

Zentrale Sehschärfe und visuelle Fahreignungsdiagnostik

Wolfgang Grundler, Hans Strasburger

Abstract

Die Testung des Visus als Screening-Test zum Nachweis der Fahreignung ist weltweit verbreitet. Ob USA, Australien oder Europa – der Nachweis ausreichender Sehschärfe ist das Maß aller Dinge bei der Betrachtung von Fahreignungsvoraussetzungen. Es gibt jedoch begründete Zweifel an der Aussagekraft des Visus, wenn es darum geht, abzuschätzen, wie sich eine verminderte Sehschärfe auf die Sicherheit von Straßenverkehrsteilnehmern auswirkt. Im Folgenden werden verschiedene Einflussgrößen und Messverfahren hinsichtlich ihrer Bedeutung zur Bewertung sicheren Fahrverhaltens im Straßenverkehr beschrieben.

Schlüsselwörter

Visus, Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit, Fahreignung, Fahreignungsdiagnostik, Fahrerlaubnisverordnung, Fahrsicherheit, funktionales Sehen, kognitive Parameter, Aufmerksamkeit

Gesellschaftliche Relevanz

Die individuelle Bedeutung des Themas Fahreignung ist immens. Fehlen Fahreignungsvoraussetzungen oder droht ein Verlust der Fahreignung, hat das für Betroffene in der Regel weitreichende Folgen: Unabhängigkeit und Selbstbestimmtheit drohen verloren zu gehen, was insbesondere für die wachsende Bevölkerungsgruppe der Älteren zutrifft. [1] Da nach Schätzungen ca. 90% aller für die Fahrzeugführung relevanten Informationen über das Auge aufgenommen werden, stehen in der öffentlichen Diskussion zur Fahreignung Älterer nicht selten die für das Autofahren zu fordernden Sehleistungen im Mittelpunkt. [2,3]

Veränderungen des Sehens bei älteren Kraftfahrern

Altersbedingte Veränderungen der visuellen Leistungsfähigkeit sind vielfältig. Die Akkommodationsbreite des Auges nimmt von rund 20 Dioptrien während der Kindheit auf 2 Dioptrien im Alter von ca. 50 Jahren ab. [4] Die Sehschärfe reduziert sich im Laufe der Alterung, und zwar umso stärker, je geringer die Leuchtdichte und je kleiner die Kontraste werden, oder bei Blendung. Die Fähigkeit, bewegte Objekte detailliert wahrzunehmen, bildet sich ab dem 40.–50. Lebensjahr zurück. Periphere Sehfunktionen verschlechtern sich, die Blendempfindlichkeit nimmt zu. [5,6]

Scheinbar zu Recht wird deshalb der Nachweis einer ausreichenden Sehschärfe zum Erwerb des Führerscheins gefordert. Es gibt jedoch Autoren, die anderer Meinung sind. Hohmann kommt zu dem Schluss, dass die Sehschärfe in ihrer Relevanz für das Autofahren allgemein überschätzt wird und nur von untergeordneter Bedeutung für die Verkehrssicherheit ist. [7] Der durch den normalen Alterungsprozess bedingte Abbau visueller Funktionen sei gering. Auch Kaiser & Oswald sind dieser Meinung. Die reine sinnesphysiologische Tätigkeit der Augen (Sensorik) sei im Vergleich zu visueller Informationsverarbeitung und Aufmerksamkeit (Kognition) für die Fahreignung von untergeordneter Bedeutung. [1]

Rechtliche Regelungen zur Fahreignung

Zunächst die Frage, was unter Fahreignung zu verstehen ist. Fahrgeeignet ist, „wer die nötigen körperlichen und geistigen Voraussetzungen erfüllt“ (Straßenverkehrsgesetz § 2 Absatz IV). Allgemeine rechtliche Grundlage der Fahreignung ist dabei die Fahrerlaubnisverordnung (FeV). [8] Demnach sind, für in Deutschland wohnhafte Personen mit einem Mindestalter von 18 Jahren, die Grundvoraussetzungen zum Erwerb einer Fahrerlaubnis der Klassen A, A1, A2, B, BE, AM, L, T (Krafträder, PKW und Zugmaschinen für land- oder forstwirtschaftliche Zwecke):

- der Nachweis ausreichender visueller Fähigkeiten nach § 12 FeV (Anlage 6)
- ausreichendes Regelwissen, das in einer theoretischen Prüfung nachgewiesen wird (§ 16 FeV)
- das Bestehen einer Fahrerlaubnisprüfung (§ 15 FeV), in der ein unabhängiger Beobachter (Prüfer) die Fahrkompetenz des Prüflings bewertet.

Der Nachweis eines ausreichenden Sehvermögens ist somit für PKW-Fahrer die entscheidende Voraussetzung für die Zulassung zur Fahrerlaubnisprüfung und den potentiellen Erwerb des Führerscheins. Zum Testen und Ausstellen einer Sehtestbescheinigung zur Vorlage bei den Fahrerlaubnisbehörden braucht es nicht viel. Ein Binoptometer (Abbildung 1), oder ein anderes nach DIN-Norm 58220, Teil 6, geeignetes Sehtestgerät genügt. [9] Wird auf beiden Augen ein monokularer Visus von 0,7 erreicht, gilt ein Sehtest als bestanden. Nur bei Nichtbestehen ist ein augenärztliches Gutachten mit erweiterter Diagnostik (u. a. bzgl. Gesichtsfeld, Kontrast- und Blendempfindlichkeit) erforderlich.



Abbildung 1: Oculus Binoptometer 3 (Oculus, G/59850/0207/d) – programmgesteuertes Sehtestgerät. Ein einfacher Sehtest genügt laut Fahrerlaubnisverordnung zum Nachweis ausreichenden Sehvermögens im Straßenverkehr.

Höhere Anforderungen werden für die Fahrerlaubnisklassen C, C1, CE, V1E, D D1, DE, D1E (LKW, Anhänger von mehr als 750 kg Gesamtmasse, Omnibus), sowie einer Fahrerlaubnis zur Fahrgastbeförderung (Taxifahrer) gestellt. Für diese Klassen werden fünf weitere, psychische Leistungsbereiche benannt, die für das Führen von Kraftfahrzeugen als relevant betrachtet werden und begutachtet werden sollen (FeV, Anlage 5):

- Belastbarkeit
- Orientierungsleistung
- Konzentrationsleistung

- Aufmerksamkeitsleistung
- Reaktionsfähigkeit

Dies heißt nicht, dass diese Leistungsbereiche für PKW-Fahrer nicht relevant seien; sie werden lediglich nicht geprüft. Erst nach einem Entzug der Fahreignung (z.B. Eintragungen im Fahreignungsregister mit mehr als acht Punkten, Alkohol am Steuer, Drogen- oder Medikamentenabhängigkeit, verkehrsstrafrechtlichen Hintergründen, wie etwa Rasen und Drängeln), werden medizinisch-psychologische Untersuchungen (MPU) durch amtlich anerkannte Begutachtungsstellen erforderlich, die nicht auf Sehfunktionen beschränkt sind. Neben einem medizinischen Teil und einem psychologischen Gespräch werden psychometrische Leistungstests durchgeführt, die Wahrnehmungs- und Reaktionsleistung, Belastbarkeit, sowie Aufmerksamkeit prüfen. Welche Mindestleistungen dabei für eine Fahreignung vorliegen sollten, ist in den Begutachtungs-Leitlinien zur Kraftfahreignung beschrieben. [10] Interessanterweise gibt es, im Unterschied zu Sehfunktions-tests, für psychometrische Leistungstests keine festgelegten Grenzwerte, die einzuhalten wären (etwa eine maximal zulässige Reaktionszeit). Ergebnisse psychometrischer Leistungstests werden als Prozentrang einer Normstichprobe angegeben. Erbrachte Leistungen sollten nicht zu den unteren 15% einer Normstichprobe gehören. Entsprechen die Testergebnisse nicht den Anforderungen (Unterschreitung des Prozentrangs 16), kann eine Überprüfung der Kompensationsfähigkeiten im praktischen Fahrverhalten (Fahrverhaltensbeobachtung) empfohlen werden.

Die Fahrerlaubnisbehörden gehen somit einerseits davon aus, dass ausreichende Sehfunktionen als Voraussetzung zum Erwerb der Fahrerlaubnis genügen. Andererseits werden Mängel im Fahrverhalten, die zu einem Entzug der Fahreignung führen, mit unzureichenden Ausprägungen psychischer Kompetenzen, wie Wahrnehmungs- und Reaktionsleistung, Belastbarkeit oder Aufmerksamkeit, in Verbindung gebracht. Insbesondere bei der Fahreignungsberatung älterer Kraftfahrer stellt sich somit die Frage, ob eine möglichst hohe Sehschärfe wirklich entscheidend für ein sicheres Führen von Kraftfahrzeugen ist. Unter Umständen sind Unterschiede im Wahrnehmungs- und Reaktionsverhalten gleichbedeutend oder sogar wichtiger für sicheres Fahren als die Ausprägung von Visuswerten. Und welche Visuswerte und Sehleistungen sind eigentlich zu fordern, um sicher fahren zu können?

Visuelle Fahreignungsdiagnostik

Nach den Empfehlungen der Verkehrskommission der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) sollte bei Durchführung eines einfachen Sehtests für die Klassen A, A1, A2, B, BE, AM, L und T (Krafträder, PKW, Zugmaschinen) gemäß Fahrerlaubnisverordnung (FeV § 12 Abs. 2, Anlage 6) die zentrale Tagessehschärfe mit oder ohne Sehhilfe mindestens einen Visus von 0,7/ 0,7 für das rechte und linke Auge ergeben. [11] Wird kein ausreichender Visus erreicht, ist ein „erweiterter Sehtest“ erforderlich. Er beinhaltet die Untersuchung des Gesichtsfelds, der Stellung und Beweglichkeit der Augen, sowie eine Prüfung von Dämmerungs- und Kontrastsehen. Es wird dann ein Visus von mindestens 0,5 gefordert, der monokular (bei Einäugigkeit) oder binokular erreicht werden muss. Die Erteilung der Fahrerlaubnis darf zudem in Ausnahmefällen auch in Betracht gezogen werden, wenn die Mindestanforderungen an das Gesichtsfeld oder die Sehschärfe nicht erfüllt werden. Als untere Sehschärfegrenze für Inhaber der Fahrerlaubnisklasse B wird dann 0,32 empfohlen, wenn Kontrastsehen und Dämmerungssehen intakt sind. Dabei werden photopisches und mesopisches Kontrastsehen unterschieden: [12]

- photopisches Kontrastsehen
Empfohlene Messverfahren benutzen Sehtafeln, z.B. die Pelli-Robson Low-Contrast Letter Charts oder sind bildschirmbasierte Tests wie der Freiburger Visustest FrACT. [13,14,15]
- mesopisches Kontrastsehen (Dämmerungssehen) mit bzw. ohne Blendung nach DIN 58220-7, wobei eine Prüfung mit Blendung laut FeV Anlage 6 nicht gefordert wird. Bekannteste Messgeräte sind das Mesoptometer (Oculus) und das Nyktometer (Rodenstock). [9,16]

Das Dämmerungs- oder Kontrastsehen gilt für die Fahrerlaubnisklassen A, A1, A2, B, BE, AM, L und T (Krafträder, PKW, Zugmaschinen) als ausreichend, wenn (mit mesopischen Leuchtdichten und dunkeladaptiert bei einem Landoltring der Visusstufe 0,1) Kontraste von 1:23 erkannt werden (ansonsten Nachtfahrverbot). Für die Klassen C, C1, CE, C1E (LKW-Fahrer) und Taxifahrer wird ein Kontrast von 1:5, und für die Klassen D, D1, DE, D1E (Busfahrer) ein Kontrast von 1:2,7 gefordert. Die angegebenen Kontraste geben das Leuchtdichteverhältnis der dunklen zu den hellen Musterbereichen wieder; ein Kontrast von 1:23 bedeutet demnach, dass das Umfeld 23-mal heller ist, als die Optotype (Kontrast nach Aulhorn & Harms) (Tabelle 1). [17,18]

Tabelle 1: Mindestanforderungen an die Sehfunktionen gemäß Empfehlung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft [11]

Sehfunktionen	Klassen C, C1, CE, C1E, D, D1, DE, D1E und Fahrgastbeförderung	Klassen A, A1, A2, B, BE, AM, L und T
Sehschärfe	0,8 / 0,5	0,5 / 0,2
Sehschärfe bei Einäugigkeit	nicht geeignet	0,5
Zulässige Brillenglasstärke	+ 8,0 D (bei zylindrischen Gläsern gilt das sphärische Äquivalent)	keine Begrenzung
Gesichtsfeld	normale Gesichtsfelder beider Augen, wenigstens normales beidäugiges Gesichtsfeld	normales Gesichtsfeld eines Auges oder gleichwertiges beidäugiges Gesichtsfeld
Stellung und Beweglichkeit	Ausschluss bei Diplopie im Gebrauchsblickfeld (25 Grad Auf-, 30 Grad Seit- und 40 Grad Abblick), abgestufte Bewertung der Qualität des Binokularsehens je nach Fahrzeugklasse	Lähmungsschielen und Begleitschielen ohne gleichzeitige Diplopie in einem Blickfeldbereich von mindestens 20 Grad Durchmesser zulässig, normale Kopfhaltung empfohlen
Dämmerungssehschärfe, Blendempfindlichkeit	mesopisch, Kontraststufe 1:2,7; mindestens jedoch 1:5, ansonsten Nachtfahrverbot	mesopisch, Kontraststufe 1:5; mindestens jedoch 1:23, ansonsten Nachtfahrverbot
Farbsehen	Unzulässig: Protanomalie mit Anomaliequotient unter 0,5 und Protanopie	keine Anforderungen

Sehleistungsmaße und Fahrsicherheit

Wenn Testverfahren vorliegen, von denen angegeben wird, dass sie Fahreignung vorhersagen, oder die zum Nachweis der Fahrsicherheit gefordert werden, ist zu fragen, ob sie zu diesem Zweck tauglich sind. Das ist die Frage nach der Validität dieser Verfahren in Bezug auf Fahreignung. Von einem Sehtest ist daher in diesem Zusammenhang nicht nur zu fordern, dass er die entsprechende Sehleistung objektiv, reliabel und valide misst. Wichtig ist besonders, ob das, was gemessen wird, Fahrsicherheit prognostiziert, er also auch zur Beurteilung der Fahrsicherheit valide ist. Zur Beurteilung der Fahrsicherheit werden zum einen unfallanalytische Betrachtungen (retrospektive Langzeitbetrachtung), zum anderen Ergebnisse aus praktischen Fahrproben (Fahrverhaltensbeobachtungen) herangezogen. [19]

In praktischen Fahrproben wurden jedoch in mehreren Studien keine Zusammenhänge zwischen Visus und Leistungen in Fahrproben gefunden. [20,21,22,23] Auch der Zusammenhang von Visus und Unfallzahlen fällt angesichts der Bedeutung, die der Sehschärfe zum Erwerb des Führerscheins beigemessen wird, erstaunlich gering aus. [24] Bei einer Betrachtung relativer Unfallrisiken (Vergleich des Unfallrisikos einer Gruppe sehbeeinträchtigter Personen mit dem Unfallrisiko einer nicht beeinträchtigten Kontrollgruppe) werden in 6 von 15 Studien keine Zusammenhänge gefunden, weitere 5 berichten relative Unfallrisiken geringer als 1,5, in nur 4 Studien finden sich Unfallrisiken über 1,5. [25] In den meisten Studien wurden trotz großer Fallzahlen überhaupt keine statistisch bedeutsamen Zusammenhänge zwischen Visus und Unfallzahlen gefunden. [26,27,28,29,30,31,32] Die im deutschsprachigen Raum wohl bekannteste Studie zum Thema wurde von Bernhard Lachenmayr, Vorsitzender der Verkehrskommission der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, im Auftrag der Bundesanstalt für Straßenwesen durchgeführt. [33] Es wurden 754 Unfallfahrer einer vollständigen augenärztlichen Untersuchung unterzogen. Als Kontrollgruppe wurden 250 Personen mit vergleichbarer Alterszusammensetzung und Fahrerfahrung ohne Unfallereignisse innerhalb des Bezugszeitraums rekrutiert. Die Altersverteilung der Unfallfahrer lag im Mittel bei 56,3 Jahren, bei den Kontrollen bei 57,7 Jahren. Bezogen auf einen zeitlichen Bezugsrahmen von zwei Jahren (1994–1996) wurden die Unfallhäufigkeiten zwischen beiden Gruppen verglichen, wobei drei Unfalltypen (Dunkelheitsunfall, Vorfahrtsverletzung und Überholunfall im Außerortsverkehr) unterschieden wurden. Bezüglich des Visus wurden keine Unterschiede in den Unfallzahlen gefunden, wenngleich in der Kategorie „Überholunfall im Außerortsverkehr“ eine statistisch signifikant verminderte Tagessehschärfe der Unfallfahrer gegenüber den nicht verunfallten Fahrern festgestellt wurde. Der Visus in der Gruppe der bei Überholmanövern verunfallter Personen betrug 0,75 gegenüber einem Visus von 1,05 im Kontrollkollektiv (zur Bedeutsamkeit statistischer Signifikanz vgl. die aktuelle kritische Stellungnahme der American Statistical Association) [34]. Diese Befundlage wurde folgerichtig in Empfehlungen der Eye-Sight-Working-Group der Europäischen Kommission berücksichtigt. [24] Es werden nur moderate Anforderungen an den Visus gestellt, indem ein binokularer Visus von 0,5 als Richtwert empfohlen wird. Das ist bemerkenswert, da die zentrale Tagessehschärfe wie dargestellt lange Zeit als kardinale Sehfunktion für eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr betrachtet wurde und ein solch relativ geringer Visus in der Vergangenheit mit erheblicher Skepsis betrachtet wurde: „Bei einer Sehschärfe von 0,5 ist die Information, die der Fahrer noch aufnimmt, erschreckend gering.“ [35] Die Umsetzung der EU-Richtlinie in nationales Recht wurde deshalb nur schwer akzeptiert. [36] Im Vorwort zur 6. Auflage der Empfehlungen der DOG und des Berufsverbandes der Augenärzte (BVA) zur Fahreignungsbegutachtung (Fahreignungsbegutachtung für den Straßenverkehr, 2013) schreibt Lachenmayr:

„Am 13. Dezember 2010 (BGBl. I S. 1980) und am 7. Januar 2011 (BGBl. I S. 3) sind in zwei Schritten weitreichende Änderungen an der Fahrerlaubnis-Verordnung vom Gesetzgeber verabschiedet worden. Während einige diese Änderungen als positiv zu bewerten sind, sind einige diffus und unklar formuliert, (...) und sind in dieser Form nur schwer akzeptabel. Manche Änderungen entstammen der Forderung, europäische Empfehlungen in deutsches Recht zu übertragen. Der kleinste gemeinsame Nenner waren zum Beispiel eine Sehschärfe von 0,5 für die niedrigen Anforderungen, und die Empfehlung, auch protanope Busfahrer zuzulassen.“ [11]

Bedeutung der Kontrastempfindlichkeit für funktionales Sehen

Wie ist nun zu erklären, dass Visuswerte offenbar nur wenig über Fahreignung aussagen? Nach Colenbrander sind visuelle Funktionen wie die Sehschärfe, die durch visuelle Leistungstests bewertet werden, vom funktionalen Sehen zu unterscheiden, das beschreibt, welche funktionalen Wahrnehmungsleistungen erreicht werden können (z. B. Leseleistung, Erkennungsleistung im Straßenverkehr). [37] Am Institut für Optometrie und Sehforschung der Technischen Universität Queensland (Brisbane, Australien) wurden unter der Leitung von Joanne Wood Studien durchgeführt, die diese These stützen. In praktischen Fahrversuchen am dort ansässigen Forschungslabor zur Erforschung des Zusammenhangs von Seh- und Fahrleistungen konnten aus der Sehschärfe keinerlei Rückschlüsse auf die Erkennungsleistung von Straßenschildern, Fußgängern und zu umfahrenden Hindernissen (flache Schaumstoffwürfel) gezogen werden, weder bei Tages- noch bei Nachtfahrten. [38] Als bester Prädiktor der Erkennungsleistung beim Autofahren wurde nicht die nach Fahrerlaubnisverordnung zu prüfende Sehschärfe, sondern die zentrale Kontrastempfindlichkeit identifiziert. Die Versuchsteilnehmer (24 Personen verschiedener Altersgruppen) fuhren bei verschiedenen Beleuchtungsbedingungen (Tages- und vier Nachtbedingungen) eine 1,8 km lange, zwei- bzw. zum Teil dreispurige Landstraße in einem Testgelände. Während der Visus (gemessen an der Australian Vision Chart No. 5, Prüferentfernung 3,2 m) weder bei Tageslicht noch bei Nachtfahrten die Erkennungsleistung der Teilnehmer statistisch bedeutsam beeinflusste, konnten Unterschiede in der zentralen Kontrastempfindlichkeit (gemessen mittels Pelli-Robson Tafeln, Prüferentfernung 1 m) (Abbildung 2) bei Tageslicht 14% (*n. s.*, $p > 0,05$) und bei Nacht bis zu 40% ($p < 0,05$) der Erkennungsleistungen erklären. Wurden beide Sehleistungsmaße (Visus und Kontrast) kombiniert, verbesserte sich die Vorhersage der Erkennungsleistung deutlich. Bei Verwendung beider Prädiktoren konnten bei Tageslichtbedingungen 30% (allerdings *n. s.*, $p > 0,05$), und bei Nachtfahrten 52% ($p < 0,01$) der Varianz in der Erkennungsleistung erklärt werden. Interessanterweise erhoben Wood und Owens auch Sehschärfe und Kontrastempfindlichkeit bei reduzierten Leuchtdichten ($6,5 \text{ cd/m}^2$, $0,65 \text{ cd/m}^2$ und $0,065 \text{ cd/m}^2$; Messung mittels Verwendung von Graufiltern), mit naturgemäß dann verringerten Visus- und Kontrastwerten. Wurden nun aber verschiedene Leuchtdichtevarianten der Visus- und Kontrastmessungen kombiniert, konnten bis zu 85% der Varianz in den Erkennungsleistungen der Fahrer erklärt werden. Kombinationen aus photopischer Sehschärfe und photopischem Kontrastsehen erwiesen sich dabei gegenüber mesopischer Sehschärfe (ermittelt bei $6,5 \text{ cd/m}^2$) und photopischem Kontrast als etwa gleichwertig. Wood und Owens empfehlen deshalb aus pragmatischen Gründen (Reproduzierbarkeit, Einfachheit und Effizienz der Messungen) die Verwendung photopischer Sehleistungsmaße, wenn es darum geht, Aussagen zur Erkennungsleistung von Kraftfahrern im Straßenverkehr zu machen. Hertenstein et al. hingegen halten die Bestimmung mesopischer Sehleistungsmaße für unverzichtbar. [39] Hertenstein et al. haben verschiedene Methoden zur Bewertung der Kontrastempfindlichkeit

miteinander verglichen. Die mesopische Kontrastempfindlichkeit wurde dabei am Mesoptometer IIb (Oculus) ermittelt, die photopische Kontrastempfindlichkeit zum einen an der Mars Letter Contrast Sensitivity Tafel, zum anderen durch den computerbasierten Freiburger Visual Acuity & Contrast-Test (FrACT). [14,15,40] Die beiden photopischen Kontrastmaße (Mars und FrACT) führten zu ähnlichen Ergebnissen. Gute Werte am FrACT oder Mars gingen aber nicht zwingend mit guten Werten am Mesoptometer einher. Zeitsparend, unter photopischen Bedingungen ermittelte Sehleistungsmaße sagen demnach nur eingeschränkt etwas über Erkennungsleistungen unter mesopischen Bedingungen aus. Passend zu Ergebnissen von Woods und Owens konnten auch Strasburger et al. und Strasburger und Rentschler zeigen, dass sich, ohne Zusatzannahmen, aus der Sehschärfe nicht die Erkennungsleistung von Zeichen vorhersagen lässt. [41,42,43] Heinrich und Bach unterscheiden ebenfalls zwischen Sehschärfe („resolution acuity“) und Erkennungsleistung bei Landoltringen. [44] Gutes Kontrastsehen scheint für funktionales Sehen und Erkennungsleistungen im Straßenverkehr also wichtiger als ein möglichst hoher Visus zu sein. Entsprechend fand Lachenmayr in seiner oben erwähnten Analyse von Unfallzahlen bezüglich des Dämmerungssehens und der Blendempfindlichkeit erhebliche Unterschiede zwischen verunfallten und nicht verunfallten Personengruppen, insbesondere hinsichtlich der Unfallkategorie „Dunkelheitsunfälle“. [33] So überschritten insgesamt 15% der Unfallfahrer die kritische Kontraststufe 1:5; bezüglich der Blendempfindlichkeit verfehlten 20,7% die geforderte Kontraststufe 1:5. In der Kontrollgruppe der nicht verunfallten Personen waren es deutlich weniger. Nur 4% verfehlten die geforderte Kontrastempfindlichkeit, 7,6% überschritten die kritische Blendempfindlichkeit.



Abbildung 2: Pelli-Robson Tafeln zur Testung der Kontrastempfindlichkeit [13]

Funktionales Gesichtsfeld

In den Kontext des funktionalen Sehens ist auch ein von Ball et al. entwickeltes Verfahren zur Bestimmung des *Useful Field of View* einzuordnen (UFOV®, Visual Awareness Research Group, Punta Gorda, Florida), das visuelle Aufmerksamkeitsleistungen im zentralen und peripheren Blickfeld erfasst (Abbildung 3). [45] Der kurz als UFOV® bezeichnete Test besteht aus drei Untertests: Neben der Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (Untertest 1) werden die zwischen zentral und peripher geteilte Aufmerksamkeit (Untertest 2) und selektive Aufmerksamkeit (Untertest 3) erfasst. Geteilte Aufmerksamkeit wird dabei über die Erkennung eines zentralen Reizes bei gleichzeitiger Lokalisation eines peripheren Reizes

operationalisiert. Selektive Aufmerksamkeit wird als erschwerte Lokalisation der peripheren Reize durch ein Muster an Distraktoren (Störreizen) erfasst. Herabgesetzte Leistungen im UFOV gingen in vielen Studien mit einem erhöhten Unfallrisiko einher. [46,47,48,49,50] Das Ergebnis des UFOV gilt daher als guter Prädiktor für Fahrsicherheit und diesbezüglich aussagekräftiger als der Visus. [51]

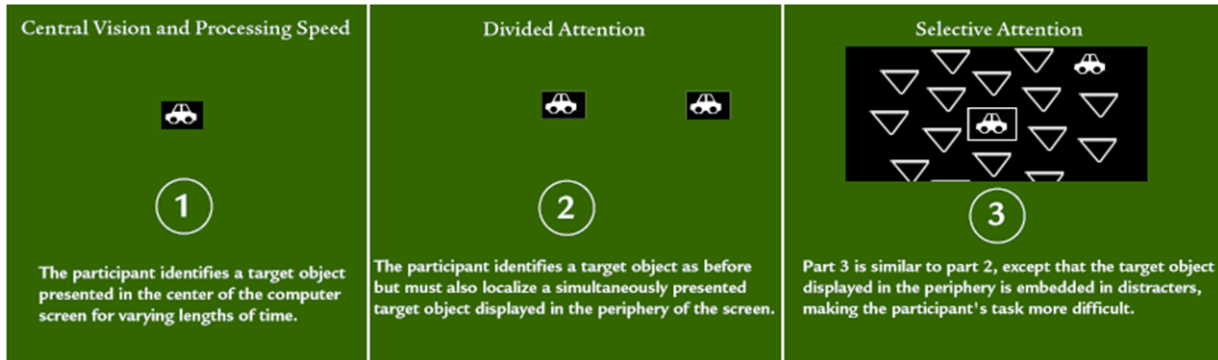


Abbildung 3: Useful Field of View (UFOV): Erfassung der zentralen Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit (links), der geteilten (Mitte) und selektiven Aufmerksamkeitsleistung (rechts). Die Screenshots und detaillierte Beschreibungen des Tests sind auf der Homepage des Herstellers zu finden (<http://www.visualawareness.com>).

Psychometrische Leistungstests

Werden nun neben visuellen auch psychometrische Leistungstests zur Beurteilung der Fahreignung betrachtet, fällt es noch schwerer, den Visus als zentrales Maß der Fahreignungsdiagnostik zu akzeptieren. Wood et al. haben neben dem UFOV eine Reihe weiterer visueller und psychometrischer Variablen hinsichtlich Ihrer Aussagekraft zur Klassifikation fahrgerechter und -ungerechter Kraftfahrer verglichen. [52] Neunundsiebzig Teilnehmer im Alter von 65–88 Jahren absolvierten eine Fahrprobe von rund 20 km Länge und eine Reihe von visuellen und psychometrischen Leistungstests. Zu den visuellen Tests zählten die Untersuchung der Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit und Gesichtsfeldfläche, psychometrische Tests waren Bestandteil einer multidisziplinären Testbatterie („Dot Motion Test“, „Colour Choice Reaction Time“), die in ähnlicher Form auch in Deutschland in medizinisch-psychologischen Fahreignungsuntersuchungen verwendet wird. [53,54] Die Qualität der Fahrproben wurde an Hand einer zehnstufigen Skala gemessen, wobei Werte kleiner als fünf eine Fahrleistung kennzeichneten, die nicht zum Bestehen einer Führerscheinprüfung ausreichte. Mit Hilfe statistischer Verfahren (bivariate logistische Regressionen) wurde geprüft, inwiefern sich sichere (Wertebereich > 5) und unsichere Fahrer (Wertebereich < 5) an Hand von Testergebnissen unterscheiden lassen. Die verwendete multidisziplinäre Testbatterie konnte sichere und unsichere Fahrer am besten unterscheiden. Die Sensitivität (Anteil korrekt erkannter unsicherer Fahrer) lag bei 80%, die Spezifität (Anteil korrekt zugeordneter guter Fahrer) bei 73%. Bei den Sehleistungstests zeigte lediglich die Kontrastempfindlichkeit einen signifikanten Zusammenhang zur Fahreignung der Teilnehmer und erreichte zwar eine Sensitivität von 80%, bei einer allerdings völlig unzureichenden Spezifität von 46%. Sensitivität und Spezifität sind gegenläufig miteinander verbunden. Die noch ausreichende Sensitivität wurde damit mit unzureichender Spezifität erkauft. [55] Weiterführende statistische Analysen, die zum Ziel hatten, die Anzahl erforderlicher Test zur Vorhersage der Fahreignung auf ein Minimum zu reduzieren (multiple Regression mit schrittweisem Variablenausschluss) eliminierten sämtliche visuellen Variablen. Wood et al.

kommen angesichts ihrer Ergebnisse zu dem Schluss, dass Autofahren zwar eine visuell anspruchsvolle Aufgabe sei, aber weit mehr als visuelle Fähigkeiten beansprucht. Anforderungen der Fahraufgabe zur Kontrolle des Fahrzeugs und dynamische, oft komplexe visuelle Informationsdarbietungen, erfordern schnelle Entscheidungsfindungen. Nach Wood et al. ist deshalb eine relativ einfache anzuwendende Testbatterie zur Testung multidisziplinärer kognitiv-visueller Fähigkeiten vielversprechend, wenn es darum geht, Fahrer mit potentiell sicherem und unsicherem Fahrverhalten zu unterscheiden. Konform mit Ergebnissen einer Meta-Analyse von Clay et al. zum Zusammenhang von Maßen des UFOV und der Fahrleistung Älterer werden Aspekte der visuellen Informationsverarbeitungsgeschwindigkeit und geteilten Aufmerksamkeit als aussagekräftigste Prädiktoren der Fahrfähigkeit und Sicherheit herausgestellt. [56] In einer Studie von Grundler erwies sich eine einzelne psychometrische Variable zur Erfassung geteilter Aufmerksamkeitsleistungen bezüglich der Fahreignung als aussagekräftiger, als ein ganzes Variablen-set aus Visus, Kontrast und Gesichtsfeld. [57]

Dioptrische Abweichung und Fahrverhalten

Wenn bezüglich der Fahreignung offenbar viele Tests aussagekräftigere Ergebnisse erzielen als die Prüfung der Sehschärfe, stellt sich die Frage, ob eine augenoptische Beratung zu Optimierung der Sehschärfe überhaupt sinnvoll ist. Ist es denn wirklich egal, welche Sehschärfe erreicht wird und wie gut optische Korrekturen angepasst sind? Es ist nicht egal. So gibt es verlässliche Hinweise auf einen linearen Zusammenhang zwischen verminderter Sehschärfe durch optische Verneblung und gewissen Maßen der Fahrleistung (z. B. Geschwindigkeitsverhalten). Beispielsweise wurden in einer Studie von Wood et al. Sehleistungswerte einer Gruppe von 12 jungen Autofahrern im Alter von 17–33 Jahren bei Tag- und Nachtfahrten systematisch manipuliert. [58] Zusätzlich zur sphärozyklindrisch idealen Sehhilfe der Teilnehmer wurden sphärische Gläser von +0,50 D, +1,00 D und +2,00 D getragen; der Visus wird dabei auf das 0,8-fache, 0,5-fache oder 0,2-fache des besten Visus reduziert (nach Blendowske). [59] Die Autoren konnten zeigen, dass selbst Fehlkorrekturen von 0,50 D negative Auswirkungen auf die Fahrleistung (Fahrgeschwindigkeit, Reagieren auf Hindernisse) und Erkennungsleistung von Verkehrszeichen (Abstand und Anzahl richtig erkannter Verkehrszeichen) der Teilnehmer hatten. Bei Nachtfahrten wurden bei Fehlkorrekturen von +2,00 D über 30% der Hindernisse nicht erkannt, bei +1,00 D wurden immerhin noch 11% der Hindernisse übersehen. Spur- und Abstandshaltung wurden dagegen durch Fehlkorrekturen nicht beeinflusst. Ein linearer Zusammenhang zwischen optisch-induziert verminderter Sehschärfe und Fahrleistungsmaßen wurde auch in anderen Studien gefunden. [60]

Dies scheint nun im Widerspruch zu den berichteten Ergebnissen zu stehen, die keinen Zusammenhang von Visus und Erkennungsleistungen beim Autofahren berichten. Optisch induzierte und altersbedingte Fehlsichtigkeit sind jedoch zu unterscheiden. Zum einen wird altersbedingte Fehlsichtigkeit zum Teil durch optische Mechanismen kompensiert (eine altersbedingte Pupillenverengung verbessert Abbildungs-kontrast und Tiefenschärfe des Auges im Tagessehen bei gleichzeitiger Verringerung der sphärischen Aberration). Zum anderen gibt es Hinweise auf neuronale Mechanismen zur Kompensation von Fehlsichtigkeit. Werden beispielsweise moderat kurzsichtige Probanden (mit Myopien zwischen $-1,00$ D und $-3,50$ D) aufgefordert, ohne Brille drei Stunden fernzusehen, verbessert sich deren Sehschärfe nachweislich (gemessen an ETDRS-Charts, Precision Vision), obwohl sich deren refraktiver Status, ermittelt am Autorefraktometer, nicht verändert. [61] Ein weiteres Indiz ist die im Vergleich zu Jüngeren deutlich bessere Worterkennungsleistung Älterer (verglichen wurden

30-jährige mit 70-jährigen Teilnehmern) bei optisch induzierten, verringerten Visusstufen. [62,63] Ältere können demnach mit optischen Defiziten offenbar besser umgehen, als Jüngere.

Fazit

Aus verringerten Visuswerten auf fehlende Fahreignung zu schließen, erscheint empirisch kaum zu rechtfertigen. Die Testung der Sehschärfe ist für die klinische Diagnostik und das Monitoring von Augenerkrankungen von unbestreitbarer, grundlegender Bedeutung, ist aber als Fahreignungstest nicht hinreichend und wird der Komplexität der Fahraufgabe nicht gerecht. Beim Führen von Kraftfahrzeugen und Durchfahren von Kreuzungen sind parallel stattfindende peripher- und zentralnervöse Verarbeitungsprozesse gefordert. Neben der Fahraufgabe werden verschiedenste Nebenaufgaben ausgeführt und die Fahrumgebung besteht aus einer bunten Mischung von Objekten und Ereignissen. Verfahren zur Bestimmung der Sehschärfe schließen Nebenaufgaben bewusst aus und nutzen – ebenso intendiert – statt komplexer Reize möglichst einfache Sehzeichen, die unter optimierten (photopischen) Bedingungen präsentiert werden. [19] Es ist deshalb nicht verwunderlich, dass neben dem Visus eine Vielzahl weiterer Sehfunktionen und kognitiver Funktionen existieren, die sich für sicheres Fahren als bedeutsamer erweisen als der Visus.

Literatur

- [1] Kaiser HJ, Oswald WD. Autofahren im Alter – eine Literaturanalyse. *Zeitschrift für Gerontopsychologie und -psychiatrie*. 2000; 13(3/4): 131–170.
- [2] Schlag B, Petermann I, Weller G, Schulze C. *Mehr Licht – mehr Sicht – mehr Sicherheit? Zur Wirkung verbesserter Licht–Sichtbedingungen auf das Fahrerverhalten*. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften; 2009.
- [3] Lachenmayr B. Sehen, Sicht, sicher Fahren im höheren Lebensalter. In J. Lindlacher (Hrsg.), *Ältere Menschen im Straßenverkehr. Bericht über das 9. Symposium Verkehrsmedizin des ADAC. Schriftenreihe Straßenverkehr, Band 34*. München: ADAC; 1995: 80-89.
- [4] Duane A. Studies in monocular and binocular accommodation with their clinical applications. *American Journal of Ophthalmology*. 1922; 5: 865.
- [5] Berke A. Alter und Sehen. *Deutsche Optikerzeitung [DOZ]*. 2009; 4: 48–55.
- [6] Cohen AS. Wahrnehmung als Grundlage der Verkehrsorientierung bei nachlassender Sensorik während der Alterung. In B. Schlag (Hrsg.), *Schriftenreihe Mobilität und Alter (Band 3), Leistungsfähigkeit und Mobilität im Alter*. Köln: TÜV Media GmbH; 2008: 65–84.
- [7] Hohmann A. Sehfähigkeit und Wahrnehmungsvermögen im Straßenverkehr. (Forschungsbericht Nr. 232). Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen; 1991.
- [8] Bundesministerium der Justiz (2010). *Fahrerlaubnisverordnung*. http://www.gesetze-im-internet.de/fev_2010 (abgerufen 06. April 2015)
- [9] DIN 58220-6. *Sehschärfbestimmung – Teil 6: Straßenverkehrsbezogener Sehtest*. Berlin: Beuth Verlag GmbH; 2009.
- [10] Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.) *Begutachtungsleitlinien zur Kraftfahrereignung* (gültig ab 01.Mai 2014). Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Reihe Mensch und Sicherheit, Heft M 115, Bergisch Gladbach: Wirtschaftsverlag NW; 2014.

- [11] Fahreignungsbegutachtung für den Straßenverkehr 2013. Empfehlungen der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (DOG) und des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands (BVA). *Anleitung für die augenärztliche Untersuchung und Beurteilung der Eignung zum Führen von Kraftfahrzeugen*, 6. Auflage; 2013.
- [12] Mitteilungen der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (2011). Prüfung des Kontrast- oder Dämmerungssehens. *Ophthalmologe*. 2011; 108: 1195–1198.
doi:10.1007/s00347-011-2488-5
- [13] Pelli DG, Robson JG, Wilkins AJ. The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clinical Vision Sciences*. 1998; 2(3):187-199. Copyright © 2014 D.G. Pelli and J.G. Robson. Manufactured by Precision Vision.
- [14] Bach M. The Freiburg Visual Acuity Test — automatic measurement of visual acuity. *Optometry and Vision Science*. 1996; 73: 49–53.
- [15] Bach M (2009). *Homepage of the Freiburg Visual Acuity & Contrast Test (FrACT)*.
<http://michaelbach.de/fract.html> (abgerufen am 6. April 2015)
- [16] DIN 58220-7. *Sehschärfebestimmung – Teil 7: Mesopisches Kontrastsehen, ohne und mit Blendung für straßenverkehrsbezogene Testung*. Berlin: Beuth Verlag GmbH; 2009.
- [17] Aulhorn E, Harms H. Über die Untersuchung der Nachtfahreignung von Kraftfahrern mit dem Mesoptometer. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 1970; 157: 843–873.
- [18] Bach M, Wesemann W, Kolling G, Bühren J, Krastel H, Schiefer U. Photopisches Kontrastsehen. Örtliche Kontrastempfindlichkeit. *Ophthalmologe*. 2008; 105: 46–59.
- [19] Owsley C, McGwin G Jr. Vision and driving. *Vision Research*. 2010; 50(23): 2348–2361.
doi:10.1016/j.visres.2010.05.021
- [20] Burgard E. *Fahrkompetenz im Alter: Die Aussagekraft diagnostischer Instrumente bei Senioren und neurologischen Patienten*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München; 2005.
- [21] Peli E, Pely D. *Driving with confidence: A practical guide to driving with low vision*. River Edge, New Jersey: World Scientific Press; 2002.
- [22] Eby DW, Trombley DA, Molnar LJ, Schope LJ (Hrsg.). *The assessment of older drivers' capabilities: a review of the literature*. Ann Arbor: The University of Michigan Transportation Research Institute; 1998.
- [23] Staplin L, Ball K, Park D, Decina L, Lococo K, Gish K, Kotwal B. *Synthesis of human factors research on older drivers and highway safety, Volume I: Older Driver Research Synthesis*. USDOT/FHWA Publication No. FHWA-RD-97-094. Washington, DC; 1997.
- [24] Van Rijn LJ (Ed.). *New standards for the visual functions of drivers*. Report of the Eyesight Working Group. Brussels; May 2005.
http://ec.europa.eu/transport/home/drivinglicence/fitnesstodrive/index_en.htm (abgerufen am 25. November 2015)
- [25] Van Rijn LJ, Völker-Dieben HJ. *Assessment of vision impairment in relation to driving safety. A literature study*. Final report EU/CIECA study B3-B96-B2 7020-SIN 4562; 2000.
- [26] Burg A. Vision and driving: a report on research. *Human Factors*. 1971; 13, 79–87.

- [27] Hills BL, Burg A. *A reanalysis of California driver vision data: general findings*. TRRL Report, No. 768, Crawthorne, England: Transport and Road Research Laboratory; 1977.
- [28] Decina LE, Staplin L. Retrospective evaluation of alternative vision screening criteria of older and younger drivers. *Accident Analysis & Prevention*. 1993; 25(3): 267–275.
- [29] Foley DJ, Wallace RB, Eberhard J. Risk factors for motor vehicle crashes among older drivers in a rural community. *Journal of the American Geriatrics Society*. 1995; 43(7): 776–781.
- [30] Keefe JE, Jin CF, Weih LM, McCarty CA, Taylor HR. Vision impairment and older drivers: who's driving? *British Journal of Ophthalmology*. 2002; 86, 1118–1121.
- [31] Rubin GS, Ng ES, Bandeen-Roche K, Keyl PM, Freeman EE, West SK. A prospective, population based study of the role of visual impairment in motor vehicle crashes among older drivers: the SEE study. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2007; 48: 1483–1491.
- [32] Cross JM, McGwin G Jr, Rubin GS, Ball KK, West SK, Roenker DL, Owsley C. Visual and medical risk factors for motor vehicle collision involvement among older drivers. *British Journal of Ophthalmology*. 2009; 93: 400–404.
- [33] Lachenmayr B, Berger J, Buser A, Keller O. Reduziertes Sehvermögen führt zu erhöhtem Unfallrisiko im Straßenverkehr. *Ophthalmologe*. 1998; 95 (1), 44–50.
- [34] Wasserstein RL, Lazar NA. The ASA's statement on p-values: context, process, and purpose, *The American Statistician*; 2016.
<http://dx.doi.org/10.1080/00031305.2016.1154108>
- [35] Lachenmayr B. Verkehrsophthalmologie: Fahreignungsbegutachtung im Straßenverkehr. *Ophthalmologe*. 2006; 103: 429. doi: 10.1007/s00347-006-1330-y
- [36] Richtlinie 2006/126/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. Dezember 2006 über den Führerschein (Neufassung). Verkündungsstand 02.09.2015, in Kraft ab 15.05.2015.
- [37] Colenbrander A. Aspects of vision loss – visual functions and functional vision. *Visual Impairment Research*. 2003; 5(3): 115–136.
- [38] Wood JM, Owens DA. Standard measures of visual acuity do not predict drivers' recognition performance under day or night conditions. *Optometry & Vision Science*. 2005; 82(8): 698–705.
- [39] Hertenstein H, Bach M, Gross NJ, Beisse F. Marked dissociation of photopic and mesopic contrast sensitivity even in normal observers. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2016; 254(2): 373–384. doi.org/10.1007/s00417-015-3020-4
- [40] Arditi A. Improving the design of the letter contrast sensitivity test. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2005; 46: 2225–2229. doi:10.1167/iovs.04-1198
- [41] Strasburger H, Rentschler I, Harvey, LO Jr. Cortical magnification theory fails to predict visual recognition. *European Journal of Neuroscience*. 1994; 6: 1583–1588.
- [42] Strasburger H, Rentschler I. Contrast-dependent dissociation of visual recognition and detection fields. *European Journal of Neuroscience*. 1996, 8, 1787–1791.

- [43] Strasburger H, Rentschler I, Jüttner M. Peripheral vision and pattern recognition: a review. *Journal of Vision*. 2011; 11(13): 1–82.
- [44] Heinrich SP, Bach M. Resolution acuity versus recognition acuity with Landolt-style optotypes. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2013; 251(9): 2235–2241.
- [45] Ball K, Roenker D, Owsley C, Sloane M, O'Connor M. Driving and visual search – expanding the Useful Field of View. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 1991; 32: 1041.
- [46] McGwin G Jr, Owsley C, Ball K. Identifying crash involvement among older drivers: Agreement between self-report and state records. *Accident Analysis and Prevention*. 1998; 30: 781–791.
- [47] McGwin G Jr, Chapman V, Owsley C. Visual risk factors for driving difficulty in older drivers. *Accident Analysis and Prevention*. 2000; 32, 735–744.
- [48] Sims RV, McGwin G Jr, Allman RM, Ball K, Owsley C. Exploratory study of incident vehicle crashes among older drivers. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 2000; 55(1): 22–27.
- [49] Owsley C, McGwin G Jr. Vision impairment and driving. *Survey of Ophthalmology*. 1999; 43(6), 535–550.
- [50] Owsley, C. Visual Processing Speed. *Vision Research*. 2013; 90: 52–56.
doi:10.1016/j.visres.2012.11.014
- [51] Wood, JM, Owsley, C. Useful field of view test. *Gerontology*. 2014; 60(2): 315–318.
- [52] Wood, JM, Horswill, MS, Lacherez, PF, Anstey, KJ. Evaluation of screening tests for predicting older driver performance and safety assessed by an on-road test. *Accident analysis and prevention*. 2013; 50: 1161–1168.
- [53] Wood JM, Anstey KJ, Kerr GK, Lacherez P, Lord S. A multidomain approach for predicting older driver safety under in-traffic road conditions. *Journal of the American Geriatrics Society*. 2008; 56(6): 986–993.
- [54] Schuhfried GmbH (Hrsg.). Wiener Testsystem Verkehr. Computerunterstützte Fahreignungsdiagnostik. Mödling: Schuhfried GmbH; 2012.
- [55] Bortz J, Lienert GA. *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung*. 3. Auflage. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2008: 265.
- [56] Clay OJ, Wadley VG, Edwards JD, Roth DL, Roenker DL, Ball KK. Cumulative meta-analysis of the relationship between useful field of view and driving performance in older adults: Current and future implications. *Optometry and Vision Science*. 2005; 82(8): 724–731.
- [57] Grundler W. *Fahreignungsdiagnostik: Zur Validität visueller und kognitiver Leistungstests*. Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München; eingereicht.
- [58] Wood JM, Collins MJ, Chaparro A, Marszalek R, Carberry T, Lacherez P, Chu BS. Differential effects of refractive blur on day and night-time driving performance. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*. 2014; 55(4): 2284–2289.
- [59] Blendowske R. Unaided Visual Acuity and Blur: A Simple Model. *Optometry and Vision Science*. 2015; 92(6): 121–125.
- [60] Higgins KE, Wood J, Tait A. Vision and driving: selective effect of optical blur on different driving tasks. *Human Factors*. 1998; 40(2): 224–232.

[61] Rosenfield M, Hong SE, George S. Blur adaptation in myopes. *Optometry and Vision Science*. 2004; 81(9): 657-62.

[62] Kline DW, Buck K, Sell Y, Bolan TL, Dewar RE. Older observers' tolerance of optical blur: Age differences in the identification of defocused text signs. *Human Factors*. 1999; 41: 356–364.

[63] Jung GH, Kline DW. Resolution of blur in the older eye: Neural compensation in addition to optics? *Journal of Vision*. 2010; 10(5):7, 1–9.

Autoren:

Wolfgang Grundler, Staatl. geprüfter Augenoptiker & Augenoptikermeister, Dipl.-Psych.
Volkswagen AG, Konzernforschung, Fahrermodellierung und Evaluation (K-GERFB/E),
Wolfsburg

Adresse des Autors:

Am Speicher 9, 10245 Berlin

Tel. (+49) (163) 69 22 911

Mail: w.grundler@alice-dsl.net



Hans Strasburger, Prof. Dr. biol. hum., Dipl. Math, Dipl. Psych.
Inst. f. Med. Psychologie, Ludwig-Maximilians-Universität München
Abt. f. Med. Psychologie, Georg August-Universität Göttingen

Adresse des Autors:

Elsässer Str. 13, 81667 München

Mail: strasburger@uni-muenchen.de

www.hans.strasburger.de

