



DOG
Deutsche Ophthalmologische
Gesellschaft e.V.

Die wissenschaftliche Gesellschaft
der Augenärzte

Ophthalmologe 2011 · 108:1195–1198
DOI 10.1007/s00347-011-2488-5
© Springer-Verlag 2011

Prüfung des Kontrast- oder Dämmerungssehens

Begriffsklärung

Das Kontrastsehen ist eine Sehfunktion, die verwandt, aber nicht identisch mit der Sehschärfe ist. Zu unterscheiden sind dabei

1. das photopische Kontrastsehen
- 2a. das mesopische Kontrastsehen oder Dämmerungssehen ohne Blendung
- 2b. das mesopische Kontrastsehen oder Dämmerungssehen mit Blendung.

Die Prüfung mit Blendung ist beim Sehtest nach der neuen FeV (Anlage 6 für die höheren Anforderungen unter 2.1.2) nicht gefordert.

Das Kontrastsehen kann u.a. mit Optotypen oder mit Sinusgittern getestet werden. Eine Prüfung mit Sinusgittern liefert als zusätzliche Information die Kontrastschwellen in Abhängigkeit von der Ortsfrequenz auf Kosten von Messzeit und/oder Genauigkeit. Da hohe Ortsfrequenzen implizit mit dem Visus getestet werden, und keine relevanten Erkrankungen spezifische Ortsfrequenzeinbrüche aufweisen, reicht es insbesondere bezüglich der Verkehrseignung aus, mit Optotypen ein Ortsfrequenzgemisch bei niedrigen und mittleren Ortsfrequenzen zu prüfen.

fen. Dabei wird eine Optotype (Landoltring, „Hartmann-Nase“ oder Buchstaben) in einer Größe deutlich über der minimalen Sehschärfe (z.B. entsprechend Visus 0,1) angeboten, wobei der kritische Parameter der Leuchtdichteunterschied zwischen der Optotype und dem Hintergrund ist. Alle anwendbaren Vorschriften der DIN 58220 für Sehschärfemessung haben dabei Gültigkeit.

Messverfahren und Geräte

Für das Kontrastsehen gibt es eine Reihe unterschiedlicher Messverfahren. Sie unterscheiden sich in Bezug auf Freisichtig-/Einblickverfahren, der angebotenen Optotypen, und der Schätzung der psychometrischen Funktion. Für die Prüfung des Dämmerungssehens ist auf ausreichende Dunkeladaptation zu achten (im klinischen Untersuchungsgang aufwendig einzubauen).

Messverfahren Dämmerungssehen

Mesoptometer (Oculus), Mesotest (Oculus), Nyktometer (Rodenstock), Optovist (Vistech), ...

Das Mesoptometer und das Nyktometer werden seit über 35 Jahren benutzt. Normwerte, Testablauf und grundlegende Literatur sind allgemein bekannt

und allen Untersuchungsstellen geläufig.

Arbeits- und Betriebsmediziner von größeren Unternehmen verwenden wegen des Berufsgenossenschaftlichen Grundsatzes „G 25“ für Fahr-, Steuer- und Überwachungstätigkeiten diese Geräte ebenfalls und sind gewohnt, für Neubewerber die Kontraststufe 1:2,7 zu verlangen, nur für Inhaber der Klasse C die Stufe 1:5.

Als Siebttest für die Fahrerlaubnisklassen C, D und für die Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung kann als Grenzwert ohne und mit Blendung der Kontrast 1:2,7 empfohlen werden. Damit können von den Arbeits- und Betriebsmedizinern dieselben Grenzwerte mit denselben Geräten weiterhin benutzt werden.

Messverfahren photopisches Kontrastsehen

Die Messgeräte für das Dämmerungssehen sind auch für das photopische Kontrastsehen geeignet, wenn die Leuchtdichtewerte angepasst werden. Hinzu kommen:

1. Sinusgitter-Tests: Ginsburg, F.A.C.T., Cambridge Low Contrast Gratings, ...
Wie oben ausgeführt, sind Sinusgittertests unnötig aufwendig.
2. Optotypen-Tafeln: Pelli-Robson Low Contrast Letter Charts, Mars Letter Contrast Sensitivity Test, ...
Alle Kartentests haben den möglichen Nachteil des Auswendiglernens (es gibt 2 Alternativkarten bei den Pelli-Robson-Tafeln, 3 bei den Mars-Tafeln).

Bei der Ausleuchtung der Tafeln muss auf eine möglichst homogene Ausleuchtung mit der richtigen Leuchtdichte geachtet werden (Sollwert 85 cd/m², zulässiger Bereich 60–120 cd/m²), da bei zu niedriger „Helligkeit“ das Kontrastsehen unempfindlicher wird. Bei schlechten Lichtbedingungen würden mehr Personen durchfallen, die dann beim Augenarzt

wieder als tauglich eingestuft würden. Da die Mars-Tafeln nur in der Größe von DIN A4 gedruckt sind, sind hier die Anforderungen an eine gleichmäßige Helligkeit leichter zu erfüllen (Arditi 2005). Eine helle Beleuchtung mit einer Schreibtischlampe ist ausreichend. Deshalb sind diese Mars-Tafeln die erste Wahl für Arbeits- und Betriebsmediziner, wenn sie kein Mesotest zur Verfügung haben. Demgegenüber sollte bei den wesentlich größeren Pelli-Robson-Tafeln am besten ein Lichtkasten benutzt werden, der von allen Seiten eine gleichmäßige Helligkeitsverteilung garantiert (Durst et al. 2011).

Sowohl bei den Pelli-Robson- als auch bei den Mars-Tafeln werden sehr große Buchstaben mit niedrigen Visusanforderungen (Buchstabengröße 2° bis 2,8°) angeboten, die mit schwächer werdenden Kontrasten auf den Tafeln gedruckt sind. Damit kann in gut reproduzierbarer Form das Kontrastsehen unter Tageslichtbedingungen geprüft werden. In der Bedienungsanleitung der Mars-Tafeln wird ein Grenzkontrast von $\geq 1,48$ für Personen über 60 Jahre angegeben, bei schlechteren Werten wird eine Störung des Kontrastsehens vermutet.

3. Bildschirm-basierte Tests:
z.B. Freiburger Test FRAC^T (Bach 1996), FF-CATS-Test (Bühren et al. 2006, Terzi et al. 2005), ...
Bildschirm-basierte Tests können theoretisch die Schwellen objektiver schätzen als Tafeltests, setzen aber eine genaue und stabile Linearisierung („Gamma-Korrektur“) des Bildschirms voraus.

Anforderungen Dämmerungssehen

Bezüglich des Dämmerungssehens bestehen seitens der DOG folgende Kontrast-Mindestanforderungen:

Klasse D, D1, DE, D1E = 1:2,7
Klasse C, C1, CE, C1E
und Taxi = 1:5

Klasse A, A1, B, BE, M, L, S
und T = 1:23.

Anforderungen photopisches Kontrastsehen

Zunächst ist festzuhalten, dass die Kontrastschwelle sich unter skotopischen/mesopischen und photopischen Bedingungen aus physiologischen Gründen stark unterscheidet: unter photopischen Bedingungen können kleinere Leuchtdichteunterschiede noch erkannt werden als unter skotopischen; hinzu kommen pathophysiologisch bedingte Variationen.

Für das mesopische Kontrastsehen gibt es eine DIN-Norm und auch geeignete Geräte. Für diese Untersuchungsmethode existieren Empfehlungen der DOG zur Durchführung der Untersuchungen und zu Grenzwerten mit und ohne Blendung für die verschiedenen Fahrerlaubnisklassen. Die DOG-Kommission für die Qualitätssicherung sinnesphysiologischer Untersuchungsverfahren und Geräte empfiehlt die Anwendung dieses Verfahren nach der entsprechenden Empfehlungen (Bach et al. 2008).

Für andersartige Kontrastsehtest – insbesondere das photopische Kontrastsehen – existieren gegenwärtig keine Normen und auch keine Grenzwerte seitens der DOG und derzeit keine Vorgaben für Werte des photopischen Kontrastsehens, die erreicht werden müssen, um ein Kraftfahrzeug sicher zu führen.

Eine Einigung und Festlegung geeigneter Messverfahren und Grenzwerte auf der Basis von multizentrischen Studienergebnissen, unabhängig von spezifischen Geräteeigenschaften, ist dringend erforderlich.

Untersuchungen zur Äquivalenz zwischen Testverfahren des photopischen Kontrastsehens und etablierten Testverfahren des mesopischen Kontrastsehens

Das BVA-Ressort Verkehrsmedizin im Berufsverband der Augenärzte Deutschlands (BVA), die Verkehrskommission und die Kommission für die Qualitätssicherung sinnesphysiologischer Untersuchungsverfahren und Geräte der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) schlagen übereinstimmend folgendes Procedere vor:

Als Referenz werden die Testergebnisse des mesopischen Kontrastsehens ohne Blendung des Mesotest-Geräts, Fa. OCULUS, Wetzlar, zugrunde gelegt. Am Mesotest-Gerät sollen zusätzlich auch die Werte des mesopischen Kontrastsehens mit Blendung erfasst werden, um Unterschiede zwischen diesen beiden Bedingungen für die nachstehenden genannten Personengruppen systematisch zu erfassen. Folgende Personengruppen und Krankheitsbilder sollen untersucht werden (inkl. Angabe des Stichprobenumfangs):

- Trübungen der brechenden Medien ($n \geq 20$)
- Optikusneuropathien = Sehnervenerkrankungen ($n \geq 20$)
- Degenerative Netzhauterkrankungen ($n \geq 20$)
- Augengesunde Normalpersonen (sphärische Fehlsichtigkeit unter 5 dpt, zylindrische Fehlsichtigkeit unter 2 dpt) ($n \geq 20$).

Sämtliche der vorgenannten Personengruppen sollen sich bezüglich des Referenz-Verfahrens (Mesotest, ohne Blendung) annähernd zu gleichen Teilen über folgende Kontraste verteilen:

- Kontrast 1:2,7 oder besser erkannt
- Kontrast 1:5 erkannt
- Kontrast 1:23 erkannt
- Kontrast 1:23 nicht erkannt

Die Untersuchungen werden beidäugig mit eigener Brillenkorrektur durchgeführt. Die Mesotest-Untersuchung sowie das zu untersuchende neue Testverfahren werden jeweils einmal wiederholt, wobei die Reihenfolge der Untersuchungen abwechselnd ABBA/BAAB ist.

Die Untersuchungen werden multizentrisch, und zwar an mindestens zwei unabhängigen Standorten durchgeführt, wobei sich die Anzahl der Testpersonen für sämtliche untersuchten Krankheitsbilder gleichmäßig auf die teilnehmenden Zentren verteilen soll.

Es werden folgende Anforderungen gestellt:

- Für alle untersuchten Personengruppen darf die Test-Retest-Variabilität des neuen Testverfahrens die des Referenz-Verfahrens (Mesotest ohne Blendung) um nicht mehr als den Faktor 2 überschreiten
- Innerhalb jeder der vorgenannten Personengruppen darf die Bewertung des Kontrastergebnisses (bestanden/nicht bestanden) für die jeweils zugeordnete Führerscheinklasse zwischen dem Referenz-Verfahren (Mesotest ohne Blendung) und dem neuen Testverfahren in max. 20% der Fälle voneinander abweichen.
- Die Übereinstimmung muss für jede der vorgenannten Personengruppen mindestens „gut“ (Cohens Kappa-Wert > 0.60) sein (Kwicien R et al. 2011).

Redaktion:

Prof. Dr. Michael Bach,
Freiburg

Prof. Dr. Dr. B. Lachenmayr,
München

Prof. Dr. Dr. Ulrich Schiefer,
Tübingen

Literatur

- Arditi A (2005): Improving the design of the letter contrast sensitivity test. Invest Ophthalmol Vis Sci 46:2225–2229
- Aulhorn E, Harms H (1970) Über die Untersuchung der Nachtfahreignung von Kraftfahrern mit dem Mesoptometer. Klin Mbl Augenheilk 157: 843–873
- Bach M (1996) The Freiburg Visual Acuity Test – Automatic measurement of visual acuity. Optometry & Vision Science 73:49–53
- Bach M, Wesemann W, Bühren J, Krastel H, Schiefer U (2008) Photopisches Kontrastsehen – Örtliche Kontrastempfindlichkeit. Ophthalmologie 105:46–59
- Bühren J, Terzi E, Bach M, Wesemann W, Kohnen T (2006) Measuring contrast sensitivity under different lighting conditions: comparison of three tests. Optom Vis Sci 83:290–298
- Durst W, Peters T, Wilhelm B (2011) Testing acuity and contrast vision under standardised lighting conditions. British Journal of Ophthalmology 95:1506–1508
- Kwicien R, Kopp-Schneider A, Blettner M (2011) Konkordanzanalyse. Deutsches Ärzteblatt 108 (30):515–521
- Patel AS (1966) Spatial resolution by the human visual system. The effect of mean retinal illuminance. J Opt Soc Am 56:689–694
- Pelli DG, Robson JG, Wilkins AJ (1988) The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. Clin Vis Sci 2(3):187–99
- van Rijn LJ, Nischler C, Michael R, et al. (2011) Prevalence of impairment of visual function in European drivers. Acta Ophthalmol 89:124–131

Anhang

Für die Spezifikation des Leuchtdichteunterschiedes, also des angebotenen Kontrastes, existieren leider eine Vielfalt von Definitionen (s. Abb. 1 und 2). An sich ist für die Situation einer kleinen Optotype auf großem Umfeld der „Weber-Kontrast“ am sinnvollsten:

$$\text{Kontrast}_{\text{Weber}} = 100\% \cdot (L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / L_{\text{max}}$$

dabei sind $L_{\text{max/min}}$ die jeweiligen Leuchtdichten.

Aus historischen Gründen wird jedoch für die Beurteilung der Eignung zur Kraftfahrzeugführung i. A. das „Kontrastverhältnis“ („ContrastRatio“; $L_{\text{max}} / L_{\text{min}}$) in Relation zu 1 angegeben, z.B. 1:23 wenn das Umfeld 23× heller als die Optotype ist. Diese Kontrastangaben (in Abb. 2 als Kontrast_{AulhornHarms} bezeichnet)

gehen auf Aulhorn und Harms (1970) zurück.

In der Psychophysik gilt als Faustregel, dass die menschliche Kontrastempfindlichkeit bei der optimalen Ortsfrequenz um 6 Perioden/° (dies entspricht etwa einem Visus von 0,2) 300 beträgt (Patel 1966). Diese Kontrastempfindlichkeit ist der Kehrwert des Michelson-Schwellenkontrastes. Ein Michelson-Kontrast von 0,33% (= 1/300) entspricht einem Weber-Kontrast von 0,67% bzw. $\log CS_{\text{Weber}} = 2,18$. Optotypen mit einem Ortsfrequenzgemisch haben durchweg höhere Kontrast-schwellen (siehe dazu die Grenzkontraste z.B. für die Mars-Tafeln).

Umrechnung von Kontrastdefinitionen				
<i>Bach (2011)</i>				
$\text{Kontrast}_{\text{Michelson}} = 100\% \cdot (L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / (L_{\text{max}} + L_{\text{min}})$ $\text{Kontrast}_{\text{Michelson}} = 100\% \cdot (L_{\text{max}} - L_{\text{min}}) / (L_{\text{max}})$ $\log CS_{\text{Weber}} = \log_{10}(1/\text{Kontrast}_{\text{Weber}}) \quad [\text{CS: Contrast Sensitivity}]$ $\text{Kontrast}_{\text{Ratio}} = L_{\text{max}} / L_{\text{min}} \quad [\text{Ratio} = \text{Verhältnis}]$ $\text{Kontrast}_{\text{AulhornHarms}} = 1 : \text{Kontrast}_{\text{Verhältnis}}$				
Zieldefinition	Eingangsdefinition			
	Michelson	Weber	Ratio	$\log CS_{\text{Weber}}$
Michelson	1	$W / (2 - W)$	$(R - 1) / (R + 1)$	$[\log(1 / W(M))]^{-1}$
Weber	$2 \cdot M / (1 + M)$	1	$1 - 1 / R$	$1 / (10^{\log CS_{\text{Weber}}})$
Ratio	$(1 + M) / (1 - M)$	$1 / (1 - W)$	1	$[\log(1 / W(R))]^{-1}$
$\log CS_{\text{Weber}}$	$\log(1 / W(M))$	$\log(1 / W)$	$\log(1 / W(R))$	1

Abb. 1 ▲ Umrechnung von Kontrastdefinitionen.

Oben die Grundformeln, ausgehend vom jeweils helle (L_{max}) und dunklen Bereich (L_{min}) der Darbietungsfläche. Die Matrix darunter stellt die zugehörigen Umrechnungsformeln dar.

Kontrastwerte verschiedener Kontrastdefinitionen						
Leuchtdichtebeispiele (konstantes Umfeld)		<i>Bach (2011)</i>				
L_{Target}	L_{Surround}	Kontrast _{Michelson}	Kontrast _{Weber}	$\log CS_{\text{Weber}}$	Kontrast _{Ratio}	$K_{\text{AulhornHarms}}$
99,7 cd/m ²	100,0 cd/m ²	0,16%	0,3%	2,50	1,003	
99,0 cd/m ²	100,0 cd/m ²	0,50%	1,0%	2,00	1,010	
96,8 cd/m ²	100,0 cd/m ²	1,62%	3,2%	1,50	1,033	
90,1 cd/m ²	100,0 cd/m ²	5,21%	9,9%	1,00	1,11	
88 cd/m ²	100,0 cd/m ²	6,54%	12,3%	0,91	1,14	1 : 1,14
80 cd/m ²	100,0 cd/m ²	11,1%	20,0%	0,70	1,25	1 : 1,25
68 cd/m ²	100,0 cd/m ²	19,0%	32,0%	0,50	1,47	1 : 1,47
60 cd/m ²	100,0 cd/m ²	25,1%	40,1%	0,40	1,67	1 : 1,67
50 cd/m ²	100,0 cd/m ²	33,3%	50,0%	0,30	2,0	1 : 2,0
37 cd/m ²	100,0 cd/m ²	45,9%	63,0%	0,20	2,7	1 : 2,7
20 cd/m ²	100,0 cd/m ²	66,7%	80,0%	0,10	5,0	1 : 5,0
4,3 cd/m ²	100,0 cd/m ²	91,7%	95,7%	0,02	23	1 : 23
1 cd/m ²	100,0 cd/m ²	98,0%	99,0%	0,004	100	

Abb. 2 ▲ Vergleich verschiedener Kontrastdefinitionen.

Die Leuchtdichten für das Sehzeichen (L_{Target}) auf einem Hintergrund (L_{Surround}) in den beiden linken Spalten führen zu verschiedenen Kontrastwerten je nach gewählter Kontrastdefinition ausgehend von den Formeln aus **Abb. 1**. Die Umgebungsleuchtdichte ist hier konstant mit 100 cd/m² angesetzt, und L_{Target} so gewählt dass sich die klassischen Aulhorn-Harms-Brüche sowie weitere „runde“ $\log CS_{\text{Weber}}$ -Werte ergeben. Man erkennt, dass bei niedrigen Kontrasten der Zahlenwert in Michelson-Einheiten halb so groß ist wie der in Weber-Einheiten. Ferner wird deutlich, dass die „krummen“ Aulhorn-Harms-Brüche im wesentlichen auf „runden“ $\log CS_{\text{Weber}}$ -Werten beruhen. Im photopischen Bereich liegt die normale Schwelle zwischen 1,5 und 2,0 $\log CS_{\text{Weber}}$.