"	unter 480" bis 1500"	Unter 120" bis 1000"	Unter 120" bis 1000"	10"	/
Trennung	Pol.-	Filter		Pol.-	Filter		Pol.-	Filter		Pol.-Filter	Rot-Grün-	Brille		Walzen-linsen	Raster (WLR)	WLR	Keine
Test-Entfernung	0,4 m			0,4 m			0,4 m			0,4 m	0,4 m			0,4 m		0,4 m	0,45 m
Einäugig entschlüs-selbar?	Ja	Ja	Zum Teil	(nein)	(nein)	(nein)	(nein)	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	(nein)	(nein)	(nein)	Ja, wegen Parallaxe
Auswendig zu lernen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja	Ja	Ja	Nein
Schwelle zu ermitteln?	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Nein	Ja
Zu kaufen?	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Nein
Literatur											(14)	(14)	(14)	(9)		(4, 5)	(12)

Zur Übersicht Gerätetabellen

5.
Mesopisches Kontrastsehen mit und ohne Blendung (Dämmerungssehschärfe)[1]

5.1.
Untersuchungsziel

Die Methoden zur Bestimmung des mesopischen Kontrastsehen mit und ohne Blendung sind ursprünglich entwickelt worden, um die Sehleistungen zu überprüfen, die der Kraftfahrer beim nächtlichen Fahren erbringen muss. Die Untersuchungen geben aber auch diagnostische Hinweise über die Transparenz der brechenden Medien einerseits und über die neuronalen visuellen Funktionen andererseits.

5.2.
Definitionen und physiologische Grundlagen

Als Dämmerungssehen (mesopisches Sehen) bezeichnet man den Bereich zwischen photopischen und skotopischen Sehen. Er umfasst Umgebungshelligkeiten von etwa 32 bis 0,0032 Candela pro Quadratmeter (cd/ m²). Die visuelle Wahrnehmung ist schlechter als beim Tagessehen, vor allem steigt die Schwelle des wahrnehmbaren Kontrastes. Im Kraftverkehr tritt dieser Helligkeitsbereich in der Dämmerung und nachts im Scheinwerferkegel eines Kraftfahrzeuges auf.

Das mesopische Kontrastsehen gehört zu den kritischen Sehleistungen des Kraftfahrers. Bei der Begutachtung von Bewerbern um eine Fahrerlaubnis (Führerscheingutachten) ist die Prüfung ab 1999 nicht mehr obligat. Im Gegensatz zur Tagessehschärfe, die unter hohem Kontrast[2] geprüft wird, spielen in der Dämmerung gröbere Strukturen mit geringem Kontrast die wichtigere Rolle. Die Messung des mesopischen Kontrastsehens ist eine komplexe Bestimmung der Sehschärfe und der Kontrastempfindlichkeit, wobei nur der Kontrast variiert wird. Die gefundene Kontrastschwelle wird als "Dämmerungssehschärfe" bezeichnet. Hierin unterscheidet sich das Verfahren von der Bestimmung der Absolutschwelle bei der Dunkeladaptationsmessung, die nur auf anderem Weg geprüft werden kann.

Die Prüfung des mesopischen Kontrastsehens kann ferner unter zusätzlicher Blendung durchgeführt werden, wobei die Blendung entsprechend der Situation im Straßenverkehr von links kommt. Diese Untersuchung wird als Prüfung der Blendempfindlichkeit bezeichnet, obwohl nur eine Sehleistung unter Blendung gemessen wird.

5.3.
Indikationen

5.3.1.
Führerscheingutachten

Die neue Fahrerlaubnis- Verordnung ("FeV") enthält keine Vorschriften über die Untersuchung der Dämmerungssehschärfe und Blendempfindlichkeit. Die Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft ("DOG") empfiehlt diese Untersuchungen bei Führerscheingutachten und hat festgelegt, unter welchen

[1] Dämmungssehschärfe :
Dieser Begriff ist eigentlich irreführend, da keine Sehschärfe geprüft wird. Er wird hier nur genannt, da er sowohl in der früheren StVZO als auch in DOG-Empfehlungen verwendet wird.

[2] hoher Kontrast:
Als "photometrischer Kontrast" (K) wird der Quotient aus der Differenz der Leuchtdichten eines Testzeichens und seines Umfelds und der Umfeldleuchtdichte bezeichnet (K = DL / L). Der minimale Kontrast, den ein Proband erkennt, ist seine Kontrastschwelle (KS); der Kehrwert der Kontrastschwelle heißt Kontrastempfindlichkeit (KE = 1 / KS).

Bedingungen diese Funktionen zu prüfen sind, und welche Mindestleistungen notwendig sind. Bei außerhalb dieser Werte liegenden Prüfergebnissen besteht aus augenärztlicher Sicht keine Nachtfahrtauglichkeit.

5.3.2.
Arbeitsmedizinische Untersuchung

Bestimmungen von Dämmerungssehschärfe und Blendempfindlichkeit werden im Rahmen arbeitsmedizinischer Untersuchungen nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 25[1] vorgenommen. Diese werden bei Eignungsprüfung für innerbetriebliche Aufgaben angewendet.

5.3.3.
Quantifizierung von Sehstörungen bei dämmerigen Lichtverhältnissen

Bei Patienten, die über Sehstörungen bei geringer Beleuchtung, z. B. nachts im Laternenlicht, klagen, kann man durch Bestimmung der Dämmerungssehschärfe das Ausmaß der Störung quantifizieren. Da es sich bei der Dämmerungssehschärfe um eine komplexe Sehleistung handelt, ist sie bei verschiedenartigen Störungen herabgesetzt. Medientrübungen stören alle drei Teilaspekte der Sehleistung durch optische Effekte: es kommt zur Kontrastherabsetzung, verminderter Schärfe und geringerer Adaptationsleuchtdichte. Bei retinalen Erkrankungen oder als pharmakologische Nebenwirkungen kann eine neuronale Funktionsstörung zur einzelnen oder kombinierten Herabsetzung von Sehleistungen führen. Zur diagnostischen Differenzierung sind weitergehende ophthalmologische Untersuchungen (Untersuchung der brechenden Medien, Adaptometrie, Elektrophysiologie) anzuschließen.

5.3.4.
Nachtmyopie

Bei einem Teil der Autofahrer kommt es nachts zu einer akkommodativen Myopie. Eine optische Korrektur dieser Nachtmyopie verbessert das nächtliche Sehvermögen. Bei der Untersuchung der Dämmerungssehschärfe sollte die Nachtmyopie durch Vorschaltgläser bestimmt werden.

5.4.
Methodik

5.4.1.
Durchführung der Führerschein- Begutachtung

Die DOG empfiehlt, die Dämmerungssehschärfe mit Sehzeichen der Visusstufe 0,1 bei einer Umfeldleuchtdichte von 0,032 cd/ m² ohne Blendung und 0,1 cd/ m² mit Blendung durchzuführen. Die Sehzeichen sind mit variablem Kontrast anzubieten, der aus historischen Gründen als Quotient aus der Sehzeichenleuchtdichte und der Umfeldleuchtdichte bezogen auf eine auf 1 normierte Sehzeichenleuchtdichte angegeben wird [2].

[1] berufsgenossenschaftlicher Grundsatz G 25:
Berufsgenossenschaftlicher Grundsatz G 25, Fahr- Steuer und Überwachungstätigkeiten

[2] Auf die Möglichkeit einer Fehlermessung, weil die Brille in der Einblickmuschel beschlägt, muß geachtet werden

Das Blendlicht muss als Punktlichtquelle (Durchmesser maximal 20') unter einem Blendwinkel von drei Grad links von der Mitte des Sehzeichens angebracht sein und eine Hornhautbeleuchtungsstärke von 0,35 lux hervorrufen.

Die Untersuchung soll in einem mäßig erhellten Raum (3 - 5 lux) stattfinden, in dem sich die zu untersuchende Person vor der Untersuchung wenigstens 5 Minuten aufhalten sollte. Kommt der Prüfling aus hellem Sonnenlicht oder ist zuvor eine Untersuchung mit hellem Licht (z.B. Ophthalmoskopie) erfolgt, muss die Adaptationszeit 10 Minuten betragen[1]. Ist die Raumhelligkeit höher als die Prüfhelligkeit, muss die letzte Phase der Adaptation direkt am Gerät erfolgen.
Um darüber hinaus Einflüsse von Lichtquellen innerhalb des Raumes zu vermeiden, sind die Geräte mit Einblickmuscheln zu versehen, die sich um den Augenbereich an die Kopfform anschmiegen. Die Einblickmuscheln sind so gestaltet, dass die Untersuchung bei Brillenträgern mit der Fernbrille durchgeführt werden kann. Auch Kontaktlinsenträger sollen ihre Linsen bei der Untersuchung tragen.

Kann die Helligkeit des Untersuchungsraumes nicht reduziert werden, ist die Adaptation dadurch herbeizuführen, dass die zu untersuchende Person einige Minuten in das Untersuchungsgerät blickt, bevor die Messung beginnt. Es ist darauf zu achten, dass dabei die Einblickmuschel dicht am Kopf anliegt, um störendes Fremdlicht zu vermeiden.

Die Untersuchung erfolgt binokular.

Die Durchführung der Untersuchung auf Nachtfahrtauglichkeit ist in oben zitierter Empfehlung der DOG aus dem Jahr 1999 festgelegt, in der auch die zu verwendenden Geräteparameter beschrieben werden. Nach dieser Empfehlung ist die Untersuchung nur mit Geräten durchzuführen, die von den zuständigen Kommissionen der DOG für geeignet erklärt worden sind. Nachtfahreignung ist gemäß den früheren Empfehlungen der DOG anzunehmen, wenn ein Landoltring mit einer Lückenbreite von 10' oder ein anerkannt gleichwertiges Sehzeichen bei folgenden Kontrasten und Grundleuchtdichten erkannt wird:

Ohne Blendung:
Umfeld: 0,032 cd/ m^2
Kontrast:
1 : 2,7 Kfz über 7,5 t, Fahrgastbeförderung, Fahrlehrer
1 : 5 alle übrigen Kraftfahrzeuge

Mit Blendung:
Umfeld: 0,1 cd/ m^2
Kontrast:
1 : 2,7 Kfz über 7,5 t, Fahrgastbeförderung, Fahrlehrer
1 : 5 alle übrigen Kraftfahrzeuge
Blendlichtquelle: Durchmesser ca. 20'
Blendwinkel: 3°
Hornhautbeleuchtungsstärke: 0,35 lux

[1] Im Gutachten sollte der Behörde, welche die Fahrerlaubnis erteilt, in diesen Fällen die Verhängung eines Nachtfahrverbotes empfohlen werden:
Darüber wäre es wünschenswert, wenn jeder ältere Patient - gleichgültig ob Autofahrer oder nicht - auf seine Dämmerungssehschärfe und seine Blendempfindlichkeit hin untersucht würde. Bei reduzierten Leistungen dieser visuellen Funktionen müßte immer eine eindringliche Aufklärung darüber stattfinden, welche Gefahren sich daraus im nächtlichen Straßenverkehr ergeben.

Tabelle der Grenzwerte des Dämmerungssehvermögens
(Stand 2003)

Die Nachtfahreignung ist bei folgenden Werten noch gegeben:

Klassen A, B, M, L und T	Klasse C und Taxifahrer	Klasse D
Kontrast von 1: 23	Kontrast von 1: 5	Kontrast von 1: 2,7

Für die Prüfung muss ein Abbruchkriterium wie bei einer Sehschärfeprüfung eingehalten werden. Drei von fünf angebotenen unterschiedlichen Testzeichen müssen richtig erkannt werden, damit die Prüfung auf dieser Kontraststufe bestanden ist. Für die kritischen Kontraststufen 1: 23, 1 : 5 und 1 : 2,7 müssen daher mindestens fünf unterschiedliche Testzeichen dargeboten werden. Es muss auch möglich sein, bei der Untersuchung eine eventuelle Nachtmyopie zu bestimmen oder zumindest auszugleichen.
In allen Fällen, in denen kein ausreichendes Dämmerungssehvermögen und/oder eine zu große Blendempfindlichkeit des Bewerbers bestehen, ist er darüber aufzuklären, dass aus augenärztlicher Sicht keine Nachtfahrtauglichkeit besteht. Es ist Art und Inhalt dieses Hinweises in geeigneter Weise zu dokumentieren. Im Gutachten sollte der Behörde, welche die Fahrerlaubnis erteilt, in diesen Fällen die Verhängung eines Nachtfahrverbotes empfohlen werden.

5.4.2.
Durchführung der Begutachtung nach dem berufsgenossenschaftlichen Grundsatz G 25

Die Bestimmung der Dämmerungssehschärfe nach G 25 erfolgt in gleicher Weise wie beim Führerscheingutachten. Es sind für verschiedene innerbetriebliche Aufgaben zwei Anforderungsstufen festgelegt. Unter der Bezeichnung "einwandfreier Lichtsinn" muss für Anforderungsstufe 1 (höhere Anforderungen) bei einer Umfeldleuchtdichte von 0,032 cd/ m^2 das Testzeichen bei einem Kontrast von 1:2,7 , in der Anforderungsstufe 2 bei einem Kontrast von 1:5 - bei gleicher Umfeldleuchtdichte - erkannt werden.

5.5.
Fehlerquellen

Wie bei jeder subjektiven sinnesphysiologischen Untersuchung kann auch die Bestimmung des mesopischen Kontrastsehens durch verschiedene Ursachen gestört sein:

1. zu kurze Adaptationszeit
2. Störlicht durch zu helle Raumbeleuchtung und unvollständigen Kontakt mit der Einblickmuschel
3. falsches oder verschmutztes Korrekturglas
4. fehlender Ausgleich einer Nachtmyopie
5. mangelnde Konzentration des Untersuchten
6. kurzzeitige Fixation des Blendlichts

Sollte das Ergebnis im Widerspruch zum objektiven Befund und den sonstigen Sehleistungen stehen, dann sollte die Untersuchung an einem anderen Tag wiederholt werden.

5.6.
Befunddarstellung, -wiedergabe

Dokumentation der erreichten Kontraststufe mit und ohne Blendung, und ggf. der Nachtmyopie.

5.7.
Qualitätskriterien

Qualitätskriterien sind dem Text und der Tabelle zu entnehmen.

5.8.
Literatur

1. Trendelenburg W: Der Gesichtssinn. Springer, Berlin 1961
2. Lachenmayr B.: Dämmerungssehvermögen und Blendempfindlichkeit. In: Jahrbuch Augenheilkunde 1995, Biermann Verlag, Zülpich 1995, S. 81-94
3. Empfehlung der DOG zur Prüfung von Dämmerungssehvermögen und Blendempfindlichkeit. Ophthalmologe 91 (1994) 126-130
4. Richtlinien und Untersuchungsanleitungen, Hrsg.: Berufsverband der Augenärzte Deutschlands, Düsseldorf 1994, Kapitel Verkehrsmedizin und Arbeitsmedizin
5. Empfehlung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft zur Fahreignungsbegutachtung für den Straßenverkehr, 2. Auflage 1999

5.9.
Geräteübersicht

5.9.1.
Geräte, welche die Untersuchungsbedingungen der DOG erfüllen

(siehe auch folgende Tabelle)

Von den zurzeit erhältlichen Geräten zur Bestimmung der Dämmerungssehschärfe und der Blendempfindlichkeit erfüllen das

- Binophor
- Mesotest II (Oculus),
- Binoptometer4P
- Nyktometer 500 (Rodenstock) und das
- Optovist (Vistec)

die Kriterien der DOG (siehe Abschnitt 5.4).

Keines der Geräte verfügt über eine Vorrichtung, welche die Einhaltung der erforderlichen Adaptationszeit sicherstellt. Dieses wichtige Qualitätsmerkmal muß deshalb immer vom Untersucher sichergestellt werden.

Spezifikationen für Mesotest II (Oculus) und das Nyktometer 500 (Rodenstock):
Beide Gerätetypen arbeiten mit an den Kopf anschmiegsamen, lichtdichten Einblickmuscheln. Dadurch wird die Einhaltung der Beleuchtungsbedingungen garantiert. Die Muscheln sind so groß, dass auch Brillenträger bei der Untersuchung ihre Brille auflassen können.. Die Geräte erlauben monokulare und binokulare Prüfung, außerdem können zur Kompensation einer eventuellen Nachtmyopie Minusgläser in der Abstufung -0,5, -1,0 und -1,5 Dioptrien eingeschaltet werden.

Spezifische Besonderheiten der beiden Geräte sind folgende: Beim Mesotest II ist wie bei seinen Vorgängermodellen (Mesoptometer II und Mesotest) die Möglichkeit gegeben, durch Entfernung einer Abdeckplatte auf der Rückseite des Gerätes den Test unter der Bedingung einer anscheinenden Freisichtigkeit anzubieten. Die Abdeckplatte verdeckt die Rückseite eines teildurchlässigen Spiegels, durch den der Proband, wenn er entfernt ist, sowohl den Test als auch den Raum hinter dem Gerät sieht. Der Gedanke ist, dass dabei die Gerätemyopie eingeschränkt werden könnte. Bei Verwendung des Gerätes in dieser Weise ist allerdings darauf zu achten, dass der Patient dann durch das Gerät hindurch

auf eine homogene, keine Lichtquellen reflektierende Wand schaut, deren Leuchtdichte unterhalb der des jeweiligen Umfelds (siehe Abschnitt 5.4.) liegt. Das setzt voraus, dass der Raum, in dem die Untersuchung in dieser Weise stattfindet, stark abgedunkelt ist und, dass dort immer konstante Leuchtbedingungen herrschen. Die Bedienung erfolgt über ein kleines Bedienpult, in dem der jeweilige Zustand des Geräts angezeigt wird. Die Landoltringe werden als Einzeloptotypen angeboten, die verschiedenen Kontrastwerte und Richtungen der Öffnung können über Tasten eines kleinen Bedienungstableaus angewählt werden.

Das Nyktometer 500 bietet die Landoltringe mittels Testscheiben an (für Gutachten ist nur die Scheibe 505 zulässig). Die Zahl der Darbietungen auf den einzelnen Kontraststufen ist dadurch begrenzt. Bei Wiederholungsmessungen ist darauf zu achten, dass der Patient die Reihenfolge nicht auswendig lernt. Die Bedienung der Testscheibe, die aus zwei Teilscheiben besteht, erfordert ein wenig Übung.

Tabellarische Geräteübersicht

Typ	*Binophor*	*Nyktometer 500*			*Binoptometer 4P*	*Mesotest II*	*Optovist*
Hersteller/ Vertrieb	Block Optic, Semerteichstr. 60, 44141 Dortmund Tel.: 0231/1087785-0, Fax: 0231/1763065	Rodenstock Instrumente GmbH, Postfach 1326 85505 Ottobrunn			Oculus Optikgeräte Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar	Oculus Optikgeräte Münchholzhäuser Str. 29, 35582 Wetzlar	Vistec AG Werner-von-Siemens-Str.13 82140 Olching
Optisches System	binokularer Einblick	binokularer Einblick			3-linsiges achromatische Objektiv	binokularer Einblick, freisichtiger Eindruck mittels Durchblicköffnung möglich	
Umfeld ohne Blendung	0,032 cd/m²	0,032 cd/m²			0,032 cd/m²	0,032 cd/m²	0,032 cd/m²
Umfeld mit Blendung	0,1 cd/m²	0,1 cd/m²			0,1 cd/m²	0,1 cd/m²	0,1 cd/m²
Stimulus	Landoltring in 6 Positionen	Landoltring, mit Test-scheibe in 6 Standard-positionen			Landoltring, in 5 Standardpositionen Blendlicht 0,35 lx	Landoltring, wahlweise in 6 Standardposi-tionen	Landoltring in 6 Standardpositionen; Blendlicht 0,35 lx
Positionsfolge	programmdefiniert	vorgegeben			programmdefiniert	Frei wählbar	5 von 6 verfügbaren Zeichen werden zufallsgesteuert dargeboten
		Scheibe 505	Scheibe 501	Scheibe 502			
Positionen bei Kontrast 23:1	5	1	2	keine	5	6	6
Positionen bei Kontrast 5:1 (Gutachten Stufe)	5	5	2	keine	5	6	6
Positionen bei Kontrast 2,7:1 (Gutachten Stufe)	5	5	2	2	5	6	6
Positionen bei Kontrast 2:1	5	1	2	2	5	6	6
Positionen bei Kontrast 1,66:1	5	keine	2	2	-	keine	6
Positionen bei Kontrast 1,46:1	5	keine	2	2	-	keine	6
Positionen bei Kontrast 1,25:1	5	keine	keine	2	-	keine	6
Positionen bei Kontrast 1,14:1	5	keine	keine	2	-	keine	6
Monokulare Testung möglich	--	ja			Ja	ja	Ja
Minusgläser vorschaltbar	ja, -0,5dpt, -1,0dpt, -1,5dpt	ja			-	ja	-

Typ	*Binophor*	*Nyktometer 500*	*Binoptometer 4P*	*Mesotest II*	*Optovist*
EDV-Schnittstelle	ja	nein	USB, Ethernet an Control-Unit	ja	Datentransfer: GDT, XML, PDF, Hardware, USB

5.9.2.
Weitere Geräte

Weitere Geräte und Verfahren zur Prüfung der Blendempfindlichkeit, die mit großflächigen Blendquellen arbeiten, sind das Autorefraktometer HAR 590 (Zeiss- Humphrey), der Brightness Acuity Tester BAT (Mentor), der Nadler- Miller- Glare- Tester (Titmus Optical) und das Rodatest (Rodenstock). Diese Geräte prüfen nicht unter den von der DOG empfohlenen Standardbedingungen und sind deshalb für Gutachtenzwecke nicht anzuwenden.

6.
Dunkeladaptometrie

6.1.
Untersuchungsziel

Ausgehend von einer sehr hellen Umfeldbeleuchtung prüft die Dunkeladaptometrie den Anpassungsvorgang des visuellen Systems an völlige Dunkelheit. Die Lichtempfindlichkeit wird anhand der Angaben des Patienten ermittelt, dem mit wechselnder Intensität ein Lichtreiz dargeboten wird. Die Steigerung der Lichtempfindlichkeit um mehr als den Faktor 1010 ist eine gemeinsame Leistung von Photorezeptoren, Pigmentepithel, retinalem Netzwerk und zentraler Signalverarbeitung (Übersicht in Hess et al., 1990).

6.2.
Definitionen und physiologische Grundlagen

Dunkeladaptation ist der Anpassungsvorgang des visuellen Systems an Dunkelheit. In der Dunkeladaptometrie wird dieser Vorgang durch wiederholte Bestimmung der Wahrnehmungsschwelle untersucht. Ausgangspunkt ist eine definierte Umfeldbeleuchtung, die einen bestimmten Anteil des Pigments bleicht[1] , d.h. reversibel inaktiviert. Nach Ausschalten der Umfeldbeleuchtung beginnt die Retina, sich an die Dunkelheit zu adaptieren, und die Untersuchung wird solange fortgesetzt, bis die maximale Lichtempfindlichkeit (Absolut- bzw. Endschwelle) erreicht ist.

Die alleinige Bestimmung der Endschwelle ohne vorangehende Pigmentbleichung ist der "richtigen" Dunkeladaptometrie in mehrfacher Hinsicht unterlegen:

1. Die Leistungsfähigkeit der Pigmentregeneration wird nicht in ihrem vollen Umfang geprüft.
2. Da der Ausgangszustand kaum definiert ist, ist die Sensitivität des Verfahrens für das Aufspüren einer verzögerten Adaptation geringer.
3. Aufgrund der fehlenden Information über den Verlauf der Anpassung bleiben Störungen des Zapfensystems unentdeckt.
4. Aus dem gleichen Grund kann eine pathologische erhöhte "Endschwelle" nur unbefriedigend interpretiert werden. Wenn die Wahrnehmungsschwelle nicht über einen ausreichend langen Zeitraum untersucht wird, ist noch nicht einmal bekannt, ob tatsächlich die Endschwelle (die maximale Empfindlichkeit) erreicht ist, oder eine verlangsamte Dunkeladaptation vorliegt.

[1] Der Ausdruck "gebleichtes" Pigment entspringt der frühen Beobachtung, dass die Retina unter Lichteinfluß abblasst: durch die Aktivierung der Photopigmente und die sich anschließende Reaktionskette ändern sich deren Absorptionseigenschaften.

6.3.
Indikationen

Die Dunkeladaptometrie leistet Hilfe bei der Diagnostik oder Verlaufskontrolle von Erkrankungen der Netzhaut mit genetischer Ursache (z.B. Retinitis pigmentosa und RP- assoziierte Syndrome, Kongenitale Stationäre Nachtblindheit, Fundus albipunctatus, Oguchi Krankheit, Morbus Stargardt, Achromatopsie), bei entzündlichen Erkankungen (z.B. posteriore Uveitis), einer Behandlung mit retinotoxischen Medikamenten (z.B. Chloroquin, Ethambutol), Exposition gegenüber retinotoxischen Stoffen (z.B. Eisenoxid) oder bei subjektiven Beschwerden (z.B. "Nachtblindheit" oder Anpassungsstörungen an Dunkelheit).

6.4.
Methodik

6.4.1.
Vorbereitung

Vor Beginn der eigentlichen Untersuchung ist zu klären, ob der Patient in den zurückliegenden 24 Stunden einer außergewöhnlichen Lichtbelastung ausgesetzt war, die die Dunkeladaptation beeinträchtigen würde (z.B. Fundusphotographie). Es ist weiterhin zu empfehlen, den Patienten schon vor der Dunkeladaptometrie am besten eine halbe Stunde lang einer deutlich geringeren Umgebungshelligkeit, z.B. weniger als 0,01 cd/ m-2 auszusetzen. Die Pupille wird weitgestellt, und, da ihre Durchtrittsfläche die retinale Beleuchtungsstärke beeinflußt, der Durchmesser vor und nach der Pigmentbleichung dokumentiert. Am Adaptometer ist die erforderliche Korrektion für die bestehende Meßentfernung einzusetzen.

Die Einweisung des Patienten, sinnvollerweise anhand eines kurzen Testdurchlaufs ohne Pigmentbleichung, verbessert die Zuverlässigkeit der Antworten. Bei einfühlsamer Durchführung können bereits Kinder im Grundschulalter zuverlässig untersucht werden. Für die Qualität der erhobenen Schwellendaten ist es wichtig, daß die Versuchsperson ein konstantes Antwortkriterium beibehält, sich also weder besonders anstrengt, noch unaufmerksam wird. Weiterhin muß auf das Phänomen von Nachbildern hingewiesen und die Versuchsperson angeleitet werden, nur dann den Taster zu drücken, wenn sie relativ sicher das Aufleuchten des Testreizes beobachtet.

6.4.2.
Pigmentbleichung

Die Dunkeladaptometrie beginnt mit der Bleichung von etwa 70% des Stäbchen- und 88% des Zapfenpigments. Niedrigere Bleichungen führen zu einer undeutlicheren Ausprägung der Zapfenadaptation und des Kohlrausch'schen Knickes, während intensivere Bleichungen bei pathologisch verzögerter Dunkeladaptation zu einer deutlichen Verlängerung der Adaptationsdauer führen, und die Aussagekraft der Untersuchung nicht entscheidend erhöhen. Idealerweise wird die Bleichung mit einem Ganzfeld durchgeführt, damit der anzubietende Testreiz nicht von einem ungebleichten Netzhautareal gesehen wird. Das Helladaptationsfeld muß auf jedem Fall deutlich größer sein als der Testreiz, wobei die mögliche Detektion des Reizes anhand des Streulichts zu bedenken bleibt. Die Bleichung sollte mit einer nach CIE D65 weißen Lichtquelle (Farbtemperatur 6500° K) durchgeführt und der Blauanteil durch einen Gelbfilter (z.B. Schott OG 530, 2 mm) reduziert werden, da dies das Gefühl der Blendung, den Umfang der Bildung von Photopigmentzwischenprodukten und potentiell schädliche photochemische Vorgänge reduziert. Wird ein Gelbfilter verwendet, ist für die Umrechnung von photopischen in skotopische Trolands (siehe unten) ein Umrechnungsfaktor erforderlich, der die unterschiedliche spektralen Empfindlichkeit von Zapfen und Stäbchen berücksichtigt. Für die oben genannte Lichtquelle mit einer dominanten Wellenlänge von 578 nm wird bei einer retinalen Beleuchtungsstärke (Pupillenlichtstärke) von 104,77 skotopischen Troland (105,18 photopischen Troland) nach 3 min das gewünschte Gleichgewichtsverhältnis von gebleichtem zu ungebleichtem Pigment erreicht (Alpern, 1971; Hollins and Alpern, 1973; Kaiser und Boynton, 1996, Wyszecki und Stiles, 1982).. Alternativ ist mit höherer Intensität für weniger als 30 Sekunden eine schnelle Bleichung möglich.

6.4.3.
Untersuchungsablauf

Die Position des Patienten relativ zum Adaptometer wird durch eine Positionierungshilfe (Kopf- und Stirnstütze) sichergestellt. Zur Schwellenbestimmung wird ein Testreiz 14º nasal im Gesichtsfeld angeboten. Befindet sich an dieser Stelle, an der die Dichte der Stäbchen am höchsten (Curcio et al.,

1990) und die Wahrnehmungsschwelle am niedrigsten ist, ein Skotom, sollte an eine andere Stelle mit gleicher Exzentrizität ausgewichen werden. Der Abbildungsort des Testreizes auf der Netzhaut wird durch die relative Position eines roten Fixationslichts bestimmt, dessen Intensität so nachgeführt wird, daß er nicht mehr als dreimal so hell (+0,5 log) ist, wie zu seiner Wahrnehmung erforderlich wäre. Das Adaptometer muß den Testreiz in Helligkeitsschritten von 0,1 log anbieten können. Die technisch mögliche Leuchtdichte der Testreize sollte relativ zu der mittleren Endschwelle von Normalpersonen einen Bereich von 0,5 log dunkler bzw. 5 log heller umfassen. Der Testreiz sollte mindestens 3º Durchmesser haben, neutral weiß oder grün (507 nm) sein und nicht häufiger als einmal pro Sekunde für 0,1 s als Rechteck- Impuls angeboten werden. (Eine einfache Unterscheidung der Zapfen- und Stäbchenantwort ist mit einem zusätzlich alternierend angebotenem roten Reiz möglich, der fast ausschließlich mit Hilfe der Zapfen wahrgenommen wird.)

Ein Testreiz gilt als erkannt, wenn der Patient den Signaltaster innerhalb von 0,1 s bis 1,5 s betätigt hat. Mit einer anerkannten Schwellenstrategie (Treutwein, 1995) wird die Schwellenleuchtdichte, bei der 50% der Darbietungen erkannt werden, und ein Maß für die Zuverlässigkeit dieser Angabe ermittelt. Dies geschieht bis zur 3. Minute alle 30 Sekunden, bis zur 20. Minute jede Minute und anschließend alle zwei Minuten. Die Dunkeladaptationsbestimmung sollte bis zur 40. Minute fortgesetzt werden, bei sichtbarer Verzögerung der Adaptation unter Anpassung von Pausen entsprechend länger.

Der Testreiz sollte mindestens 3º Durchmesser haben, neutral weiß oder grün (507 nm) sein:

Eine einfache Unterscheidung der Zapfen- und Stäbchenantwort ist mit einem zusätzlich alternierend angebotenem roten Reiz möglich, der fast ausschließlich mit Hilfe der Zapfen wahrgenommen wird.

6.5.
Fehlerquellen

An erster Stelle der Fehlermöglichkeiten steht die ungenügende Mitarbeit der Patienten, an die die Dunkeladaptometrie hohe Anforderungen stellt. Schlechte Motivation, fehlendes Verständnis oder Ermüdung können die Dunkeladaptometrie zu einem sinnlosen Unterfangen machen. An zweiter Stelle stehen Fehler bei der Bleichung des Sehpigments, entweder durch Änderungen der Eintrittsöffnung (Nystagmus, Blinzeln, Zukneifen der Lider, unberücksichtigte Synechien, die die Pupillendurchtrittsfläche verengen) oder durch eine vorbestehende Bleichung nach anderen Untersuchungen oder Lichtbelastungen. Bei Sprüngen in der Adaptationskurve oder unerklärlich hohen Schwellenwerten ist an ungenügende oder wechselnde Fixation zu denken (parazentrale Fixation, Nystagmus, Unaufmerksamkeit). Bei parazentraler Fixation schielender Patienten muß die relative Position des Testlichts entsprechend angepaßt werden. Schließlich sei auf die Möglichkeit hingewiesen, daß das untersuchte Netzhautareal nicht repräsentativ für die durchschnittliche Funktion der Netzhaut ist, z. B. wenn im Bereich eines relativen Skotoms gemessen wurde.

6.6.
Befunddarstellung

Voraussetzung für einen validen Befund ist die regelmäßige Kalibrierung des Adaptometers und die vollständige Angabe der Untersuchungsbedingungen. Die ermittelten Schwellen sollten im Logarithmus der nach der spektralen Empfindlichkeitskurve der Stäbchen (V'l) gewichteten Pupillenlichtstärke erfolgen (Einheit: skotopische Troland). Diese ist das Produkt aus der (skotopischen) Leuchtdichte (cd/m²) und der Pupillendurchtrittsöffnung (mm²) und beschreibt die retinale Beleuchtung. Zu jeder Schwelle sollte eine Einschätzung der Zuverlässigkeit der Angaben und der (bevorzugt alterskorrelierte) Normbereich angeführt werden.

Es ist dringend empfehlenswert, schon während der Messung die bereits erhobenen Daten graphisch darzustellen. Dies macht es für den Untersucher einfacher, die Konsistenz der Antworten einzuschätzen, Probleme zu erkennen und, wenn möglich, zu beheben, und bei einem atypischen Verlauf den richtigen

Zeitpunkt zum Beenden der Messung zu wählen. Für den abschließenden Befund empfiehlt sich eine kombinierte graphische und tabellarische Angabe der Zeiten, Schwellen und Zuverlässigkeitswerte. Neben der Schwelle während des Zapfenplateaus und der Endschwelle sollte angegeben werden, in welchem Umfang der Verlauf der Zapfen- oder Stäbchenadaptation gegenüber der Norm verzögert ist.

6.7.
Qualitätskriterien

Die Qualitätsansprüche sind dem Text und den Tabellen zu entnehmen.

6.8.
Literatur

1. Alpern M (1971) Rhodopsin kinetics in the human eye. Journal of Physiology 217: 447-471
2. Bungart K. (1961) Dunkeladpatationsprüfung am Hemispherenperimeter. Vortrag bei der Jahrestagung der Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft, in: W. Jaeger (Ed.), Bericht über die 63. Zusammenkunft in Berlin 1960, 63:281-285, München, J F Bergmann
3. Curcio CA, Sloan KR, Kalina RE, Henrickson AE (1990) Human photoreceptor topography. The Journal of Comparative Neurology 292: 497-523
4. Friedburg C (1997) Zeitliche und räumliche Charakteristika der Detektion visueller Einzelreize während Hell- und Dunkeladaptation. Med. Dissertation, Eberhard- Karls-Universität Tübingen
5. Friedburg C, Sharpe LT, Beuel S, Zrenner E (1998) A computer-controlled system for measuring dark adaptation and other psychophysical functions. Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthal-mology 236: 31-40
6. Hall JL (1981) Hybrid adaptive procedures for estimation of psychometric functions. Journal of the Acoustical Society of America 69: 1763-1769
7. Harms H. (1961) Die Bedeutung einer einheitlichen Prüfweise aller Sehfunktionen. Vortrag bei der Jahrestagung der Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft, in: W. Jaeger (Ed.), Bericht über die 63. Zusammenkunft in Berlin 1960, 63: 281-285, München, J F Bergmann
8. Hess RF, Sharpe LT, Nordby K (1990) Night vision: basic, clinical and applied aspects. Cambridge Uni-versity Press, Cambridge, New York, Port Chester, Melbourne, Sydney
9. Hollins M und Alpern M (1973) Dark adaptation and visual pigment regeneration in human cones. Jour-nal of General Physiology 62, 430-447
10. Jayle GE, Ourgaud AG, Holmes WJ, Duke-Elder S (1959) Night vision. Thomas Books, Springfield, Illinois
11. Jacobson SG, Voigt WJ, Parel J-M, Apathy PP, Nghiem-Phu L, Myers SW, Patella M (1986) Automated light- and dark adapted perimetry for evaluating retinitis pigmentosa. Ophthalmology 93, 1604-1611
12. Kaiser PK und Boynton RM (1996) Human color vision (2nd edition). Optical Society of America, Washington, San Francisco: 213
13. Sérey L, Rilk A, Beuel S, Friedburg C, Sharpe LT, Zrenner E (1998) Dark adaptation goggles. Investiga-tive Ophthalmology and Visual Science 39: 401
14. Sérey L (1999) Adaptometrie mit der Dunkeladaptationsbrille. Med. Dissertation, Eberhard- Karls-Universität Tübingen
15. Sloan LL (1971) The Tübinger Perimeter of Harms and Aulhorn. Archives of Ophthalmology 86: 612-622
16. Treutwein B (1995) Adaptive Psychophysical Procedures. Vision Research 35: 2503-2522
17. Wyszecki G und Stiles WS (1982) Color Science: Concepts and methods, quantitative data and formulae (2nd edition). John Wiley & Sons, New York: 588-590

6.9.
Geräteliste

Folgende kommerziell erhältliche Geräte zur Dunkeladaptometrie sind bekannt:

1. Goldmann-Weekers Adaptometer (Fa. Haag- Streit AG, Köniz, Schweiz; Jayle et al., 1959)
2. Tübinger Handperimeter (Fa. Oculus, Wetzlar, Deutschland; Harms, 1961; Bungart, 1961; Sloan, 1971)
3. Dunkeladaptationsbrille (Steinbeis- Zentrum für Biomedizinische Optik und Funktionsprüfungen, Tübingen; Sérey et al., 1998; Sérey, 1999)
4. SST-1: Scotopic Sensitivity Tester (Fa. LKC Technologies, Gaithersburg, MD, USA; bisher nicht evaluiert)

Tabelle 6.9.1 zeigt, welche Parameter bereits jetzt eingehalten werden können. Kommerziell derzeit nicht erhältlich sind das modifiziertes Humphrey Perimeter (Jacobson et al., 1986) und der Programmierbare Universelle Lichtstimulator 'PULS' (Friedburg et al., 1996; Friedburg 1997).

Tabelle 6.9.1

			Goldmann- Weekers	Tübinger Hand-Perimeter	TAG Dunkel-adaptationsbrille
1. Pigmentbleichung					
1.1	Dauer		Nur lang	Nur lang	Nur lang
1.2	Gebleichtes Pigment	Stäbchen	≤ 64%	≤ 72%	≤ 64% (565 nm)
		Zapfen	≤ 67%	≤ 75%	≤ 49% (565 nm)
1.3	Feldgröße		Ganzfeld	Ganzfeld	60°
1.4	Spektrum (Farbtemperatur)		2900 K	2900 K	565 nm + 635 nm
2. Reizdarbietung					
2.1	Positionierung des Patienten		Kinnstütze	Kinn- und Stirnstütze	Befestigung am Kopf
2.2	Fixationslicht		Ja	Ja	Ja
2.3	Netzhautposition des Reizes		Frei einstellbar	Frei einstellbar	Verstellbar
2.4	Größe		5°, 11°, Ganzfeld	≤ 2,1°	≤ 60°
2.5	Farbe		Nur weiß, kein Filterhalter	Filter einschwenkbar	565 nm + 635 nm
2.6	Erforderlicher Intensitätsbereich		Erfüllt	Erfüllt	Erfüllt
2.7	Auflösung des Intensitätsbereichs		Nur durch Ablesege-nauigkeit begrenzt	0,1 log- Einheiten	0,1 log- Einheiten
2.8	Zeitliches Profil		Sinus	Rechteck	Rechteck
2.9	Dauer		Fix	Einstellbar	Einstellbar
2.10	Reaktionsfenster		Nein	Nein	Ja
2.11	Verfahren zur Schwellenbestimmung		Nur manuell, keine Abstufung	Nur manuell	Automatisch (Hall, 1981)
2.12	Häufigkeit d. Schwellenbestimmung		Beliebig	Beliebig	Beliebig
2.13	Darbietungsfrequenz		1 s-1 oder beliebig	Beliebig	Beliebig
2.14	Untersuchungsdauer		Beliebig	Beliebig	Beliebig

		Goldmann- Weekers	Tübinger Hand-Perimeter	TAG Dunkel-adaptationsbrille
3. Auswertung				
3.1	Helligkeitsangabe	Umrechnung erforderlich	Umrechnung erforderlich	Sofortige Umrechnung
3.2	Darstellung während der Messung	Primärdaten mit Stechregistrierung	Nur mit Zusatzgerät	Primärdaten
3.3	Abschlussdarstellung	Wie 3.2	wie 3.2	Schwelle mit Streuungsmaß
3.4	Weitergehende Auswertung	Nein	Nein	Ja

Die Kommisssion dankt Herrn Dr. C. Friedburg, z.Zt. in Cambridge, England, Herrn Dr. L. Sérey, Herrn Prof. Dr. L.T. Sharpe und Herrn Prof. Dr. E. Zrenner, Universitäts-Augenklinik Tübingen für diesen Beitrag, den sie aufgrund ihrer reichhaltigen fachlichen Erfahrungen auf dem Gebiet im Auftrag der Kommission verfasst haben.

7.
Elektrophysiologie

7.1.
Empfehlungen zur elektrophysiologischen Diagnostik des Auges

Diese Zusammenstellung gibt einen Überblick über die derzeit klinisch anwendbaren elektrophysiologischen Untersuchungsmethoden, die grundlegenden Anforderungen an ihre Durchführung sowie die Indikationen für verschiedene Methoden.

7.1.1.
Methoden

Elektrophysiologische Methoden:
- Elektrookulogramm (EOG)
- Elektroretinogramm (Blitz-ERG, multifokales ERG, Muster-ERG)
- visuell evozierte (corticale) Potenziale (Muster-VEP, Blitz-VEP, Visus-VEP)

Ergänzende Methoden:
z. B. Sehschärfe, Farbensehen, Gesichtsfeld, Fixation, Orthoptischer Status, Dunkeladaptation, Dämmerungssehen, Blendempfindlichkeit, Kontrastsehen, Autofluoreszenz des retinalen Pigmentepithels, Angiografie, Optische Kohärenztomografie, Ultraschall.

7.1.2.
Voraussetzungen für die Durchführung und Beurteilung elektrophysiologischer Untersuchungen

Allgemeine Voraussetzungen
Es ist wichtig darauf hinzuweisen, dass der Einsatz elektrophysiologischer Methoden sowie die Beurteilung der damit erhobenen Untersuchungsergebnisse nicht ohne Kenntnis der Anamnese und aller okulärer Befunde möglich ist. Bei allen Methoden ist diese Kenntnis zur Minimierung von Ableitungsfehlern und von falschen Interpretationen erforderlich. Zum Beispiel ist für die Ableitung visuell evozierter Potenziale die Kenntnis der Sehschärfe und Refraktion Voraussetzung für die richtige Methodenwahl (Blitz- oder Muster-VEP); bei ERG und VEP sind die Kenntnisse von Medientrübungen und des Fundusbefundes für die richtigen Schlussfolgerungen entscheidend. Die diagnostisch korrekte Einordnung elektrophysiologischer Befunde ist - wie bei den meisten Funktionsprüfungen - nur in der Gesamtzusammenschau aller relevanter Befunde möglich. Elektrophysiologische Untersuchungen sind daher nur in Kombination mit anderen ophthalmologischen Untersuchungen sinnvoll.

Personelle Voraussetzungen
Die Durchführung elektrophysiologischer Untersuchungen erfordert eine ausführliche Einübung. So können Variationen in der Positionierung der Elektroden zu erheblichen Änderungen der gemessenen Potenziale und damit zu einem falschen Ergebnis führen. Der Untersucher muss in der Lage sein, während der Untersuchung das eingehende Signal zu beobachten und auf mögliche Fehler und Artefakte (schlechte Kooperation, schlechter Elektrodensitz, etc.) zu beurteilen und diese zu korrigieren. Eine wesentliche Voraussetzung für die Beurteilung elektrophysiologischer Untersuchungsbefunde sind die Kenntnis der Befundvariabilität beim Gesunden, sowie eingehende Kenntnisse über elektrophysiologische Befunde bei verschiedenen Stadien okulärer und zerebraler Erkrankungen.

Technische Voraussetzungen
Die Geräte müssen den aktuellen medizinischen Gerätestandards für elektrische Geräte für die Untersuchung am Menschen entsprechen. Es ist zur Vergleichbarkeit der Untersuchungsergebnisse und Sicherung der Qualität erforderlich, dass die hier aufgeführten elektrophysiologischen

Untersuchungsmethoden den Anforderungen der Leitlinien und Standards der International Society for Clinical Electrophysiology of Vision (ISCEV) entsprechen.

Normwerterstellung
Jede Ableitung elektrischer Potenziale beim Menschen wird ebenso wie die Reizbedingungen von den lokalen Gegebenheiten beeinflusst. Dies bedeutet, dass in jedem Labor für jedes Gerät eigene Normwerte zu erheben sind. Diese Normwerte sollten an nur je einem Auge von augengesunden Normalpersonen verschiedener Altersgruppen gewonnen werden. Es muss berücksichtigt werden, dass bei Kleinkindern Reifungsvorgänge noch nicht abgeschlossen sind und daher Normwerte vorliegen, die sich von denen des Erwachsenen stark unterscheiden. Ebenso sind einige Potenziale auch im höheren Lebensalter verändert. Hohe Refraktionsfehler (insbesondere Myopien) können zu niedrigeren Potenzialen im ERG führen. Bei der Erstellung von Normwerten ist daher die Refraktion zu berücksichtigen. Zur Beurteilung der Normwerte sind pro Methode mindestens 20 Augen pro Lebensdekade zu untersuchen, besser noch wären 40 Augen. Da die ermittelten Normwerte meist nicht einer Normalverteilung entsprechen, ist es besser, nicht den Mittelwert, sondern den Median anzugeben, und nicht Standardabweichungen, sondern die 5 - 95%-Konfidenzintervalle zu verwenden.

Untersuchung von Kindern
Untersuchungen bei Kindern erfordern nur selten eine Narkose. Im Umfang verkürzte Untersuchungen eines Auges sind ohne Narkose, eventuell mit Sedierung (z. B. Chloralhydrat) durchführbar. Falls eine Untersuchung ohne Narkose unmöglich ist, muss abgewogen werden, ob der erwartete diagnostische Nutzen eine Narkose rechtfertigt.

7.1.3.
Dokumentation

Neben den üblichen Patientendaten sollten die Details der angewendeten Methode (eingesetzte Tests, etwaige Abweichungen von bekannten Leitlinien und Standards) und der Vorbereitung (Zeit für Dunkel-, Helladaptation; Ableitung mit/ohne Brille) aufgeführt werden. Die Ergebnisse der verschiedenen Untersuchungen sind im Vergleich zu den laboreigenen Normwerten anzugeben. Optimal wäre zusätzlich die Darstellung einer repräsentativen Normantwort im Vergleich zu den Reizantworten des Patienten.

7.2.
Elektrookulographie (EOG)

7.2.1.
Untersuchungsziel

Untersuchung der Funktion des Photorezeptor-Pigmentepithel-Komplexes. Bei intakten Photorezeptoren (= normale a-Welle im ERG) besteht die Möglichkeit, die Pigmentepithelfunktion zu beurteilen.

7.2.2.
Definition

Messung der belichtungsabhängigen Änderung des okulären Bestandpotenzials. Physiologische Grundlage ist ein im Auge bestehendes Bestandspotenzial, das vorwiegend transepithelial im Pigmentepithel entsteht. Die Hornhaut ist relativ zum hinteren Pol positiv (okulärer Dipol). Nach Lichteinfall auf die Netzhaut kommt es innerhalb von 60 bis 75 s zu einer raschen Abnahme des Bestandspotenzials (schnelle Oszillation), gefolgt von einem langsamen Potenzialanstieg in einer Zeit von 7 bis 14 Minuten (Hellanstieg, langsame Oszillation). Ursache des Hellanstiegs ist eine langsame Depolarisierung der basalen Zellmembran der retinalen Pigmentepithelzellen. Es konnte gezeigt werden, dass vorwiegend Stäbchen, aber auch Zapfen einen Einfluss auf die lichtabhängigen

Potenzialänderungen haben. In der Regel wird nur der Hellanstieg (langsame Oszillation) im EOG untersucht. Die schnellen Oszillationen werden derzeit von verschiedenen Arbeitsgruppen untersucht. Derzeit ist ihre klinische Relevanz nicht abzuschätzen.

7.2.3.
Indikation

Morbus Best, insbesondere zur Entdeckung klinisch gesunder Genträger. Seltener andere hereditäre und erworbene, insbesondere toxische Erkrankungen der Netzhaut.

7.2.4.
Methodik

Untersuchungsmethodik:
Die Untersuchungsbedingungen müssen den von der ISCEV erarbeiteten Standards für klinische Elektrookulografie (Marmor & Zrenner 1993) entsprechen. Änderungen des Bestandspotenzials werden indirekt gemessen, indem durch Augen¬bewegungen induzierte Potenzialänderungen des elektrischen Feldes zwischen zwei Hautelektroden registriert werden, die medial und lateral neben den Augen angebracht werden.

Technische Voraussetzungen:
Zur Stimulation der Netzhaut mit weißem Licht sollte ein Ganzfeld verwendet werden, um eine gleichmäßige Ausleuchtung der Netzhaut zu erreichen. Leuchtdioden zur Fixation werden so angebracht, dass Blickbewegungen von 30o induziert werden. Als Hautelektrode können Silber-Silberchlorid- oder Gold-Elektroden verwendet werden.

Patientenvorbereitung:
Pupillen können neutral oder dilatiert sein (s.u.). Je zwei Elektroden pro Auge werden an beiden Seiten der Lidwinkel befestigt. Eine Masseelektrode sollte an der Stirn oder an anderer Stelle angebracht werden. Blickbewegungen sollten in Intervallen von 1 bis 2,5 s erfolgen, und je 10 Blickbewegungen pro Messung durchgeführt werden. Mindestens 15 Minuten vor der Untersuchung sollte der Patient nur normalem Raumlicht ausgesetzt werden, starke Helligkeit (Sonne, Ophthalmoskopie, Angiografie, Fundusfotografie) ist innerhalb einer Stunde vor Untersuchung zu vermeiden.

Testablauf:
Zwei Testmöglichkeiten können alternativ gewählt werden, die schnellen Oszillationen können ergänzend untersucht werden:

1. Der Arden-Test:
   Einer Dunkelphase (15 min) folgt eine Hellphase (12 bis 15 Minuten). Ergebnis ist das Verhältnis von Hellanstieg (Maximum Hellphase) zu Dunkeltal (Minimum Dunkelphase). Dieser Test hat den Vorteil der kürzeren Untersuchungsdauer, der Nachteil ist die höhere Variabilität der Ergebnisse.
2. Hellanstieg vs. dunkeladaptierte Grundlinie:
   Dabei erfolgt eine längere Dunkeladaptation (40 min.) mit einer langsamen kontinuierlichen Absenkung der Umfeldbeleuchtung. Daher entsteht kein Dunkeltal, sondern eine Einstellung des Potenzials auf eine "Grundlinie". Anschließend folgt der Hellanstieg. Ergebnis ist das Verhältnis von Hellanstieg (Maximum Hellphase) zur Grundlinie. Dieser Test dauert länger, zeigt aber eine geringere Variabilität. Die Helligkeit des Stimulus für den Hellanstieg sollte 50 bis 100 cd/m2 bei dilatierter Pupille und 400 bis 600 cd/m2 bei neutraler Pupille betragen.
3. Schnelle Oszillation:
   Vor der jeweiligen Dunkelphase können durch einige Reizintervalle von abwechselnd je 60 bis 80 Sekunden hell und dunkel die schnellen Oszillationen ausgelöst werden.

4. Untersuchungsdauer:
   45 bis 60 Minuten.

7.2.5.
Fehlerquellen

Wesentliche Fehlerquellen beruhen auf nicht koordinierten Blickbewegungen (unzureichende zentrale Fixation, Nystagmus, mangelnde Kooperation) oder auf schlechtem Elektrodensitz.

7.2.6.
Befunddarstellung, Wiedergabe

Die Blickbewegungen führen zu entsprechenden Potenzialwechseln. Diese Originalmessungen sollten zur Beurteilung der Qualität auch bei Geräten mit automatischer Messung dargestellt werden. Mögliche Artefakte durch überschießende Blickbewegungen müssen berücksichtigt werden. Da der Basiswert und die Höhe des Hellanstiegs interindividuell stark variieren, dient als Parameter für die Beurteilung eines EOG`s die prozentuale Höhe des Hellanstiegs in Bezug entweder zum Dunkeltal oder zur Grundlinie. Die Latenz zwischen Beginn der Hellphase und Gipfel des Hellanstiegs liegt meist um 8 min., sie ist in einigen Fällen deutlich verlängert und sollte angegeben werden. Darüber hinaus sollte das Bestandspotenzial im Dunkeltal bzw. an der Grundlinie in µV angegeben werden.

7.2.7.
Qualitätskriterien

Wichtigstes Qualitätskriterium ist die Reproduzierbarkeit der abgeleiteten Potenziale.

7.2.8.
Literatur

1. Bach M, Kellner U (2000) Elektrophysiologische Diagnostik in der Ophthalmologie. Ophthalmologe 12:898-920
   ISCEV- Homepage: http://www.iscev.org
2. Marmor MF, Zrenner E (1993) Standard for clinical electro-oculography. Arch Ophthalmol 111:601-604
3. Marmor MF (1998) Standardization notice: EOG standard reapproved. Doc Ophthalmol 95:92-92

7.2.9.Gerätetabellen

Gemeinsam für alle elektrophysiologischen Untersuchungen am Ende von Abschnitt 7.

7.3.
Elektroretinografie (Blitz-ERG, Ganzfeld-ERG)

7.3.1.
Untersuchungsziel

Untersuchung der Funktion retinaler Zellen in den äußeren und mittleren Netzhautschichten (Photorezeptoren, Bipolarzellen, Müller-Zellen und amakrine Zellen).

7.3.2.
Definition

Ableitung eines durch einen Lichtreiz ausgelösten Summenpotenzials der Netzhaut mit Hilfe einer Hornhautelektrode. Durch Variation des Lichtreizes und der Adaptation des Auges sind Summenpotenziale mit unterschiedlicher Zusammensetzung des retinalen Ursprungs ableitbar. Weil die mit dem ERG abgeleiteten Potenziale einer Summenantwort zahlreicher retinaler Zellen entsprechen, sind generalisierte Störungen leichter als regionale Störungen zu erkennen. Die in zeitlicher Folge nach einem Lichtreiz in der Netzhaut auftretenden Potenziale verschiedener Zellen überlagern sich gegenseitig. Während die Potenziale einiger Zellgruppen die Reizantwort dominieren, lassen sich Potenziale anderer Zellgruppen nur mit sehr speziellen Reizbedingungen nachweisen. Durch Kombination spezifischer Reizbedingungen besteht die Möglichkeit, bestimmte Zellsysteme der Netzhaut differenziert zu untersuchen. Antworten auf schwache Lichtreize bei Dunkeladaptation entstammen dem Stäbchensystem, auf helle Lichtreize oder Flimmerlicht bei Helladaptation dem Zapfensystem.
Die a-Wellen entstammen den Photorezeptoren, die b-Wellen dem Komplex von Bipolar- und Müller Zellen und die oszillatorischen Potenziale wahrscheinlich den amakrinen Zellen.

7.3.3.
Indikation

Erstdiagnose, Differenzialdiagnose und Verlaufskontrolle hereditärer Netzhauterkrankungen; Differenzieren zwischen Erkrankungen der Stäbchen, Zapfen und inneren Netzhautschichten; Erkennen nicht manifestierender Genträger (x-chromosomale Retinitis pigmentosa, kongenitale stationäre Nachtblindheit); Früherkennen toxischer Netzhautschäden; Verlaufs- und Therapiekontrolle bei einzelnen Netzhauterkrankungen; Funktionsabschätzung bei massiven Medientrübungen, bei unklarer Vorgeschichte; Vitamin A-Mangel; unklare Visusminderungen oder Gesichtsfeldausfälle (nach VEP und mfERG); Prüfung auf Simulation und Aggravation (nach VEP, PERG und mfERG); Evaluierung der Netzhautfunktion (Gutachten).

7.3.4.
Methodik

Untersuchungsmethodik:
Die Untersuchungsbedingungen müssen den von der ISCEV erarbeiteten Standards für klinische Elektroretinografie (Marmor et al. 1989 u. 1995) entsprechen.

Technische Voraussetzungen:
Zur Stimulation der Netzhaut mit weißem Licht sollte ein Ganzfeld verwendet werden, um eine gleichmäßige Ausleuchtung der Netzhaut zu erreichen. Die besten Ableitbedingungen hat man mit einer Hornhaut-Kontaktlinsen-Elektrode. Faden- und Goldfolien-Elektroden mit Hornhautkontakt führen zu etwas niedrigeren Amplituden und unter Umständen etwas schlechter reproduzierbaren Potenzialen, können aber bei entsprechender Erfahrung ebenfalls verwendet werden. Referenz¬elektroden können an der Stirn oder seitlich am Auge angebracht werden. Die Masseelektrode kann z. B. am Ohrläppchen angebracht werden.

Lichtquelle:
Es sollten kurze Lichtreize (< 5 ms) von weißem Licht verwendet werden. Ein Blitz von 1,5 bis 3,0 cd.s.m-2 wurde als Standardblitz definiert. Bei Helladaptation sollte die weiße Hintergrundbeleuchtung eine gleichmäßige Helligkeit von 17 bis 34 cd.m-2 haben. Bei Verwenden eines Standardblitzes am oberen Ende des definierten Bereichs sollte auch die Hintergrundleuchtdichte im helleren Bereich liegen und umgekehrt. Um schwache Lichtreize zu erhalten, muss die Möglichkeit bestehen, den Standardblitz um mindestens 3 logarithmische Einheiten zu reduzieren.

Verstärker:
Der Frequenzbereich sollte 0,3 bis 300 Hz umfassen. Für die oszillatorischen Potenziale ist eine Einschränkung auf 75 bis 300 Hz erforderlich.

Patientenvorbereitung:
Eine maximale Pupillendilatation ist zur gleichmäßigen Ausleuchtung der Netzhaut notwendig. Eine 20-minütige Dunkeladaptation ist vor Beginn der Untersuchung erforderlich. Starke Helligkeit (Sonne, Ophthalmoskopie, Angiografie) sollte innerhalb einer Stunde vor Untersuchung vermieden werden.

Testablauf

1. Stäbchenantwort: Sie wird nach der Dunkeladaptation mit einem schwachen Blitz (2,5 logarithmische Einheiten unter dem Standardblitz) abgeleitet.
2. Maximalantwort (kombinierte Stäbchen-Zapfenantwort): Sie wird bei Dunkeladaptation mit dem Standardblitz abgeleitet.
3. Oszillatorische Potenziale: Sie werden wie die Maximalantwort bei Dunkeladaptation mit dem Standardblitz, aber mit einem veränderten Frequenzbereich abgeleitet (s.o.).
4. Zapfenantwort auf Einzelblitze: Sie wird nach 10-minütiger Helladaptation bei Hintergrundbeleuchtung mit dem Standardblitz abgeleitet.
5. Zapfenantwort auf Flimmerlicht: Sie wird bei Hintergrundbeleuchtung mit dem Standardblitz mit einer Blitzfrequenz von 30 Hz abgeleitet.
6. Untersuchungsdauer: 60 Minuten (inkl. Dunkeladaptation).

7.3.5.
Fehlerquellen

Schlecht sitzende Hornhautelektroden und Referenzelektroden an der Haut; unzureichend weite Pupillen mit vermindertem Lichteinfall; Artefakte durch Augenbewegungen während der Ableitung; zu kurze oder inadäquate Dunkel- oder Helladaptation.

7.3.6.
Befunddarstellung, Wiedergabe

In den Einzelblitzantworten (1, 2, 4) sind die a- und b-Wellen die wichtigsten Potenziale. Es werden die Amplituden und Latenzen/Gipfelzeiten der a- und b-Wellen gemessen. Bei der Flimmerlichtantwort (5) werden die Amplitude und die Gipfelzeit gemessen. Bei den oszillatorischen Potenzialen (3) können Amplituden und Gipfelzeiten der einzelnen Potenziale (OP1 - 4) gemessen werden. Es ist erforderlich, neben den gemessenen Werten auch die für das Labor gültigen Normwertbereiche (5 und 95% Perzentile) anzugeben.

7.3.7.
Qualitätskriterien

Wichtigstes Qualitätskriterium ist die Reproduzierbarkeit der abgeleiteten Potenziale.

7.3.8.
Literatur

1. Bach M, Kellner U (2000) Elektrophysiologische Diagnostik in der Ophthalmologie. Ophthalmologe 12:898-920
   ISCEV- Homepage: http://www.iscev.org
2. Marmor MF, et al. (1989) Standard for clinical electroretinography. Arch Ophthalmol 107:816-819
3. Marmor MF, Zrenner E (1999) Standard for clinical electroretinography (1999 update). Doc Ophthalmol 97:143-156

7.3.9.
Gerätetabellen

Gemeinsam für alle elektrophysiologischen Untersuchungen am Ende von Abschnitt 7.

7.4. Multifokale Elektroretinografie (mfERG)

7.4.1.
Untersuchungsziel

Untersuchung der lokalen Funktion retinaler Zellen in den äußeren und mittleren Netzhautschichten (Zapfen, Bipolar-, Müller-Zellen) am hinteren Pol.

7.4.2.
Definition

Ableitung lokaler Summenpotentiale der Netzhaut mit Hilfe einer Hornhautelektrode wie beim konventionellen ERG. Die spezielle Form des Reizes und die nachfolgende Analyse erlauben die Berechnung einer topographischen Karte der ERG-Antworten. Die Stimulation erfolgt in der Regel an einem Monitor, auf dem ein Reizfeld mit vielen Elementen (61 bis 253), typischerweise in sechseckiger Form, dargeboten wird. Die Hälfte der Sechsecke erscheint schwarz, die andere Hälfte weiß. Beim Ansehen scheinen die einzelnen Sechsecke zufällig zu blinken, jedoch wechselt jedes Element in einer vorgegebenen Sequenz (m-Sequenz) zwischen schwarz und weiß, so dass die mittlere Helligkeit gleich bleibt. Bei der Analyse wird das von einer Hornhautelektrode abgeleitete Signal mit den 'schwarz' und 'weiß'- Phasen jedes einzelnen Sechsecks korreliert und daraus das lokale ERG für jedes Sechseck errechnet. Dabei entsteht eine Reizantwort mit einer negativen (N1), positiven (P1) und einer zweiten negativen Komponente (N2).
Aufgrund der Helligkeit werden im mfERG im Allgemeinen nur Potenziale des Zapfensystems gemessen. Das mfERG erlaubt eine detaillierte Untersuchung der Makulafunktion, während im Ganzfeld-ERG Makulaschäden wegen des geringen Anteils der Makula an der Netzhaut (ca. 3%) oft nicht erkennbar sind. Aufgrund der Häufigkeit und Variabilität von Makulaerkrankungen bestehen breite Einsatzmöglichkeiten, wobei die klinische Bedeutung für viele Erkrankungen noch in Studien nachgewiesen werden muss.

7.4.3.
Indikation

Früherkennung von makulären Funktionsstörungen, unter Umständen bei normaler Morphologie; Differenzialdiagnose und Verlaufskontrolle hereditärer Netzhauterkrankungen; Differenzierung zwischen Affektionen von Stäbchen und Zapfen; Früherkennung toxischer Netzhautschäden (Chloroquin); unklare Visusminderungen oder Gesichtsfeldausfälle; Differenzialdiagnose retinaler / postretinaler Schäden in Verbindung mit dem VEP; Simulation / Aggravation in Verbindung mit dem VEP; Evaluierung der Makulafunktion (Gutachten).

7.4.4.
Methodik

Untersuchungsmethodik:
Die Untersuchungsbedingungen müssen der von der ISCEV erarbeiteten Leitlinie für multifokale Elektroretinografie (Marmor et al. 2003) entsprechen.

Technische Voraussetzungen:
Die Präsentationen des Reizfeldes (ca. 20 bis 30 Grad Radius) erfolgt in der Regel auf einem Monitor, kann aber auch über ein Scanning-Laser-Ophthalmoskop erfolgen. Die Leuchtdichte der weißen Felder sollte 100 bis 200 cd/m2 betragen, die Leuchtdichte der schwarzen Felder < 1 cd/m2. Zahlreiche Formationen des Reizfeldes sind denkbar. Üblicherweise besteht das Reizfeld aus 61 (103, 241) Sechsecken, die in Proportion zur Abnahme der Photorezeptordichte von innen nach außen größer werden. Die zentrale Fixation wird durch entsprechende Punkte oder Kreuze vorgegeben.
Die Ableitung erfolgt wie beim ERG mit einer Hornhautelektrode. Die besten Ableitbedingungen hat man mit einer Hornhaut-Kontaktlinsen-Elektrode mit klarer Optik. Faden- und Goldfolien-Elektroden mit Hornhautkontakt führen zu etwas niedrigeren Amplituden und unter Umständen etwas schlechter reproduzierbaren Potentialen, können bei entsprechender Erfahrung aber ebenfalls verwendet werden. Referenzelektroden können an der Stirn oder seitlich am Auge angebracht werden. Die Masseelektrode kann z. B. am Ohrläppchen angebracht werden.
Verstärker: Die Verstärkung sollte 100.000 bis 200.000fach erfolgen. Der Frequenzbereich sollte 3 (bis 10) bis 300 Hz umfassen.

Patientenvorbereitung:
Eine maximale Pupillendilatation sollte erfolgen. Größere Refraktionsfehler (> ± 3 dpt.) sollten ausgeglichen werden. Starke Helligkeit (Sonne, Ophthalmoskopie, Angiografie) sollte innerhalb einer Stunde vor Untersuchung vermieden werden.

Testablauf:
Ableitung von mehreren Untersuchungsabschnitten von jeweils ca. 30 s Dauer nacheinander. Die Zahl der einzelnen Untersuchungsabschnitte sowie deren Dauer hängt von den gewählten Parametern ab. Die Fixation muss während der Ableitung kontrolliert werden. Monokulare und binokulare Ableitung sind möglich. Bei binokularer Ableitung ist besonders darauf zu achten, dass beide Augen gut fixieren (Phorie).
Untersuchungsdauer: 20-30 Minuten

7.4.5.
Fehlerquellen

Wichtige Fehlermöglichkeiten sind: schlecht sitzende Elektroden, fehlerhafte Leuchtdichten auf dem Reizbildschirm, mangelnde Fixation durch den Patienten (z. B. Phorie), Artefakte durch Augenbewegung während der Ableitung (Nystagmus), Medientrübungen, fehlender Ausgleich größerer Refraktionsfehler (> ± 3 dpt.), falscher Untersuchungsabstand.

7.4.6.
Befunddarstellung, Wiedergabe

Wichtig für die Beurteilung ist die Darstellung der Originalantworten, um Artefakte sicher erkennen zu können. Der Einsatz mathematischer Artefaktunterdrückungen (spezielle Filter, Mittelung mit den Nachbarfeldern) muss erkennbar sein. Da die Fläche der einzelnen Sechsecke umgekehrt proportional zur Photorezeptordichte gewählt wurde, ergeben sich normalerweise überall etwa gleichgroße Kurven. Der regionale Vergleich (z. B. Zentrum vs. Peripherie) macht die Auswertung unabhängig von der hohen

interindividuellen Amplituden-Variabilität. Das Zusammenrechnen einzelner lokaler Antworten z. B. in konzentrischen Ringen um die Fovea kann regionale Variationen der Amplituden und Gipfelzeiten leichter erkennbar machen. Die farbige 3D-Darstellung ist eine attraktive, auch Laien zugängliche Form der Befundpräsentation. Sie ist jedoch mit Zurückhaltung zu gebrauchen, da aufgrund der nötigen Umrechnung von Kurven in eine einzelne Zahl, sowie Gewichtung durch die Sechseckgröße auch bei fehlenden Potenzialen noch eine 3D-Darstellung resultieren kann, insbesondere ein artifizieller Zentralgipfel. Darüber hinaus berücksichtigt die 3D-Darstellung vorwiegend Amplitudenveränderungen, nicht aber Gipfelzeitverschiebungen. Eine 3D-Darstellung ist daher nur bei guten Originalantworten ohne wesentliche Zeitveränderungen aussagekräftig.

7.4.7.
Qualitätskriterien

Wichtigstes Qualitätskriterium ist die Reproduzierbarkeit der abgeleiteten Potenziale.

7.4.8.
Literatur

1. Bach M, Kellner U (2000) Elektrophysiologische Diagnostik in der Ophthalmologie. Ophthalmologe 12:898-920
   ISCEV- Homepage: http://www.iscev.org
2. Marmor MF, Hood D, Keating D, Kondo M, Seeliger M, Miyake Y (2003) Guidelines for basic multifocal electroretinography. Doc Ophthalmol 106:105-115

7.4.9.
Gerätetabellen

Gemeinsam für alle elektrophysiologischen Untersuchungen am Ende von Abschnitt 7.

7.5.
Muster-Elektroretinografie (Muster-ERG, PERG)

7.5.1.
Untersuchungsziel

Funktionsdarstellung der retinalen Ganglienzellen.

7.5.2.
Definition

Das Muster-ERG (PERG) wird wie ein ERG oder mfERG abgeleitet, doch als Reiz dient ein Muster, welches sich zeitlich verändert, in der mittleren Leuchtdichte jedoch dabei konstant bleibt, z. B. ein alternierendes Schachbrettmuster wie beim Muster-VEP (siehe dort). Es kann damit spezifisch die Funktion der inneren Netzhaut geprüft werden, insbesondere der Ganglienzellen. Die Amplitude des PERGs (0,5 bis 8 µV) ist so klein gegenüber Überlagerungen durch Muskelartefakte, dass es erst durch Mittelung ('averaging') messbar wird. Die retinale Lokalisation entspricht der Reizfläche, die Exzentrizitätsabhängigkeit ist foveal betont, fällt aber weniger steil ab als die des VEP. Der retinale Kontrast ist bestimmend für die Amplitude, daher sind optimale Korrektion und eine gute optische Abbildungsqualtität wichtig. Die PERG-Ableitung stellt höhere Anforderungen an die Güte der optischen Abbildung im Auge und an die Messtechnik als die Ableitung des VEP´s. PERG-Messtechnik und klinische Einschätzung sind noch im Fluss.

7.5.3.
Indikation

Unklare Visusminderungen, funktionelle Sehstörung: in Verbindung mit dem VEP; Früherkennung von Glaukom; Evaluation der Makulafunktion.

7.5.4.
Methodik

Untersuchungsmethodik:
Als Reiz wird ein Schachbrettmuster mit einer Reizfläche von 10° bis 16° und einer Karogröße von 0,75° (40') empfohlen. Der Kontrast sollte möglichst hoch (mindestens 80%) sein, die Helligkeit der hellen Karos = 80 cd/m2. Als Basisuntersuchung wird das transiente PERG mit 2 bis 6 Wechseln/s empfohlen. Zur Auswertung von steady-state-Messungen (16 Wechsel/s) sollte fourieranalytisch die 1. Oberwelle (= Wechselfrequenz) bestimmt werden.

Elektroden, Verstärker:
Geeignet sind ERG-Elektroden, welche die Optik nicht beeinträchtigen, also z. B. Goldfolien- oder Faser-Elektroden (z. B. DTL). Besonders wichtig ist eine gut definierte, reproduzierbare Elektrodenposition. Der Elektrodenwiderstand sollte im Allgemeinen nicht im Auge gemessen werden. Referenzelektroden sind dicht neben dem jeweiligen Auge im Schläfenbereich anzubringen, Masse-Elektrode an beliebiger Stelle am Kopf. Reinigung und Sterilisierung der Elektroden erfolgt wie beim Blitz-ERG. Verstärkung mit einem Frequenzbereich von 1 bis 100 Hz ohne 50 Hz-Kerbfilter. Analyseintervall mindestens 150 ms; mindestens 150 Durchläufe; Artefaktunterdrückungsschwelle etwa bei 100 µV.

Testablauf:
Die Pupillen sollten spielen, weder durch Miotika noch durch Mydriatika beeinflusst sein. Es muss eine optimale Korrektion für die Bildschirmentfernung getragen werden. Der Patient soll entspannt sitzen, um Muskelartefakte zu reduzieren. Jede Messung muss mindestens einmal wiederholt werden.

7.5.5.
Fehlerquellen

Häufigste Störeinflüsse und Artefaktmöglichkeiten sind: falscher Elektrodensitz, Herausfallen der Elektrode, Leitfähigkeitsstörungen der Elektrode; Fehlrefraktion (falsche Brille); zu viele Augenbewegungen und Lidschläge; Medientrübungen; mangelnde Mitarbeit bei Simulation oder Aggravation.

7.5.6.
Befunddarstellung, Wiedergabe

Ein typisches PERG weist eine sehr kleine Negativität bei ca. 35 ms (N35) auf, eine Positivität bei 50 ms (P50) und eine weitere Negativität bei ca. 95 ms (N95). Die Amplitude der P50-Komponente wird vom Basiswert oder der N35 (falls erkennbar) gemessen, die der N95 vom P50-Gipfel zum N95-Tal. Als Latenz sollte die der P50 angegeben werden (im Gegensatz zum VEP sind die Latenzen wahrscheinlich klinisch wenig relevant).
Im Befund sollten angegeben werden: Messparameter, Amplituden (evtl. Latenzen) der PERG-Komponenten, die jeweilige Labornorm und Hinweise auf eventuelle Einschränkungen der optischen Abbildung.

7.5.7.
Qualitätskriterien

Wichtigstes Qualitätskriterium ist die Reproduzierbarkeit der abgeleiteten Potenziale.

7.5.8.
Literatur

1. Bach M, Hawlina M, Holder GE, Marmor MF, Meigen T, Vaegan, Miyake Y (2000) Standard for pattern electroretinography. Doc Ophthalmol 101:11-18
2. Bach M, Kellner U (2000) Elektrophysiologische Diagnostik in der Ophthalmologie. Ophthalmologe 12:898-920
   ISCEV- Homepage: http://www.iscev.org

7.5.9.
Gerätetabellen

Gemeinsam für alle elektrophysiologischen Untersuchungen am Ende von Abschnitt 7.

7.6.
Visuell evozierte Potenziale (VEP)

7.6.1.
Untersuchungsziel

Funktionsüberprüfung der gesamten Sehbahn bis zum visuellen Cortex.

7.6.2.
Definition

VEP steht für visuell evoziertes (cortikales) Potenzial. Es wird vornehmlich von den intrazellulären exzitatorischen postsynaptischen Potenzialen der kortikalen Neurone generiert, wahrscheinlich in den Sehrindenarealen V1 bis V3. Als Teil des EEG (Elektroenzephalogramm) spiegelt das VEP eine Massenaktivität der Großhirnrinde wider, ist dabei so klein gegenüber dem Hintergrunds-EEG, dass es erst nach Mittelung ('averaging') erkennbar wird. Das VEP hat eine sehr steile Exzentrizitätsabhängigkeit. Je nach verwendetem Lichtreiz unterscheidet man "Muster-VEP" und "Blitz-VEP".

7.6.3.
Indikation

Neuritis nervi optici; Abklärung unklarer Visusminderungen und unklarer Gesichtsfeldausfälle; hereditäre Erkrankungen der Sehbahn; Früherkennung toxischer Schädigung der Sehbahn (z. B. Ethambutol, Tabak-Alkohol); orbitale oder zerebrale Raumforderungen; Therapiekontrolle bei endokriner Orbitopathie; Albinismus (insbesondere okulärer Albinismus als Differenzialdiagnose bei kongenitalem Nystagmus); Amblyopie; Funktionsabschätzung bei massiven Medientrübungen, bei unklarer Vorgeschichte (Blitz-VEP); Funktionsabschätzung der gesamten Sehbahn (Gutachten).

7.6.4.
Methodik

Untersuchungsmethodik:
Der vorwiegend empfohlene Musterumkehrreiz (´pattern-reversal´) soll aus schwarzweißen Karos (Schachbrett) oder schwarzweißen Gitterstreifen beste¬hen, die abrupt alternieren. Es darf dabei keine globale Helligkeitsänderung auftreten. Wenigstens 2 Karogrößen sollten verwendet werden: 1° und 0,25° (15 Bogenminuten); das Reizfeld sollte größer als 15° sein.

Beim Muster-An-Aus-Reiz (pattern-onset/offset) erscheint das Muster (‘onset’) plötzlich aus einem homogen grauen Hintergrund. Es sollte 200 ms sichtbar sein, gefolgt von 400 ms grau (‘offset’). Die Muster entsprechen denen beim Musterumkehrreiz. Beim Erscheinen und Verschwinden des Musters darf keine globale Helligkeitsänderung auftreten. Die Analysezeit sollte die onset- sowie die offset-Antworten enthalten.

Beim Blitzreiz (mit Stroboskop-Blitzgerät) sollte die Blitzfläche wenigstens 20° des Gesichtsfeldes betragen, die Blitzdauer sollte unter 5 ms liegen. Der Reiz sollte diffus sein und eine Intensität von 1,5 bis 3 cd•s/m2 aufweisen (Standard-Blitz des ISCEV-ERG-Standards). Blitzreize führen zu wenig aussagekräftigen VEP´s und sollten nur bei schwierigen oder komatösen Patienten und bei Trübungen der abbildenden Medien eingesetzt werden, die ein scharfes Netzhautbild verhindern. Die Kurvenform des VEP´s hängt von der Zeitfrequenz des Reizes ab. Wir empfehlen eine Frequenz unter 2 Hz, bei der ein transientes VEP entsteht.

Reizkalibrierung:
Bei Schachbrettreizen soll die Kantenlänge eines einzelnen quadratischen Karos in Grad Sehwinkel angegeben werden, unter 1° kann auch die Einheit Bogenminuten verwendet werden. (Faustregel: bei 57 cm Abstand entspricht 1° = 1 cm). Die Leuchtdichte der weißen Flächen soll = 80 cd/m2 betragen und um weniger als 30% über die Reizfläche hinweg schwanken. Der Michelson-Kontrast (relativer Helligkeitsunterschied der hellen und dunklen Elemente) sollte mindestens 75% betragen (bei onset-Reizen muss der Kontrast niedriger liegen, weil sonst Helligkeitsartefakte nicht vermeidbar sind). Die Lichtmessungen sollen mit einem abbildenden Photometer (Spotmeter) ausgeführt werden.

Elektroden:
Silber-Silberchlorid-Elektroden oder Goldnapf-Elektroden werden empfohlen. Der Elektrodenwiderstand sollte unter 4 kOhm liegen. Die aktiven Elektroden sollen über dem visuellen Kortex bei O3 und O4 angebracht werden (10-20-System, Jasper 1958), zusätzlich kommen O1, O2 und Oz in Frage. Als Referenz dient Fz, Masseelektrode an beliebiger Stelle am Kopf.

Messung:
Zeitkonstante >/= 0,16 s (d. h. untere Grenzfrequenz </=1 Hz), Filter (obere Grenzfrequenz) über 100 Hz, kein Kerbfilter zur Unterdrückung von Netzbrummen. Analysezeit mindestens 250 ms; mindestens 60 Durchläufe (je nach Signal/ Rausch-Verhältnis). Jede Messung soll mindestens 1x wiederholt werden.

Testablauf:
Die Pupillen sollten spielen, d. h. nicht durch Miotika oder Mydriatika beeinflusst sein. Bei Musterreizen muss eine optimale Korrektion für die Bildschirmentfernung vorliegen. Bei Blitzreizen darf das Partnerauge nicht mitgereizt werden. Der Patient soll entspannt sitzen, um Muskelartefakte zu reduzieren.

Zur Erfassung prächiasmaler Schäden soll monokular mit transientem Schachbrett-Umkehrreiz gereizt werden, möglichst dreikanalige Ableitungen bei Oz, O4 und O3 gegen Fz. Ein signifikanter Seitenunterschied im VEP zeigt an, dass irgendwo auf dem Signalweg von der Augenoptik über die Retina bis zum Nervus opticus eine Schädigung vorliegt.

Zur Erfassung chiasmaler und postchiasmaler Schäden soll monokular mit transienten Schachbrett-Umkehr- oder onset/offset-Reizen gereizt werden, möglichst dreikanalig bei Oz, O4 und O3 gegen Fz, zusätzlich evtl. O2 und O1. Soll mit einem Halbfeldreiz selektiv eine Hemisphäre aktiviert werden, dann soll er mindestens 15° Radius haben und mit mindestens 5 Kanälen abgeleitet werden.

7.6.5.
Fehlerquellen

Häufige Störeinflüsse und Artefaktmöglichkeiten sind: Verrutschen der Elektroden, mangelnder Kontakt zur Haut, Abfallen einer Elektrode während der Messung; mangelhaft kontrollierte Helligkeit des Reizbildschirms. Folge: Latenz wird verfälscht; überlagerte Augenbewegungen (Nystagmus) oder ungenügende Fixation; Medientrübungen und Fehlrefraktion (falsche Brille, mangelnde Mitarbeit bei Simulation/Aggravation). Folge: Latenz wird erhöht, Amplituden sind reduziert; Auswertung von Zufallsgipfeln bei zu geringer Amplitude; Patientenkooperation (Fixation, Akkommodation) bei Fragestellung Simulation oder Aggravation.

7.6.6.
Befunddarstellung, Wiedergabe

Latenzen werden vom Beginn des Durchlaufs (der mit dem Musterwechsel übereinstimmen soll) zum relevanten Gipfel bzw. Tal gemessen. Ein typisches Muster-VEP weist eine Negativität bei ca. 80 ms (N80) auf, eine Positivität bei 100 ms (sog. P100) und eine weitere Negativität bei ca. 135 ms (N135). Messparameter sind die Latenz des P100 und die Amplitude, die man entweder als Differenz P100 - N80 misst, oder als Mittelwert von P100 - N80 und P100 - N135. Der Bericht sollte immer 2 Ableitungen bei jeder Reizbedingung zeigen. Dabei sind die Größe des Reizes und der Reizelemente, die Blitzintensität, der Kontrast, das untersuchte Auge und die Elektrodenmontage bei jeder Kurve anzugeben.
Die Interpretation soll Aussagen über den Grad der Normalität/Normabweichung relativ zur Labornorm oder falls möglich zum Partnerauge enthalten. Die Art der Abweichung sollte beschrieben und in Beziehung zum klinischen Bild und anderen elektrodiagnostischen Ergebnissen gesetzt werden. VEP-Veränderungen sind nicht spezifisch, die Auswertung soll sowohl mögliche optische, ophthalmologische wie neurologische Probleme berücksichtigen.

7.6.7.
Qualitätskriterien

Wichtigstes Qualitätskriterium ist die Reproduzierbarkeit der abgeleiteten Potenziale.

7.6.8.
Literatur

1. Bach M, Kellner U (2000) Elektrophysiologische Diagnostik in der Ophthalmologie. Ophthalmologe 12:898-920
2. Jasper HH (1958) Report of the Committee on methods of clinical examination in electroencephalography. The ten-twenty electrode system of the international federation. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 10:370-375
3. Harding GFA et al (1996) Standard for visual evoked potentials. Vision Res 36:3567-3572
   ISCEV- Homepage: http://www.iscev.org
4. Marmor MF (1990) An international standard for electroretinography. Doc Ophthalmol 73:288 302

7.6.9.
Gerätetabellen

Gemeinsam für alle elektrophysiologischen Untersuchungen am Ende von Abschnitt 7.

Gerätetabellen

Bravo oder Viking Select	
Hersteller	**Nicolet**
Vertrieb	VIASYS Healthcare GmbH, Leibnizstr. 7, 97204 Hoechberg T.: 0931 4972-0, F.: 0931 4972-46
System	2- oder 4-kanaliger AC-Verstärker mit Impedanzmessung, PC-System mit Windows-Oberfläche, Onlinemonitoring am Bildschirm, Messwerterfassung, Darstellung und Speicherung auf PC, Untersuchunsgabläufe softwaregesteuert
Auswertung	Automatisch und manuell
Schnittstellen	Ausgabe aller Daten (Patientendaten/ Messergebnisse) in datei (Massenspeicher) und auf beliebigen PC-Drucker
ERG	Ganzfeldstimulator, Goldfolien-, DTL-Elektroden
EOG	Ganzfeldkugel
Muster-ERG	Patternmonitor 17“
VEP	Patternmonitor 17“,2-kanalige Ableitung, auf 4 Kanäle erweiterbar
ISCEV Standard	ERG, EOG, Muster-ERG, VEP

EP 1000	
Hersteller	**Tomey**
Vertrieb	Eyenovation GmbH, Heidsieker Heide 90a, 33739 Bielefeld T.: 05206 6031-0, F.: 05206 6031-11, Info@eyenovation.de
System	2-kanaliger AC-Verstärker, Online-Monitoring am PC-Bildschirm, Messwerterfassung/ Speicherung/Darstellung auf IBM-kompatiblen PC
Auswertung	Manuell, halbautomatisch und automatisch
Schnittstellen	Ausgabe aller Daten (Patientendaten/Messergebnisse) in Datei (Massenspeicher) und auf beliebigem PC-Drucker
ERG	Ganzfeldkugel mit integriertem Patternmonitor, HK-Loop-Elektroden (andere Elektroden möglich)
EOG	Ganzfeldkugel
Muster-ERG	Integrierter Patternmonitor, 2-kanalige Ableitung (optional 4 Kanäle)
VEP	Integrierter Patternmonitor, 2-kanalige Ableitung (optional 4 Kanäle)
ISCEV Standard	ERG, EOG, Muster-ERG, VEP

MonElec2

Hersteller	**Fa. Metrovision**
Vertrieb	med_tec GmbH, Hüttenberger Str. 15, 63776 Mömbris, Tel.: 06029/97300, Fax: 06029/5878, http://www.medtecgmbh.de, sekretariat@medtecgmbh.de
System	2- oder 4- kanaliger AC-Verstärker mit Impedanzmessung, PC-System mit Windows XP-Oberfläche, Infrarot Video-Monitoring, Messwerterfassung, Darstellung und Speicherung auf PC, Untersuchungsabläufe softwaregesteuert, eigene Untersuchungsprogramme erstellbar, Netzwerkanbindung möglich, Trennung von Worker- und Readerstation möglich, optional: multifokales ERG und VEP, Okularmotrizität (Fixation, Ruckbewegung, Verfolgung, optokinetischer Nystagmus), Kontrastempfindlichkeit, Dunkeladaptionsuntersuchung, Sehfähigkeitstests, Babytestprogramme (SWEEP VEP, ERG und VEP mit tragbarem visuellen Reizgerät, Test zur Einschätzung der Entwicklung der Sehfähigkeit und Sehschärfe basierend auf Augenbewegungen)
Auswertung	Automatisch und manuell
Schnittstellen	Ausgabe aller Daten (Patienten- und Untersuchungsdaten) auf Festplatte und PC-Drucker, Datenexport über Windows-Zwischenablage
ERG	Optoelektronischer Stimulator mit Mini-Ganzfeldkuppel und einem Pattern-Stimulator, 30Hz-Flicker, DTL-, Dencott-, Goldfolienelektroden
EOG	sensorisches EOG
Muster-ERG	Integrierter Patternmonitor (40cm), 2- kanalige Ableitung (optional 4 Kanäle)
VEP	Integrierter Patternmonitor (40cm), 2- kanalige Ableitung (optional 4 Kanäle)
ISCEV Standard	ERG, EOG, Muster-ERG, VEP

Multiliner Vision

Hersteller	**Toennies**
Vertrieb	VIASYS Healthcare GmbH, Leibnizstr. 7, 97204 Hoechberg T.: 0931 4972-0, F.: 0931 4972-46
System	Driftkorrigierter DC-Verstärker, 2-kanalig (erweiterbar auf 4 Kanäle), PC-System mit Windows-Oberfläche, Online-Monitoring am Bildschirm, Messwerterfassung/ Speicherung/Darstellung am PC. Untersuchungsabläufe nach mitgelieferter Software und benutzerdefinierten Programmen, Reizparameter einstellbar
Auswertung	Automatisch und manuell, Auswerttabellen mit integrierter Tabellenkalkulation (editierbar)
Schnittstellen	Ausgabe aller Daten (Patienten- und Untersuchungsdaten) auf Festplatte über beliebigen PC-Drucker, Datenexport über Win-Zwischenablage, Rohkurve als ASCII-Datenfile, Option Datenbankkopplung
ERG	Automatischer Ganzfeldstimulator,;DTL-, Goldfolien-Elektroden; Scot./Max./OP's/Phot./30 Hz- Flicker und benutzerdefinierte Ableitungen
EOG	Ganzfeldkugel, EOG-Programm mit automatischer Bestimmung des Arden-Quotienten
Muster-ERG	Patternstimulator 17'' ,2-kanalige Ableitung (Muster, Onset/Offset)
VEP	Patternstimulator 17'' ,2-kanalige Ableitung (Muster, Onset/Offset)

ISCEV Standard	ERG, EOG(nur mit Ganzfeld), Muster-ERG, VEP

Neuroscreen mit Mini-Ganzfeld

Hersteller	**Toennies**
Vertrieb	VIASYS Healthcare GmbH, Leibnizstr. 7, 97204 Hoechberg T.: 0931 4972-0, F.: 0931 4972-46
System	AC-Verstärker, 2-kanalig, PC-System mit Windows-Oberfläche, Online-Monitoring am Bildschirm, Messwerterfassung/ Speicherung/Darstellung am PC. Untersuchungsabläufe nach mitgelieferter Software, Reiz- und Ableitparameter einstellbar
Auswertung	Automatisch und manuell, Auswerttabellen mit Tabellenkalkulation
Schnittstellen	Ausgabe aller Daten (Patienten- und Untersuchungsdaten) auf Festplatte über beliebigen PC-Drucker, Datenexport über Win-Zwischenablage, Rohkurve als ASCII-Datenfile, Option Datenbankkopplung
ERG	Mini-Ganzfeldstimulator (monokular), DTL-, Goldfolien- -Elektroden, Scot./Max./OP's/Phot./30 Hz-Flicker und benutzerdefinierte Ableitungen
EOG	-
Muster-ERG	Patternstimulator 17'' ,2-kanalige Ableitung (Muster, Onset/Offset)
VEP	Patternstimulator 17'' ,2-kanalige Ableitung (Muster, Onset/Offset)
ISCEV Standard	ERG, Muster-ERG, VEP

Retiport 32

Hersteller	**Roland Consult**
Vertrieb	Roland Consult, Dipl. Ing. R. Finger , Friedrich Franz Str. 19, 14770 Brandenburg T: 03381 382620, F: 03381 382621 Dipl. Ing. M. Stasche, Willy-Borngässer Str. 11, 65197 Wiesbaden T: 0611 9467274, F: 0611 9467329 www.roland-consult.de stasche.zyganow@wiesbaden.netsurf.de
System	CE und med. GV geprüft ,2- (8) kanaliger AC-Verstärker mit Impedanzmessung, PC-System mit Windows-Oberfläche, Onlinemonitoring am Bildschirm, Messwerterfassung, Darstellung und Speicherung auf PC, Untersuchunsgabläufe softwaregesteuert, eigene Programme erstellbar, Netzwerkanbindung möglich, Trennung von Work- und Readerstation möglich
Auswertung	Automatisch und manuell
Schnittstellen	Ausgabe aller Daten (Patientendaten/ Messergebnisse) in Datei (Massenspeicher) und auf beliebigen PC-Drucker sowie im Netzwerk
ERG	Ganzfeldstimulator Q 420 (Durchmesser 400 mm), Farben und High flash, ON/Off Stimulus möglich, Mini-Ganzfeldstimulator (Durchmesser 80 mm), LED-Brille, verschiedene Elektroden verwendbar
EOG	FastEOG und slow EOG möglich über Ganzfeldkugel (automatischer Ablauf)
Muster-ERG	Monitor S/W oder Farbe

VEP	Monitor S/W oder Farbe, 1-8 Kanäle
ISCEV Standard	ERG, EOG, Muster-ERG, VEP, multifokales ERG
Multifocal ERG	phot. ERG an 7 bis 241 Pkt. der Retina
Multifocal VEP	Abschätzung des objektiven 50 grd Gesichtsfeldes an 60 Pkt
EMG	Zur Findung der Augenmuskel bei Botulinuminjektion
Nystagmographie	Messung der Augenbewegungen horizontal und vertical über Bestandspotential
IOM	Intraoparatives Monitoring des Nervus Opticus
SLO HRA Kopplung	Fixationskontrolle durch Ankopplung an HRA und SLO möglich

tpm-EMS Elektrophysiologisches Modularsystem

Hersteller	**taberna pro medicum**
Vertrieb	taberna pro medicum, Im Dorf 15a, 21335 Lüneburg Tel.: 04131 401555, Fax: 04131 401755 eMail: info@tpm-online.de, Web: www.tpm-online.de
System	1-kanaliger AC-Verstärker, optional auf 2 Kanäle aufrüstbar, PC Monitor als Stimulator, Messwerterfassung/ Speicherung/ Darstellung auf IBM-kompatiblen PC, alle Untersuchungsgabläufe softwaregesteuert, eigene Ableitparameter können definiert und gespeichert werden, durch externe Triggerung an bestehende Reizeinheit adaptierbar
Auswertung	Vollautomatisch auf der Basis einer erarbeiteten Normkurve mit der Option der manuellen Nachbearbeitung
Schnittstellen	Ausgabe aller Daten (Patientendaten/ Messergebnisse/ Ableitparameter) in Datei (Massenspeicher) und auf beliebigem PC-Drucker
ERG	LED-Brille, Miniganzfeld, Ganzfeldstimulator mit Hintergrundbeleuchtung, Koijmann-, DTL-Faden-Elektrode sowie weitere Elektroden nach Anpassung
EOG	Ganzfeldkugel
Muster-ERG	S/W Monitor
VEP	S/W Monitor
ISCEV Standard ERG (nur mit Ganzfeld), EOG, Muster-ERG, VEP	

VERIS Multifokales ERG / VEP

Hersteller	**EDI Inc. US, / Biomedica Mangoni IT**
Vertrieb	Haag-Streit Deutschland , Rosengarten 10, DE - 22880 Wedel Tel. +49 (4103) 70 92 70, Fax +49 (4103) 70 93 70, Email: info@haag-streit.de
System	2 (- 8) kanaliger DC / AC-Verstärker mit Impedanzmessung Typ Biomedica BM 623 Monitor-Kalibrationssystem für automatische Helligkeitssteuerung Apple System mit OS 9 Onlinemonitoring am Bildschirm, Messwerterfassung, Darstellung und Speicherung auf MAC Resultate exportierbar auf PC,

	Untersuchunsgabläufe softwaregesteuert, eigene Programme erstellbar (mit Science Software Version), Netzwerkanbindung möglich (Trennung während der Messung) Auswertung auf separatem MAC möglich, optional: IR Augenkamera, IR Funduskamera, Ganzfeld-Stimulator Standardauflösung: 1024x768 Bildpunkte bei 75Hz. bis 600cd/m2. Die meisten handelsüblichen Monitore können verwendet werden.
Auswertung	Mit gelieferten Protokollen (Analysis settings) oder manuell
Schnittstellen	Ausgabe aller Daten (Patientendaten/ Messergebnisse) in Datei (Export auf PC möglich) und auf beliebigen lokalen Drucker (Netzwerkdrucker werden ebenfalls unterstützt)
mfERG	Clinic Version 37..241 Hexagone Science Version 1..509 Hexagone und selbst definierbare Testmuster
mfVEP	Clinic Version: Dartboard mit 60 Testorten Science Version: Testmuster selbst definierbar
pERG und pVEP	Unterstützt gemäss ISCEV Standard
ISCEV Standard	mfERG, pERG, pVEP, Standard ERG (mit optionalem Ganzfeld)

Bezeichnung des Systems	**RETeval™**
Hersteller	**LKC Technologies Inc.**
Versionsbezeichnung Hardware	
Versionsbezeichnung Software	Versionsnummer: 2.9.3
Vertrieb in Deutschland (Kontaktdaten)	Hermann Meyer hermann.meyer.3@gmail.com
Kurze Beschreibung des Gesamtsytems (ca. 5 Zeilen)	Handgehaltenes kabelloses monokulares Ganzfeld-ERG/VEP. Viele Protokolle sind non-mydriatisch möglich (Gerät passt Blitzstärke an Pupillengröße an). Konzipiert u.a. für Konsiliardienst, Kinder, Screening. Übertragung der PDF-Befundbögen und Aufladen der Batterie erfolgt über Dockingstation.
Ggf. kurze Beschreibung ERG	-Protokolle in Candela und für non-mydriatische Untersuchung in Troland (Td) - Zur Verwendung mit den systemzugehörigen Hautelektroden oder über Adapter mit Standardelektroden. -Beinhaltet normative Datenbank für photopische Untersuchungen -ISCEV konforme Protokolle
Ggf. kurze Beschreibung mfERG	-
Ggf. kurze Beschreibung PERG	-
Ggf. kurze Beschreibung EOG	-
Ggf. kurze Beschreibung Muster-VEP	-

Ggf. kurze Beschreibung Blitz-VEP	Es stehen zwei Blitz-VEP-Protokolle zur Verfügung: 3 cd·s/m² (mydriatisch) bzw. 24 Td·s (non-mydriatisch) mit jeweils 64 Blitzen bei 1 Hz.
Sonstige Untersuchungsverfahren	-
Möglichkeiten für Datenexport, Einbindung in Krankenhaus-Informationssystem etc.	PDF-Befundbogen kann in eine vorhandene Praxis/Kliniksoftware importiert werden. Zusätzlich stehen die Rohdaten zur genauen Analyse und Auswertung zur Verfügung. Eine Schnittstelle zur Kommunikation mit Praxis-/Kliniksoftware und Einbindung steht zur Verfügung.
Möglichkeit zur Erstellung von eigenen Messprotokollen durch den Nutzer	Auf Kundenwunsch können in Zusammenarbeit mit dem Hersteller „Custom“-Protokolle erstellt und so der Funktionsumfang noch einmal erweitert werden.
Stand der Information (Datum)	24.04.2018
Verantwortlich für die Information (Name)	Hermann Meyer

8.
Objektive Sehschärfebestimmung

8.1.
Untersuchungsziel

Ziel einer objektiven Sehschärfebestimmung ist es, die Sehschärfe auch dann möglichst genau zu ermitteln, wenn sie nach der subjektiven Strategie mangels Kooperation nicht bestimmt werden kann.

8.2.
Definition

Das Prinzip jeder objektiven Sehschärfebestimmung besteht in der Feststellung, ob ein bestimmter visueller Reiz, dessen Wahrnehmung, Auflösung oder Erkennung in Beziehung zur Sehschärfe steht, bei einer Prüfperson eine mehr oder weniger unwillkürliche Reaktion auslöst. Dabei kann es sich um Augenbewegungen, visuell evozierte Potentiale oder Verhaltensreaktionen handeln, auch in Form absichtlich falscher Antworten. Von der kleinsten dazu erforderlichen Reizintensität wird auf die Sehschärfe geschlossen. Als standardisierte Reize dienen Detektionsreize, Streifen- oder Schachbrettmuster und Sehzeichen.

8.3.
Indikationen

Eine objektive Sehschärfebestimmung ist indiziert, wenn die subjektive Prüfstrategie nicht sinnvoll anwendbar ist, also

- zum Erfassen der visuellen Leistungen im Säuglings- und Kleinkindalter
- zur Sehschärfebestimmung und Begutachtung bei geistig Behinderten, die bei der herkömmlichen subjektiven Prüfstrategie nicht mitarbeiten,
- zum Erkennen psychogener Sehstörungen, um überflüssige und belastende Diagnostik zu vermeiden und sinnvolle therapeutische Maßnahmen einzuleiten,
- zur Plausibilitätskontrolle bislang vorliegender Sehschärfeangaben
- zur gutachtlichen Prüfung von Visusangaben bei Verdacht auf Simulation oder Aggravation.

Zum Schutz der Methode und im Hinblick auf künftige Untersuchungen sollten spezifische Methoden der objektiven Sehschärfebestimmung bei Verdacht auf Simulation, Aggravation oder eine psychogene Visusreduktion erst dann angewendet werden, wenn es nicht gelingt, durch Motivation der Prüfperson zu glaubwürdigen Visusangaben zu gelangen.

8.4.
Methodik

8.4.1.
Einteilung

In der Literatur wird zwischen psychophysischen und elektrophysiologischen Methoden der objektiven Sehschärfebestimmung unterschieden. Bei psychophysischen Methoden ist die Antwort auf einen visuellen Reiz motorisch oder verbal. Elektrophysiologisch ist das über dem okzipitalen Kortex abgeleitete visuell evozierte Potential (VEP) maßgeblich, eventuell ergänzt durch das Muster-Elektro-Retinogramm (ERG) und das multifokale ERG (siehe Kapitel 7 Elektrophysiologie). Die Aussagekraft elektrophysiologischer Methoden beschränkt sich auf die Strecke der visuellen Afferenz vom Auge bis zur

okzipitalen Großhirnrinde. Psychophysische Methoden erfassen auch die Fähigkeit zur Weiterverarbeitung der visuellen Afferenz, setzen diese aber auch in einem gewissen Maß voraus.

8.4.2.
Entdeckungstests

Entdeckungstests prüfen die visuelle Wahrnehmung eines Objekts („Da ist etwas.“), ohne dass spezifische Details des Objekts („Was ist es?“) erkannt werden müssen. Gut standardisierbare Reize sind schwarze Kugeln und Kreisflächen vor einem hellen Hintergrund. Als Reaktion werden Augenbewegungen und Verhaltensantworten, wie Greifbewegungen, beobachtet. Entdeckungstests kommen vor allem bei Kleinkindern und geistig Behinderten zum Einsatz, bei psychogenen Störungen und Verdacht auf Simulation nur dann, wenn andere Methoden versagen oder zu deren Ergänzung.

8.4.3.
Preferential-Looking (PL)

Das Preferential-Looking nutzt die Tatsache, dass ein gemusterter Reiz eher den Blick auf sich zieht als ein gleichzeitig angebotener ungemusterter Reiz gleicher mittlerer Leuchtdichte. Ohne selbst zu wissen, wo sich das Muster befindet, schließt der Untersucher aus Blickbewegungen, Fixationsdauer, Gesichtsausdruck oder Kopfbewegungen der Prüfperson auf die vermutliche Lage des Musters. Anschließend kontrolliert der Untersucher seine Entscheidung auf Richtigkeit. Für klinische Anwendungen ist die Stufen-Strategie unter Verwendung von Acuity-Karten vorteilhaft. Beginnend mit einem sicher erkennbaren Muster werden dabei nach einer definierten Regel immer feinere Muster angeboten, um das feinste Muster zu ermitteln, welches bei der Mehrzahl der Darbietungen noch eindeutig lokalisiert wird. Bei korrekter Lokalisation des Musters in 2 von 2 aufeinanderfolgenden Darbietungen wird zum nächstfeineren Muster vorangeschritten. Wird ein Muster in einer der beiden Darbietungen nicht korrekt lokalisiert, erfolgt die nächste Darbietung mit einem 1 Stufe gröberen Muster. Das Verfahren ist nach einer bestimmten Zahl von Umkehrpunkten (z.B. 6) oder Darbietungen (z.B. 20) beendet. Aus den Sehschärfewerten der letzten 20 dargebotenen Karten lässt sich der Mittelwert bestimmen. Das Vorgehen kann in verschiedener Weise variiert werden. Wegen der Breite des Schwellenbereiches erfolgen an dieser Stelle keine exakten Vorgaben zu den physikalischen Testbedingungen. Sie sollten bei wiederholten Prüfungen konstant sein (mittlere Leuchtdichte der Karten ca. 40 - 80 cd/m2). Das PL ist die weithin übliche Methode zur objektiven Bestimmung der Sehschärfe bei Säuglingen, Kleinkindern und geistig Behinderten. Eine Stellwand zur Abschirmung des Untersuchers, der sonst die Aufmerksamkeit auf sich zieht, ist zu empfehlen. Aufgrund seiner zu geringen Sensitivität für Amblyopie eignet sich das PL nicht als Screeningverfahren zur Erkennung kindlicher Sehstörungen.

8.4.4.
Auslösung oder Unterbrechung rhythmischer Blickbewegungen

Alternativ kann man einen Mindestwert für die Auflösungssehschärfe anhand des feinsten Musters bestimmen, mit dem rhythmische Blickbewegungen (Folgebewegungen, optokinetischer Nystagmus, OKN) auslösbar sind. Die Unterbrechung des OKN durch unbewegte, dem optokinetischen Reiz überlagerte Reize ist bei Verdacht auf eine psychogene Sehstörung oder Simulation vorteilhaft. Die geringste zur Nystagmushemmung erforderliche Reizintensität steht in Beziehung zur Sehschärfe. Durch die okulographische Kontrolle werden Untersuchereinflüsse bei diesen Methoden vermieden. Methoden, die auf der Unterbrechung des OKN beruhen, sind ab dem Schulalter gut einsetzbar. Die Auslösung des OKN ist bereits beim Säugling möglich, wenn das Muster bei der monokularen Untersuchung von temporal nach nasal bewegt wird. Auch diese Methoden sind nicht sensitiv genug für ein effizientes Amblyopiescreening.

8.4.5.
Plausibilitätskontrolle

Eine Plausibilitätskontrolle ist keine objektive Sehschärfebestimmung im Sinne der unter 8.2. gegebenen Definition, sondern eine Kontrolle der subjektiven Sehschärfeangaben auf Konsistenz. Bei geschickter Durchführung erlauben aber gerade solche Kontrollen eine bessere Schätzung des Visus als die im engeren Sinne objektiven Methoden.

Bei einem einseitigen Visusverlust kann eine Plausibilitätskontrolle mit haploskopischen Methoden, durch partielle Trennung der Seheindrücke beider Augen erfolgen. Die Trennung ist durch Rot-Grün-Filter, Polarisationsfilter, getrennte Durchblicksröhren oder phasendifferenzhaploskopisch möglich. Stereopsis (außer durch Sukzessivparallaxe) ist mit einseitiger Erblindung nicht vereinbar, eine fixe, erkrankungsunabhängige Beziehung zwischen dem Visus und der Qualität des Stereosehens besteht allerdings nicht. Globale Stereopsis ist in Random-Dot-Stereotests auch bei hochgradigen Visusminderungen durch isolierte foveolare Läsionen nachweisbar und umgekehrt auch bei normalem Visus und manifestem Strabismus meist nicht vorhanden.

Unabhängig davon, ob die Visusreduktion ein- oder beidseitig ist, kann eine Plausibilitätskontrolle durch den Vergleich der Visusangaben in unterschiedlichen Prüfdistanzen bei identischen Beleuchtungsbedingungen, unter Verwendung derselben Sehzeichen (zu empfehlen ist der Landoltring), mit Korrektion der Refraktion auf die jeweilige Prüfdistanz erfolgen. Erst ein Unterschied des angegebenen Visus um mehr als 2 Stufen, d.h. mindestens ein 1:2 Verhältnis, kann als möglicher Hinweis auf eine nichtorganische Komponente gewertet werden.

Verbale Antworten lassen sich statistisch auf ihre Glaubwürdigkeit hin analysieren. Eine durch puren Zufall unwahrscheinliche Häufung falscher Antworten deutet in einer Situation, in der die Möglichkeit absichtlich falscher Angaben besteht, auf die Erkennung der Sehzeichen hin. Um die erforderliche Zahl der Darbietungen zu begrenzen, sind Sehzeichen mit exakt 4 Antwortalternativen zu empfehlen. Bei 32 Darbietungen ist es dann verdächtig, wenn weniger als 3 Antworten zutreffen. Die Prüfung sollte auf der Hälfte des vermuteten tatsächlichen Visusniveaus erfolgen. Beim Verdacht auf eine psychogene Sehstörung, Simulation oder Aggravation ist dieses Vorgehen die Methode der 1. Wahl, sofern nicht bereits durch die Motivation der Prüfperson eine deutliche Verbesserung der Visusangaben zu erreichen ist.

8.4.6.
Reaktion auf unerwartete Sehzeichen

Zusätzlich kann geprüft werden, ob sich die Reaktion auf ein unerwartetes Sehzeichen signifikant von den vorherigen Reaktionen unterscheidet, indem nach einer großen Zahl (n>20) von Sehzeichen derselben Art (z.B. Landoltringe) ein anderes Sehzeichen angeboten wird (z.B. ein Ring ohne Öffnung). Auffällige Antworten auf den geschlossenen Ring sind z.B. „da ist keine Öffnung“ oder „zu“, jedoch nur dann, wenn diese Antwort auf keinen der Landoltringe erfolgte. Auffällig ist auch, wenn auf den geschlossenen Ring, im Gegensatz zu den Landoltringen, keine Antwort erfolgt.

8.4.7.
Elektrophysiologische Methoden

Das visuell evozierte Potential (VEP) repräsentiert eine Makulaantwort (siehe Kapitel 7.6.: Visuell evozierte Potenziale). Ein Blitz-VEP (Lichtreiz) ist auch noch bei hochgradig eingeschränktem Sehvermögen durch dichte Medientrübungen zu erhalten, ein Muster-VEP (Musterreiz) setzt eine Abbildung des Musters auf der Netzhaut voraus.

Es kommen Gitter- und Schachbrettmuster zur Anwendung. Sinusgitter (sinusoidaler Übergang zwischen hellen und dunklen Streifen) repräsentieren exakt eine Ortsfrequenz. Rechteckgitter (schwarze und weiße Streifen) enthalten auch höhere Ortsfrequenzen derselben Orientierung, Schachbrettmuster außerdem unterschiedliche Orientierungen, maßgeblich sind die hellen und dunklen Diagonalen. Wenn man sich von gröberen Mustern her der Grenze des visuellen Auflösungsvermögens nähert, nimmt kurz vor der Auflösungsgrenze die VEP-Amplitude steil ab. Die Beziehung zwischen der Muster-Ortsfrequenz und der VEP-Amplitude ermöglicht eine Schätzung der bei intakter kortikaler Weiterverarbeitung möglichen Sehschärfe. Wenn bei normalem Augenbefund feinste Muster eine VEP-Antwort auslösen, bestätigt dies, dass auch im Sehnerv und in der Sehbahn kein Hindernis für die Auflösung feiner Muster vorliegt und die Ursache einer angegebenen Visusminderung auf höherem kortikalen Niveau angesiedelt ist (z.B. Agnosie, Alexie, Simulation, Hysterie). Die mit dem Muster-VEP ermittelte Musterauflösung kann bei bestimmten Erkrankungen (foveolare Läsion, Amblyopie) wesentlich höher sein als der Visus.

Zur Kontrolle von Fixation und Akkommodation, als auch zur objektiven Prüfung der zentralen Netzhautfunktion kann simultan ein Muster-Elektro-Retinogramm (Pattern-ERG, PERG) abgeleitet werden (siehe Kapitel 7.5: Muster-ERG). Ein pathologisches VEP bei normalem PERG spricht für eine Läsion der Sehbahn oder des visuellen Kortex. Sind VEP und PERG pathologisch, störende Akkommodation ausgeschlossen und eine stetige Fixation gewährleistet (durch Beobachtung, Video oder eine okulographische Methode kontrolliert), liegt die Störung im Bereich der Netzhaut oder des Sehnervs. Sind VEP und PERG bei der Angabe einer erheblichen Visusreduktion normal, ist die angebliche Visusreduktion weiter abklärungsbedürftig. Isolierte foveolare Läsionen, die funduskopisch, fluoreszenzangiographisch und selbst im Ganzfeld-ERG nicht auffallen und daher den unberechtigten Verdacht auf eine psychogene Störung wecken können, sind im multifokalen ERG (mf-ERG) objektivierbar, das bei entsprechender Befundkonstellation durchgeführt werden muss, bevor eine definitive Diagnose möglich ist (siehe Kapitel 7.4 mf-ERG).

8.5.
Fehlerquellen

Neben Fehlern in der Prüfanordnung (Abweichen von der vorgeschriebenen Prüfstrategie, falsche Prüfdistanz, falsche Geräteeinstellung, Helligkeitsartefakte bei VEP-Methoden, Randartefakte beim PL, Verunreinigungen im Gerät nach Kotowski, etc.) ist die falsche Interpretation der Befunde eine wesentliche und vermutlich die häufigste Fehlerquelle bei der objektiven Sehschärfebestimmung. Aufgrund der verwendeten Reize wird mit den meisten Verfahren der objektiven Sehschärfebestimmung entweder ein Minimum visibile oder ein Minimum separabile für mehr oder weniger großflächige, periodische Muster ermittelt. Diese Sehfunktionen stehen zwar in Beziehung zur Erkennungssehschärfe für Sehzeichen (Visus). Diese Beziehung ist aber nicht konstant. Besonders bei Amblyopie, Netzhaut- und Optikuserkrankungen kann das Verhältnis zwischen diesen Sehfunktionen individuell erheblich von den physiologischen Verhältnissen abweichen. Eichkurven, die an gesunden Augen mit künstlich reduzierter Sehschärfe ermittelt wurden, sind dann ungültig. Die Ermittlung eines so genannten Visusäquivalentes anhand der Punktwahrnehmung, des PL-Wertes oder anderer Mustersehschärfewerte (z.B. Gerät nach Kotowski oder Muster-VEP) ist daher nicht sinnvoll.

Bei der Interpretation psychophysischer und elektrophysiologischer Befunde im Hinblick auf eine objektive Sehschärfebestimmung ist Vorsicht angebracht. Eine objektive Schätzung der Sehschärfe ist immer nur im Kontext sämtlicher klinischen und labortechnischen Befunde, nie durch eine Methode allein, möglich.

Hintergrundreize (z.B. beim PL ohne Gesichtsfeldabschirmung im freien Raum) und periphere Reize (Extremität des Untersuchers, Kante der Prüfkarte bei beabsichtigter Auslösung von Augenbewegungen durch ein kleines bewegtes Objekt) können zu groben Messfehlern führen. Störende Lichtreflexe und Helligkeitsunterschiede auf Prüftafeln und Monitoren beeinträchtigen die Messung. Bei groben Entdeckungstests darf eine Reaktion auf Geräusche oder Luftzug nicht als Reaktion auf den visuellen Reiz fehlinterpretiert werden.

Wenn das Antwortmuster auf angeblich nicht mehr erkennbare Sehzeichen statistisch analysiert wird, muss ausgeschlossen sein, dass eine Häufung von Antworten, die nicht mit der Ausrichtung des Sehzeichens übereinstimmen, durch ein systematisches Antwortmuster (rechts – links – oben – unten, im oder gegen den Uhrzeigersinn) entsteht.

8.6.
Befunddarstellung

Bei Entdeckungstests sind das verwendete Objekt, die Objektgröße, die Prüfdistanz und die beobachtete Reaktion zu dokumentieren.

Beim Preferential Looking ist die Art des verwendeten Tests, die höchste noch lokalisierte Muster-Ortsfrequenz (Perioden / Grad, cpd) bzw. die entsprechende Auflösungssehschärfe (= Ortsfrequenz / 30cpd) und die Prüfdistanz zu dokumentieren.

Bei statistischer Auswertung von Visusangaben sind die Prüfdistanz, das verwendete Sehzeichen mit seinen Antwortalternativen, die Zahl der Fragen und die Zahl der korrekten bzw. falschen Antworten anzugeben. Gegebenenfalls ist die spezifische Reaktion auf einen überraschenden Reiz zu beschreiben und zu erklären, worin dieser Reiz bestand.

Bei Anwendung nystagmographischer Methoden sollten diese beschrieben und der Befund (Folgebewegung, OKN, Nystagmusunterbrechung) durch ein ausgedrucktes Okulogramm mit Angabe der Musterortsfrequenz bzw. des Nystagmus unterbrechenden Reizes dokumentiert werden.

Bei elektrophysiologischen Methoden sollten die Methode angegeben und das VEP, ggf. auch das PERG und mf-ERG als Kurve ausgedruckt werden (2 Ableitungen je Musterortsfrequenz) (siehe Kapitel 7, Elektrophysiologie).

Wenn eine objektive Sehschärfebestimmung durchgeführt wurde, um fragwürdige Visusangaben zu kontrollieren, sollten schriftliche Mitteilungen (Briefe, Bescheinigungen, Gutachten), auf die der Untersuchte oder dessen Interessenvertreter Zugriff haben, zum Schutz der objektiven Methode in einem fachlich elaborierten Code erfolgen, der für einen Sachverständigen unmissverständlich ist, einem Laien jedoch nicht die kritischen Punkte der Untersuchung offenbart. Die Wahrscheinlichkeit (P), dass bei einer bestimmten Zahl von Sehzeichendarbietungen mit einer bestimmten Einzelratewahrscheinlichkeit durch bloßen Zufall nicht mehr als eine bestimmte Zahl Antworten korrekt ist, lässt sich anhand der Verteilungsfunktion der Binomialgleichung ermitteln. Auffällige Werte bei 32 Darbietungen und einer Einzelratewahrscheinlichkeit von 0,25 (4 alternative Sehzeichen):
zwei korrekte Antworten: P = 0,007 = 0,7%
eine korrekte Antwort: P = 0,001 = 0,1%
keine korrekte Antwort: P = 0,0001 = 0,01%

8.7.
Qualitätskriterien

Das PL soll – bezogen auf den Untersucher – nach dem Forced-Choice-Prinzip erfolgen. Der Untersucher darf nicht durch die Kenntnis der Musterlage beeinflusst sein. Die für den verwendeten Test vorgeschriebene Stufenstrategie ist einzuhalten.

Eine Forced-Choice-Strategie – bezogen auf die Prüfperson – mit der Vorgabe möglicher Antworten ist auch die Voraussetzung für den statistischen Nachweis absichtlich falscher Angaben. Bei diesem Vorgehen sollte die Wahrscheinlichkeit angegeben werden, mit der das Ergebnis der Prüfung rein zufällig (nach der Verteilungsfunktion der Binomialgleichung) auftreten kann. Es ist zu bedenken, dass eine Häufung richtiger oder falscher Antworten bei tatsächlich nicht erkennbaren Sehzeichen dadurch entstehen kann, dass diese in einer gewissen Systematik angeboten werden, die mit der Systematik der geforderten Antworten interferiert. Die Prüfperson darf nicht zu bewusst falschen Antworten ermuntert werden, sondern soll die Sehzeichen so gut wie möglich korrekt erraten.
Die Reaktion auf einen überraschenden Reiz ist nur dann als spezifisch zu werten, wenn sie sich grundsätzlich von den Antworten auf eine große Zahl vorheriger, ähnlicher Reize unterscheidet.

Bei nystagmographischen Methoden ist ein regelmäßiger optokinetischer Nystagmus zu fordern, dessen langsame Phase der Reizmusterbewegung entspricht, bzw. die dauerhafte Unterbrechung des zuvor

regelmäßigen Nystagmus. Bei Angabe einer entsprechenden Mindestsehschärfe sollten auch Angaben zur möglichen Irrtumswahrscheinlichkeit der Schätzung erfolgen.

Bei Verwendung des Muster-VEP sollte nachvollziehbar sein, nach welchen Kriterien die kritische Muster-Ortsfrequenz ermittelt wurde (subjektive Beurteilung der VEP-Antworten durch den Untersucher, Extrapolation einer Musterübertragungsfunktion, Fourier-Analyse, etc.). Es sollten Angaben zur möglichen Irrtumswahrscheinlichkeit erfolgen.

8.8.
Literatur

1. Gräf M. Objektive Sehschärfebestimmung. Ophthalmologe 2000; 97:582-600
2. Gräf M, Kaufmann H. Anwendung einer neuen Methode zur objektiven Schätzung der Mindestsehschärfe. Klin Monatsbl Augenheilkd 1999; 214:395-400
3. Gräf M, Roesen J. Der lückenlose Landoltring. Ein neuer Test zur Prüfung der Sehschärfe bei Verdacht auf Simulation. Klin Monatsbl Augenheilkd 2001; 218:435-437
4. Hajek A, Zrenner E. Verbesserte objektive Visusprüfung mit visuell evozierten corticalen Potentialen durch schnelle Reizmustersequenzen unterschiedlicher Raumfrequenz. Fortschr Ophthalmol 1988; 85:550-554
5. Heine S, Rüther K, Isensee J, Zrenner E. Zur klinischen Bedeutung der objektiven Sehschärfeschätzung mit Hilfe der visuell evozierten kortikalen Potentiale durch schnelle Reizmustersequenzen unterschiedlicher Ortsfrequenz. Klin Monatsbl Augenheilkd 1999; 215:175-181
6. Katz B, Sireteanu R. Der Teller-Acuity-Card-Test: Möglichkeiten und Grenzen der klinischen Anwendung. Klin Monatsbl Augenheilkd 1989; 195:17-22
7. Weder W. Simulation, Aggravation. In: Straub W, Kroll P, Küchle H J (Hrsg) Augenärztliche Untersuchungsmethoden. Enke, Stuttgart, 1995, pp 697-716

Hersteller (Bezug über medizinischen Fachhandel):

Teller-Acuity-Card-Test:
Prüftafeln mit schwarz-weißen Streifenmustern. Vistech Consultants Inc., 4162 Little York Road, Dayton, Ohio 45414-2566, USA

Cardiff-Acuity-Test:
Prüftafeln mit Kinderbildern aus schwarz-weißen, isoluminanten Linien. Streifenmustern. Keeler Ltd., Clever Hill Road, Windsor, Berkshire SL 44AA, UK

Keeler-Acuity-Card-Test:
Prüftafeln mit schwarz-weißen Streifenmustern. Keeler Ltd., Clever Hill Road, Windsor, Berkshire SL 44AA, UK

Lea-Gratings (Paddels):
Platten mit schwarz-weißen Streifenmustern. Precision Vision, 745 North Harvard Avenue, Villa Park, Ilinois 60181, USA

Elektrophysiologische Geräte s. Kapitel 7 dieser Empfehlungen