

Sehfähigkeit und Wahrnehmungsvermögen im Straßenverkehr

Forschungsberichte der Bundesanstalt für Straßenwesen

Sehfähigkeit und Wahrnehmungsvermögen im Straßenverkehr

Annemarie Hohmann

Bericht zum Forschungsbericht 8705
der Bundesanstalt für Straßenwesen
Bergisch Gladbach, Mai 1991

Herausgeber:

● Bundesanstalt für Straßenwesen
Referat Öffentlichkeitsarbeit, wissenschaftliche Informationen
5060 Bergisch Gladbach 1, Brüderstr. 53
Tel. 02204/430, Telex 8878483 bas d

Projektbetreuung: W. Muhr
Fachbetreuung: H. Schulze

Es wird darauf hingewiesen, daß die unter dem Namen der Verfasser veröffentlichten Berichte nicht in jedem Falle die Ansicht des Herausgebers wiedergeben.

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, bedürfen der Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen.

Druck: Fotodruck J. Mainz, 5100 Aachen

Lfd. Nr. 232

ISSN 0173-7066

Kurzfassung

Die in der Praxis (der Führerscheinvergabe) verwendeten und in der Literatur referierten Methoden zur Untersuchung der im Straßenverkehr relevanten visuellen Funktionen müssen überarbeitet werden, weil sie dem heutigen ophthalmologischen Wissen nicht mehr entsprechen. Die verwendeten Meßmethoden (Sehschärfe, Dämmerungssehschärfe, Stereosehen, Gesichtsfeldgröße) sind nicht validiert, noch in ihren Ausführungsrichtlinien standardisiert. Eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen verschiedener Untersuchungen ist nicht möglich. Es fehlt jeweils eine definierte Referenzmethode.

Bei der Festlegung des Anhalte- oder Sehschärfegrenzkriteriums werden heute augengesunde und augenranke Probanden nicht nach einem physiologischen Grenzwert getrennt. Der politisch festgelegte Grenzwert zum Führerscheinerwerb ist nicht medizinisch/wissenschaftlich begründet.

Der durch den normalen Alterungsprozeß bedingte Abbau von visuellen Funktionen ist gering und scheint von untergeordneter Bedeutung zu sein. Zur Beurteilung des Verhaltens älterer Menschen im Straßenverkehr ist die Häufigkeit bestimmter Augenerkrankungen wichtig. Es sollten nur diejenigen bei der Festlegung von Screeningwürdigkeit und -notwendigkeit im Alter in Betracht gezogen werden, die häufiger als 1 Prozent sind. Solche Erkrankungen sind Katarakt, Glaukom und Makuladegeneration. Mit zunehmendem Alter nimmt die Häufigkeit zu.

Katarakt und Makuladegeneration können mit einem validen Sehschärfetest aufgedeckt werden. Die Glaukomdiagnose bedarf einer aufwendigen Perimetrie.

Abstract

The methods of licencing for checking the visual functions relevant to road traffic as applied in practice and described in the literature need to be revised since they no longer correspond to the current state of ophthalmological knowledge. The measuring methods used (visual acuity, scotopic acuity, stereoscopic vision, field of vision) have not been validated or standardised with respect to their application regulations. A comparison of the results of different tests is not possible. Defined reference methods are lacking in each case.

In establishing an eye test result or visual acuity limit criterion, subjects with normal eye condition and eye diseases are not differentiated based on a physiological limit value. The licencing limit established on political grounds has no medical or scientific foundation.

The normal age-related deterioration of visual functions is slight and appears to be of secondary importance. In order to assess the road user behaviour of the elderly, the frequency of specific eye diseases is of significance. For establishing the screening worthiness and necessity for the elderly, only those should be considered which occur with a frequency exceeding 1 %. These include the cataract, glaucoma and macular degeneration. Their frequency increases with age.

Cataract and macular degeneration can be detected by means of a valid eye test. The diagnosis of glaucoma requires considerable perimetric efforts.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Korrelationsstudien zum Thema Augenfehler und Unfallgeschehen (gegliedert nach visuellen Funktionen)	3
2.1	Relevanz der Funktionsverluste für den Straßenverkehr	3
2.2	Tagessehschärfe und Unfallgeschehen	4
2.3	Binokulare Sehschärfe und Unfallgeschehen	8
2.4	Gesichtsfeld und Unfallgeschehen	9
2.5	Dämmerungssehen, Blendung und Unfallgeschehen	11
2.6	Dynamische Sehschärfe und Unfallgeschehen	12
3	Die heutige Rechtssituation der Sehtestung	13
3.1	Rechtslage für das Sehvermögen von Verkehrsteilnehmern	13
3.2	Anhaltewerte des Führerschein-Sehtests	13
3.3	Definition der Sehschärfe	14
3.4	Rangfolge der Lesbarkeit von Zahlen und Buchstaben	15
3.5	Testgeräte	15
3.6	Trennschwierigkeiten	16
3.7	Meßmethodik und Abbruchkriterium	18
3.8	Normen	18
4	Sensitive Phasen der visuellen Funktionsreifung	20
4.1	Entwicklung der Sehschärfe	20
4.2	Entwicklung der Binokularität	20
4.3	Gesichtsfeld	20
4.4	Güte der erreichbaren Sehschärfe und Binokularität unter günstigen Bedingungen	21
4.5	Der Therapiezeitpunkt von Sehstörungen muß in der sensitiven Phase liegen	21
4.6	Zusammenfassung	21
5	Pathologische Entwicklung des Sehvermögens im Kinder- und Jugendalter	22
5.1	Prävalenz der Refraktions- und Strabismusamblyopie	22
5.2	Therapie der Strabismus- und Refraktionsamblyopie	23
5.3	Pathologie der Amblyopie	23
5.3.1	Amblyopie und Trennschwierigkeiten	23
5.3.2	Fehlfunktionen, die mit der Amblyopie korreliert sind	24

6	Altersbedingte Veränderung visueller Funktionen	28
6.1	Einführung	28
6.2	Optische Veränderungen	29
6.2.1	Refraktion	29
6.2.2	Presbyopie	29
6.2.3	Akkommodationsgeschwindigkeit	30
6.2.4	Senile Miosis	30
6.2.5	Lichtabsorption und Lichtstreuung	31
6.3	Neuronale Veränderungen	32
6.4	Funktionelle Veränderungen	32
6.4.1	Sehschärfe	32
6.4.2	Kontrastempfindlichkeit	33
6.4.3	Dynamische Sehschärfe	34
6.4.4	Dunkeladaptation	35
6.4.5	Readaptation nach Blendung	35
6.4.6	Mesopische Sehschärfe	36
6.4.7	Gesichtsfeld	37
6.5	Zusammenfassung	38
7	Augenerkrankungen im Alter (Glaukom, Katarakt, Makuladegeneration)	39
7.1	Einleitung	39
7.2	Glaukom	39
7.2.1	Einleitung	39
7.2.2	Prävalenz des Glaukoms	39
7.2.3	Pathogenese und Funktionsverluste bei Glaukom	41
7.2.4	Diagnoseverfahren	41
7.2.5	Therapie	42
7.2.6	Screeningmethode	43
7.2.7	Zusammenfassung	43
7.3	Katarakt	44
7.3.1	Einleitung	44
7.3.2	Prävalenz der Katarakt	44
7.3.3	Krankheitsbild, Funktionsverluste	45
7.3.4	Diagnoseverfahren	46
7.3.5	Kontrastempfindlichkeit	46
7.3.6	Therapie der Katarakt	47
7.3.7	Zusammenfassung	47
7.4	Makuladegeneration	48
7.4.1	Prävalenz	48
7.4.2	Krankheitsbild	48
7.4.3	Diagnoseverfahren/Screeningverfahren	48
7.4.4	Kontrastempfindlichkeitsmessung	48

7.4.5	Therapie	49
7.4.6	Zusammenfassung	49
8	Meßmethoden für die visuellen Funktionen	50
8.1	Sehschärfemeßverfahren	50
8.2	Trennschwierigkeiten oder Crowding	51
8.3	Meßverfahren zur Bestimmung der Dämmerungssehschärfe und der Kontrastempfindlichkeit	52
8.3.1	Dämmerungssehschärfe	52
8.3.2	Kontrastempfindlichkeit	52
8.4	Stereotests	54
8.4.1	Einleitung	54
8.4.2	Darstellung der verschiedenen Stereotests	54
9	Zusammenfassung	58
9.1	Ziel der Arbeit	58
9.2	Kritik an den Arbeiten zum Thema "Sehvermögen und Unfallgefahr"	58
9.3	Vorschlag für eine Neuorientierung der Sehtestung	59
9.4	Versuchsdesign für eine repräsentative Untersuchung über Sehbeeinträchtigung von Kraftfahrern	59
9.5	Internationaler Vergleich der Situation im Straßenverkehr	60
9.6	Forschungsvorschläge	60
10	ANHANG Zusammenstellung der Korrelationsstudien	62
10.1	Korrelation zwischen Gesichtsfeld und Unfall ist möglich	62
10.2	Studien, in denen keine Korrelation zwischen Gesichtsfeld und Unfall gefunden wurde	66
10.3	Studien zu Kompensation von Gesichtsfeldausfällen	68
10.4	Erläuterung zu den Korrelationsstudien	69
11	Literatur	73

1 Einleitung

Absicht der Bundesanstalt für Straßenwesen bei der Ausschreibung dieser Studie war es, "die Sehfunktionen herauszuarbeiten, mit denen die für das Verhalten im Straßenverkehr relevante Sehleistung hinreichend genau erfaßt werden kann." Aufbauend darauf soll dann "eine für die Bundesrepublik Deutschland bzw. bestimmte Verkehrsteilnehmergruppen repräsentative Untersuchung über Sehbeeinträchtigungen, einschließlich Korrekturen und Anpassungsleistungen" vorgenommen werden (Forschungsprogramm der BAST 1987/88).

Hierzu sollte die zum Themenkreis "Sehfähigkeit und Wahrnehmungsvermögen im Straßenverkehr" zur Verfügung stehende Literatur durchgesehen und die Sehfunktionen, die eine Korrelation zum Straßenverkehr zeigen, mit ihren Meßmethoden beschrieben werden.

Zu Beginn dieser Studie findet sich die Diskussion, der im Anhang dargestellten Korrelationsstudien über visuelle Funktionsverluste und Unfallgeschehen.

Die bekannten Korrelationsstudien haben ophthalmologische und statistische Mängel. Hedin schreibt in seiner Arbeit (1980 #789) für die Traffic Safety Analysis Group der schwedischen Regierung, "many of these studies are marked by shortcomings which make complete faith in the results and conclusions doubtful. Among these is the difficulty in establishing the contribution of the visual defect among the factors which cause an accident".

Die Relevanz des gesunden bzw. verminderten Sehvermögens auf den Straßenverkehr war schon mehrfach Thema von Korrelationsstudien. Bis heute ist es allerdings nicht gelungen, ein anerkanntes Minimum-Ensemble an Tests zusammenzustellen, die alle relevanten Sehfunktionen meßbar werden lassen.

In Kapitel 3 wird die rechtliche Situation und die tatsächliche Durchführung der Sehtestung bei der Vergabe des Führerscheins besprochen.

In den Kapiteln 4 und 5 werden die Physiologie und Pathologie des kindlichen Sehvermögens behandelt. Nach den neuen Erkenntnissen auf dem Gebiet der Entwicklungsphysiologie ist bekannt, daß die Sehfunktionen bei Geburt nur unvollständig vorhanden sind, sie müssen in den ersten Kinderjahren erworben werden. Liegen in diesem Lebensabschnitt Dysfunktionen oder Krankheiten vor, so

resultiert daraus ein irreversibler Verlust an Sehfähigkeit, wenn die Ursachen nicht erkannt und rechtzeitig behandelt werden. Die Verminderung des Sehvermögens begleitet den Menschen ein Leben lang, wobei sie u.a. bei einem validen Führerscheintest offensichtlich werden können.

In den Kapiteln 6 und 7 wird Bezug auf die physiologische und pathologische Altersentwicklung genommen. Die Frage ist noch offen, ob der physiologische Altersabbau für die Sehfähigkeit im Straßenverkehr eine Bedeutung hat. Der physiologische Altersabbau ist gering im Vergleich zu möglichen pathologischen Defekten im Alter. Auf jeden Fall haben pathologische Verluste am Sehvermögen einen Einfluß auf die Qualität des visuellen Systems und sind bedeutender als der normale Alterungsprozeß. Ein Sehtest für Ältere muß sich vorrangig auf das Erkennen von Krankheiten konzentrieren.

Es werden daher in diesen Kapiteln die Screeningfähigkeit und Screeningwürdigkeit von Tests nach häufigen Alterserkrankungen betrachtet und die Prävalenzzahlen dargestellt.

Im letzten Kapitel der Arbeit werden die Meßmethoden dargestellt, die durch die Orientierung am Krankheitsbild im entwicklungsphysiologischen Verlauf relevant sind.

Paderborn, im Juli 1989

2 Korrelationsstudien zum Thema Augenfehler und Unfallgeschehen (gegliedert nach visuellen Funktionen)

2.1 Relevanz der Funktionsverluste für den Straßenverkehr

Von North 1985 #1133 stammt die kurze und prägnante Aussage: "Vision is the one human sense that is absolutely essential for safe driving." Quantitativ ist dieser Zusammenhang bis heute wissenschaftlich nicht exakt aufgeklärt worden.

Es wird von verschiedenen Autoren immer wieder daraufhingewiesen, daß mehr als 90 Prozent der sensorischen Information, die beim Fahren aufgenommen wird, eine Funktion des Gesichtssinns ist. Es konnte allerdings bis heute nicht eindeutig nachgewiesen werden, daß eine geringe Sehschärfe einen bedeutenden Einfluß auf die Unfallhäufigkeit hat.

Man kann Sehschärfewerte zwischen 2.0 und der Blindheit haben. Die Aufgabenstellung ist, den minimalen Sehschärfewert zu ermitteln, wo sicheres Fahren noch möglich ist.

Zahlreiche Untersuchungen sind durchgeführt worden, um Korrelationen zwischen schlechtem Sehen und (hoher) Unfallrate zu ermitteln. Viele dieser Studien zeichnen sich durch Mängel aus, welche das Vertrauen in die Resultate und die Schlußfolgerungen erschüttern. Auf der einen Seite werden sehr umfangreiche Studien gemacht, d.h. es werden viele Probanden getestet, das hat für die Statistik Vorteile, aber die Nachteile dieser großen Gruppen besonders bei Hills u Burq 1977 #154 (sie untersuchten 17.500 Personen) sind:

- schnelle und daher ungenauere Screening-Methoden
- nicht validierte Methoden
- wechselnde Untersucher
- keine objektive ophthalmologische Gegenprüfung.

Andere Mängel sind statistisch/methodischer Art: weil Menschen, die eine geringe Sehschärfe haben, aufhören Auto zu fahren, sorgfältiger fahren, ihr Sehdefizit durch stärkere geistige Leistung kompensieren oder sich seltener in kritische Situationen begeben. Eine andere mögliche Interpretation der Untersuchungsergebnisse ist, daß die benutzten Tests nicht die Funktionen messen, die wichtig für unfallfreies Fahren sind.

In den folgenden Unterkapiteln soll gegliedert nach den verschiedenen visuellen Funktionen auf die Korrelationsstudien zwischen Auge und Unfallgeschehen eingegangen werden. Eine ausführlichere Beschreibung der Studien wird im Anhang gegeben.

2.2 Tagessehschärfe und Unfallgeschehen

Die Bestimmung der Tagessehschärfe ist die am häufigsten bei der Führerscheinvergabe getestete visuelle Funktion. Sie ist die Standardmethode; hiermit wird zwischen Normalsichtigkeit = "Führerscheinvergabe" und Fehlsichtigkeit = "Überweisung zum Augenarzt" unterschieden. Die Tagessehschärfen liegen auf einem Kontinuum, das ein Maximum bei einer Sehschärfe von etwa 1.0 hat. Auf diesem Kontinuum liegen die Sehschärfewerte sowohl der augengesunden als auch der augenkranken Bevölkerung. Sehschärfewerte bis zum Visus von 2.0 sind keine Seltenheit.

Frisén u Frisén 1981 #432 bestimmten die Sehschärfe von 100 Versuchspersonen. Es waren Brechungsfehler zwischen -5.0 dpt und +3.0 dpt sph und Astigmatismuswerte bis zu +2.0 dpt cyl noch zugelassen. Die beim Kriterium 50 Prozent korrekte Antwort ermittelten Sehschärfewerte sind in der Abb. K2-1 angegeben. Selbst Versuchspersonen über 70 Jahre haben noch eine Sehschärfe von 1.2.

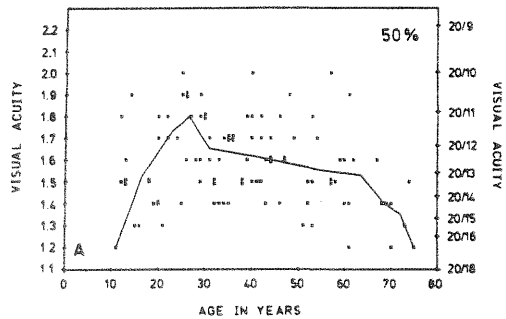


Abb. K2-1: Sehschärfe in Abhängigkeit vom Lebensalter (50 % Lesefehler pro Visuszeile); [entnommen Frisén u Frisén 1981 #432]

Auf Grund der Ergebnisse der Entwicklung der visuellen Funktionen in den ersten Lebensjahren (sh. Kapitel 5) muß man davon ausgehen, daß die Pathologie bis zu einer Sehschärfe von 1.0 reicht.

Alle augengesunden Kinder entwickeln etwa bis zum 6. Geburtstag eine Sehschärfe von mindestens 1,0 bis 1,25 unabhängig von ihrer Intelligenz. Wenn Kinder diese Visuswerte nicht erreichen, liegt ein Augenfehler vor.

Die Tatsache, daß Augengesundheit erst bei einem Visus von 1,0 oder sogar oberhalb beginnt, hat zur Folge, daß bei dem in der Verkehrsophthalmologie festgelegten Grenzwert von 0,5/0,2 (Führerschein-Klasse 3), viele Menschen mit nicht optimaler Sehschärfe zum Straßenverkehr zugelassen werden.

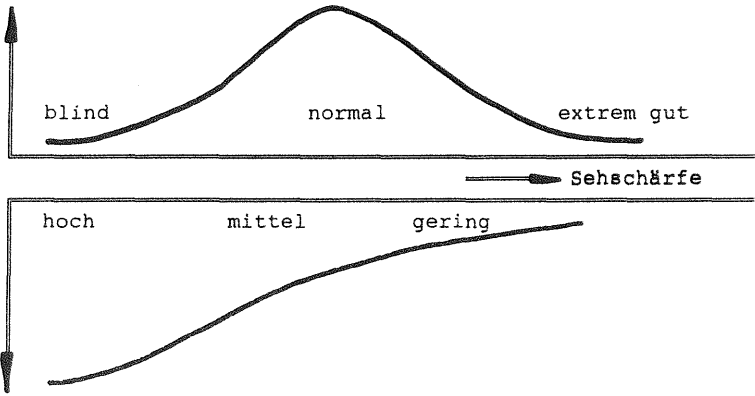
Da es unmöglich ist, alle Menschen, die keine volle Sehschärfe haben, vom Straßenverkehr fernzuhalten, muß allerdings ein Kompromiß eingegangen werden. Der im Gesetz vorgegebene Grenzwert ist ein politisch zweckmäßiger Wert und findet keine Erklärung in der Wissenschaft.

Allerdings muß die Grenzwertfestlegung zwischen Normalsichtigkeit und Pathologie bei der Durchführung von Korrelationsstudien gut überlegt sein. Wenn man, wie es in allen mir bekannten Studien der Fall ist, den Grenzwert weit unter Visus 1,0 festlegt, so entsteht immer eine Vermischung von augengesunden mit augenkranken Menschen. Das eindrucksvollste Beispiel für eine niedrige Grenzwertfestlegung bietet die Studie von Hills u Burg 1977 #154. Sie bestimmten die Sehschärfe binokular am Orthorater und nannten alle die Probanden fehlsichtig, die einen Visus von kleiner 0.5 hatten. Wenn man den Orthorater-Visus mit dem Visus nach Snellen vergleicht, so wie er in Europa gewöhnlich bestimmt wird, liegt der Grenzwert nicht mehr bei 0,5 sondern nur noch bei 0,28. Dadurch ist es nicht verwunderlich, wenn Hills u Burg statt etwa den üblichen 10 Prozent Fehlsichtigen nur 1,5 Prozent finden. Eine binokulare Sehschärfe unter 0,28 ist selten.

Man muß also fordern, daß bei einer wissenschaftlichen Studie der Visuswert des Augengesunden monokular bestimmt und sehr hoch angesetzt wird. Am besten sollte dieser subjektiv ermittelte Wert durch einen kompletten ophthalmologischen Befund mit Skiaskopie ergänzt werden, um die Gruppe der Augengesunden möglichst homogen zu halten. Im Vergleich zu dieser Gruppe sollte man dann diejenigen Personen auf ihre Unfallhäufigkeit untersuchen, die trotz ihrer schlechten Sehschärfewerte nach heutigen Vorschriften gerade noch Autofahren dürfen.

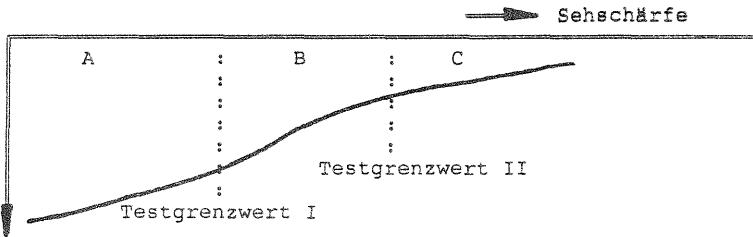
Im Vergleich zwischen diesen beiden Gruppen sollte dann eine Korrelation zwischen Sehschärfe und Unfallgeschehen ermittelt werden. Im nächsten Schritt müßte es möglich sein, einen Visuswert zu ermitteln, bei dem die Chance einen Unfall auf Grund unzureichender Sehschärfe zu machen, nicht mehr vertretbar ist. Indem die Gruppe der Augenkranken mit Personen mit immer besseren Visuswerten besetzt wird, kann man sich die beiden Gruppen annähern lassen, um sich so einem "richtigen" Visuswert zu nähern. Dann könnte der heute aus politischen Gründen festgelegte Grenzwert zur Erteilung der Fahrerlaubnis wissenschaftlich begründet werden.

Häufigkeit einer Sehschärfe
in der Bevölkerung



Unfallrisiko

Abb. K2-2: Hypothetische Darstellung der Abhängigkeit des Unfallrisikos von der Sehschärfe



Unfallrisiko

Abb. K2-3: Anzahl erfaßter Personen je nach Lage des Testgrenzwertes (hypothetische Darstellung)

Wie bereits erwähnt, liegen die Sehschärfewerte der Gesamtbevölkerung auf einem Kontinuum. Schematisch ist dies in Abb. K2-2 dargestellt. Die Wahrscheinlichkeit, aufgrund von Sehmängel einen

Unfall zu verursachen, ist in der unteren Hälfte der Abb. K2-2 dargestellt. Es ist klar, daß ein Blinder die höchste und ein extrem gut Sehender die geringste Unfallwahrscheinlichkeit (oder Neigung zum Unfall) hat.

In Abb. K2-3 sind schematisch zwei Testgrenzwerte eingetragen. Für einen Testgrenzwert II wird man eine Anzahl von Personen mit besseren Werten finden (geringe Neigung zum Unfall), die der Fläche C entspricht. Die Anzahl von Personen mit schlechteren Werten als Testgrenzwert II (höhere Neigung zum Unfall) entspricht den Flächen A + B. Bei einer Festlegung des Grenzwerts bei geringer Sehschärfe (also Testgrenzwert I) findet man etwa gleich viel Personen mit schlechteren Werten (= Fläche A) wie Personen mit besseren Werten (= Flächen B + C).

Damit wird klar, welche Bedeutung die Wahl des Grenzwerts in Korrelationsstudien hat. Wird der Grenzwert - wie meistens geschehen - bei einem kleinen Visus festgelegt (kleiner als 0,5), so sind die Zahlen von test auffälligen und test unauffälligen Menschen etwa gleich groß. Daraus schließt man, daß die Zahl der stärker zu einem Unfall neigenden Menschen etwa gleich ist der Zahl, die weniger zum Unfall neigen; bzw die gesuchte Korrelation ist null.

Es wird ebenfalls die Mangelhaftigkeit des wissenschaftlichen Ansatzes für solche Korrelationsuntersuchungen deutlich, die eigentlich einen Zusammenhang zwischen Sehvermögen und Unfallneigung liefern sollen.

Tab. K2-1: Beispiele von Normalitätsgrenzwerten der Sehschärfe aus Korrelationsstudien

Burg 1967/1968; Hills u Burg 1977 #154
größer 0,5; entspricht Snellen-Visus 0,28; monokular bestimmt

Gramberg-Danielsen 1972 #120
größer 0,8; Snellen benutzt; binokular bestimmt

Rogers 1987 #486
größer 0,5; Methode nicht angegeben; monokular ermittelt

Humphriss 1987 #343
größer 0,5; monokular oder binokular nicht festgelegt

v. Hebenstreit 1983 #46
größer 0,7; Snellen, monokular oder binokular nicht beschrieben

Aus den oben dargestellten Gründen sind also die Studien aus Tab. K2-1 wenig aussagekräftig.

Bei Untersuchungen über den Sehschärfeverlust im Alter im deutschsprachigen Raum ist folgendes zu bemerken. Zum Beispiel waren in einer Veröffentlichung von Kratz u Häseker #33 rund 39 Prozent der Testteilnehmer seit mehr als zwanzig Jahren im Besitz des Führerscheins. Aus naheliegenden Gründen sind dies die Älteren in der Untersuchung und diejenigen die nie einen Sehtest beim TÜV gemacht haben. Für die Probanden, die vor 1963 den Führerschein erworben haben (Einführung des Sehtests beim TÜV), wurde kein Bonus abgezogen. Der abzuziehende Bonus müßte in der Größenordnung der Zahl liegen, die der heute beim Sehtest Angehaltenen und zum Augenarzt Überwiesenen entspricht (etwa 8 bis 10 Prozent).

Wenn hier für die Älteren kein Bonus abgezogen wird, dann ist der Visusverlust im Alter natürlich dramatisch, aber in diesem Ausmaß nur ein unzulässiger Vergleich zweier unterschiedlicher Gruppen.

2.3 Binokulare Sehschärfe und Unfallgeschehen

Es gibt mehrere Studien (Hills u Burg 1977 #154, Gramberg-Danielgen 1972 #120, Davison u Irving 1980 #183), die die binokulare Sehschärfe statt - wie in der Ophthalmologie üblich - die monokulare Sehschärfe geprüft haben. Binokulare Sehschärfewerte können grobe visuelle Dysfunktionen verbergen. So kann zum Beispiel das eine Auge eine sehr geringe Sehschärfe haben, während das zweite Auge voll funktionsfähig ist. Wenn dieser Befund auch für die Tagessehschärfe nur eine geringe Bedeutung hat, so kann er doch für das Sehen in der Dämmerung und in der Nacht gravierend sein.

Nach Barbeito et al. 1987 #9, sowie Stangier-Zuschrott 1979 #151 ist es möglich, daß ein hoch sehschwaches Auge bei geringer Leuchtdichte gar nicht mehr am Sehakt teilnimmt, weil es die Wahrnehmungsschwelle nicht mehr erreicht. Mit anderen Worten: ein Proband, dem eine volle binokulare Sehschärfe attestiert wird, kann in der Dämmerung zeitweilig einäugig sein. Dabei muß nicht der Verlust an Sehschärfe der bedeutende Funktionsverlust sein, es fällt vielmehr das Gesichtsfeld des unterwertigen Auges weg. Der Proband geht zu einäugiger Betrachtungsweise über.

Deutlich wird die Bedeutung des einseitigen Visusverlust durch die Bestimmung, daß Führerscheininhaber, denen auf Grund von Unfall oder Krankheit ein Auge entfernt werden mußte ein Jahr lang nicht Autofahren dürfen, um sich an die neuen visuellen Bedingungen zu gewöhnen.

2.4 Gesichtsfeld und Unfallgeschehen

Ein Satz, der die Schwierigkeiten der perimetrischen Messung kurz umreißt, stammt von Enoch u Sunga 1969 #966:

"Perimetrie is an established art; quantitative perimetry is a developing science."

Die Korrelationsstudien zu diesem Themenkreis mangeln an den uneinheitlichen methodischen Untersuchungsbedingungen. Nach Lachenmayr 1987 #948, 1986 #331, 1987 #117, 1988 #968, 1988 #582 gibt es derzeit im wesentlichen neun verschiedene Geräte auf dem deutschen Markt. Lachenmayr sagt: "Es bestehen erhebliche Unterschiede bezüglich der Untersuchungsparameter wie Umfeldleuchtdichte, Testzeichengröße, Prüfpunktraster, Meßmethodik, Schwel- lenermittlung und Befunddarstellung. Um zumindest wieder eine gewisse Verständigung zwischen den Benutzern unterschiedlicher automatisierter Perimeter zu ermöglichen, ist eine Vereinheitlichung und Standardisierung dringend erforderlich." Das damit der internationale Vergleich ebenfalls erschwert ist, sollte nicht vergessen werden.

Die Perimetrie zur Gesichtsfeldbestimmung ist keine Screeningmethode. Die derzeit übliche Perimetrie mißt die Unterschiedsempfindlichkeit des Auges, also die Fähigkeit, einen Leuchtdichteunterschied zwischen einem Testzeichen und dessen Untergrund wahrzunehmen. Es gibt prinzipiell zwei unterschiedliche Methoden: Bei der sog. dynamischen oder kinetischen Perimetrie wird das Testzeichen bei jeweils fest vorgewählter Leuchtdichte quasistatisch längs einzelner Meridiane von peripher nach zentral oder umgekehrt bewegt. Bei der sog. statischen Perimetrie wird umgekehrt an einem fest vorgegebenen Gesichtsfeldort die Unterschiedsempfindlichkeit durch Variation der Testzeichenleuchtdichte ermittelt. Man bewegt sich dabei in vertikaler Richtung auf den "Gesichtsfeldberg" zu. Eine spätere Wiederholungsmessung dient häufig der Absicherung des ersten Ergebnisses.

Eine exakte Perimetrie dauert pro Auge etwa zwanzig Minuten. Kürzere Messungen können nur oberflächlich sein oder nur Teilaspekte liefern. In der Studie von Johnson u Keltner 1983 #267, in der die Inzidenz von Gesichtsfeldverlusten und ihre Bedeutung für das Fahrverhalten untersucht wurde, hatte der Proband 1 Minute und 54 Sekunden Zeit, auf 78 Lichtreize zu reagieren. Das Ergebnis der Untersuchung, daß 13 Prozent der Personen einen Gesichtsfeldverlust zeigen, die älter als 65 Jahre waren, könnte in Anbetracht der kurzen Prüfzeit auch auf verminderte Reaktionsfähigkeit der Probanden, die älter als 65 Jahre sind, zurückgeführt werden.

Einige Studien zur Korrelationsüberprüfung zwischen Gesichtsfeld und Unfallgeschehen beschränken sich darauf, den horizontalen Meridian des Gesichtsfeldes auszumessen.

Wendet man eine solche Methode an, wie bei Hills u Burg 1977 #154 oder Council u Allen 1974 #1168 geschehen, so ist es nicht verwunderlich, keine Korrelation zum Unfallgeschehen zu finden, da dabei alle Probanden übersehen werden, die partielle Gesichtsfeldausfälle haben. Partielle Gesichtsfeldausfälle können unterschiedliche Regionen der Retina betreffen und sind weit häufiger als die Defekte, die eine Verringerung der Ausdehnung des horizontalen Meridians hervorrufen.

Viele Krankheiten in der Ophthalmologie bewirken Gesichtsfeldbeeinträchtigungen. Zu diesen Krankheiten zählen u.a.:

Glaukom, Katarakt, Makuladegeneration, Retinopathia diabetica, Retinopathia pigmentosa, Netzhautablösung, Opticusatrophien, Hirntumore, Schlaganfälle.

Im Kapitel 7 wird auf einige dieser Krankheiten ausführlicher eingegangen werden.

Weiterhin kommt bei der Bewertung der Studien zum Gesichtsfeld erschwerend hinzu, daß es zwei verschiedene Personenkreise von Einäugigen gibt (Gramberg-Danielsen u Repkewitz 1976 #111; Kee-ney, Garvey u Brunker 1981 #373).

Normalerweise versteht man unter einem Einäugigen, einen Menschen mit nur einem Auge. Das zweite Auge ist entweder vollkommen blind oder nicht mehr vorhanden. Nach den Festlegungen der Verkehrsophthalmologie haben demgegenüber die meisten Einäugigen noch ein sehschwaches, aber in gewissen Funktionen noch aktionsfähiges Auge. Die ophthalmologische Ursache für die reduzierten Visuswerte ist bei den meisten Menschen bis ca. zum 50. Lebensjahr bekannt.

Sie leiden meistens unter einem Skotom, das durch einen Strabismus oder durch einen in der Kinderzeit hohen unkorrigierten Refraktionsfehler entstanden ist. Das gute Auge hat beispielsweise eine verminderte Sehschärfe von 0,5, das schlechte Auge hat eine Sehschärfe von 0,2. Diese Menschen haben aber meistens eine relativ gut funktionierende Peripherie des schwachen Auges. Sie können daher nicht voll einäugig genannt werden. Ganz zu schweigen von den interokularen Wechselwirkungen im wesentlichen den Hemmungen des kranken Auges auf das gesunde Auge und umgekehrt. Diese verwirrende Terminologie der "doppelten" Einäugigkeit, die bezogen auf das periphere Sehen gar keine Einäugigkeit sein muß, kommt erschwerend zur Klärung der Bedeutung von Gesichtsfelddefekten hinzu.

2.5 Dämmerungssehen, Blendung und Unfallgeschehen

Neben der Tagessehschärfe ist das Dämmerungssehvermögen und die Blendempfindlichkeit für die Sicherheit im Straßenverkehr von entscheidender Bedeutung. Bei Messung der Tagessehschärfe benutzt man hochkontrastreiche Optotypen. Bei der Bestimmung der Dämmerungssehstärke kommt es dagegen auf den Kontrast an. Die Dämmerungssehstärke liegt im Leuchtdichtebereich von 0,01 bis 10 cd/m².

Das Dämmerungssehen kann mit dem Nyktometer bzw. dem Mesoptometer geprüft werden. Die Ergebnisse beider Meßmethoden (Bittermann u Gramberg-Danielsen 1981 #113, Geyer 1975 #394) sind nicht vergleichbar. Bei Bittermann u Gramberg-Danielsen steht: "Beide (Meßmethoden) weisen lichttechnisch gleiche Daten auf, dennoch scheint bisher nicht sichergestellt, daß die Untersuchungsergebnisse beider Typen vergleich- und reproduzierbar sind."

Beim Mesoptometer wird der Landolt-Ring dargeboten, beim Nyktometer dagegen die Innenfläche des Landolt-Ringes (vgl. Abb. K2-4). Weiterhin kenne ich keine Arbeiten, die sich am Krankheitsbild z.B. einer Katarakt orientieren und somit auch keine Studien, um Aussagen über die Validität der Methoden machen zu können. In der internationalen Literatur habe ich keine Arbeit gefunden, die diese Methodik übernommen hat.

Die Geräte sind nicht als Screening-Geräte geeignet, da ihre Bedienung geschultes Personal verlangt; außerdem erfordern sie hohe Investitionen (5.000 bzw 14.000 DM).

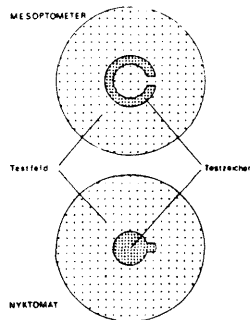


Abb. K2-4: Testzeichen beim Mesoptometer und Nyktomat [entnommen Geyer 1975 #394]

2.6 Dynamische Sehschärfe und Unfallgeschehen

Die Untersuchungen von Hills u Burg 1977 #154 ergeben eine geringe Korrelation zwischen der von ihnen verwendeten Form der dynamischen Sehschärfepfung und dem Unfallgeschehen.

Mir ist keine standardisierte, klinisch geprüfte Methode bekannt, mit der routinemäßig die dynamische Sehschärfe getestet wird. Es fehlen Standardwerte für augengesunde Probanden. Wegen der Komplexität der visuellen Zusammenhänge beim Bewegungssehen fehlen weiterhin auch klare klinische Krankheitsbilder, die mit einer verminderten dynamischen Sehschärfe einhergehen, so daß sich über den klinischen Ansatz auch keine Lösung der Fragestellung anbietet.

Im Anhang werden die relevanten Korrelationsstudien ausführlich beschrieben.

3 Die heutige Rechtssituation der Sehtestung

3.1 Rechtslage für das Sehvermögen von Verkehrsteilnehmern

Dem Kapitel "Ophthalmologie und Verkehrsmedizin" von Gramberg-Danielsen in "Verkehrsmedizin" 1984 pp. 154-185 #954 können alle Bestimmungen zur Situation der Rechtsgrundlage zur Sehtestung für Führerscheinbewerber und Führerscheininhaber entnommen werden.

Der Veröffentlichung "Krankheit und Kraftverkehr" von Lewrenz u Friedel 1985 #901 sind im Anhang Gesetzestext und Eignungsrichtlinien beigelegt und können dort nachgelesen werden.

Die Rechtslage im Europa der EG ist in der Ersten Richtlinie des Rates der EG zur Einführung eines EG-Führerscheins von 1980 festgelegt, EG-Amtsblatt 1980 #594; Harms 1985 #220. Ende 1988 hat die EG-Kommission einen neuen Vorschlag für eine Richtlinie über den Führerschein vorgelegt (EG-Amtsblatt 1989 #1211).

Der jetzt vorgeschlagene EG-Visus-Grenzwert für die Gruppe 1 beträgt beidäugig 0,6. Die Größe des Gesichtsfeldes muß größer als 120° sein. In der Gruppe 2 soll der Visus-Grenzwert 0,8/0,5 betragen.

3.2 Anhaltewerte des Führerschein-Sehtests

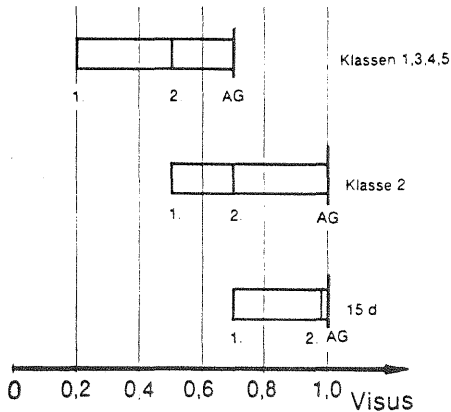


Abb. K3-1: Grenzwert und Anhaltewerte für den Führerscheinwerb. (Erläuterung im Text).

Der deutsche Gesetzgeber hat Grenzwerte für die Sehschärfe festgelegt, die für die Vergabe des Führerscheins nicht unterschritten werden dürfen (Gramberg-Danielsen 1984 #954).

In Abb. K3-1 sind diese Grenzwerte für die Führerscheinbewerber zusammengestellt. Mit AG sind die Anhaltewerte, d.h. Visusgrenzwerte für die Überweisung zum Facharzt angegeben. Etwa 8 Prozent der Führerscheinbewerber werden zur augenärztlichen Kontrolle überwiesen. Die senkrechte Begrenzung der Rechtecke steht dann für die vorgeschriebenen Visuswerte je Führerscheinklasse. 8 Prozent der Bundesbürger, die einen Führerschein erwerben wollen haben keine normal entwickelte Sehschärfe (sh. Kapitel 5).

Wenn man das Ergebnis eines Sehtests für die Erteilung der Fahrerlaubnis zugrunde legt, so sollte dieser Sehtest eine hohe Validität haben. Das bedeutet, daß bei dem Verfahren nur eine kleine Fehlerrate auftreten darf. Diese Anforderung muß man insbesondere dann stellen, wenn es um wissenschaftliche Fragestellungen geht. Aber auch aus Gründen der Rechtssicherheit (hier im Hinblick auf den Führerscheinerwerb) muß man eine hohe Validität des Testverfahrens fordern.

3.3 Definition der Sehschärfe

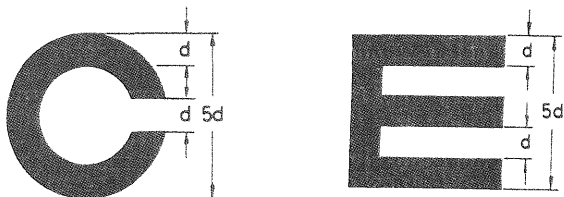


Abb. K3-3: Definition der Sehschärfe

Der Landolt-Ring, dessen Außendurchmesser $5 d$ ist und dessen Strichbreite sowie die Breite der Aussparung unter einem Winkel von 1 Minute erscheint, stellt das Normsehzeichen für den Visus 1 dar. Betrachtet man im Vergleich den E-Haken, so liegt eine unterschiedliche Erkennbarkeit rein aus der Geometrie des Zeichens vor.

3.4 Rangfolge der Lesbarkeit von Zahlen und Buchstaben

Untersucht man die Lesbarkeit verschiedener Ziffern, so stellt man eine Rangfolge ihrer Erkennbarkeit fest, dies ist bei Buchstaben ebenso. Da verschiedene Sehtestgeräte unterschiedliche typografische Zeichen benutzen, sind auch bei gleichen Buchstaben oder Zahlen Geräte untereinander nicht vergleichbar.

Es wird somit in Abhängigkeit von der Form des Optotypen jeweils eine unterschiedliche Sehschärfe gemessen.

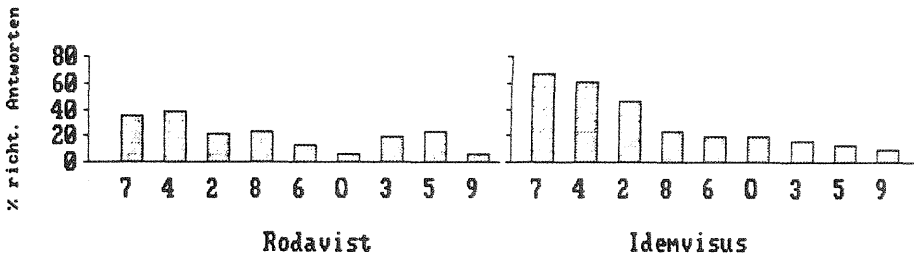


Abb K3-2: Rangfolge der Lesbarkeit von Zahlen; Rodavist- und Idemvisus-Gerät im Vergleich [pers. Mitt. Lachenmayr, Gleissner, Kolling 1987 #70]

3.5 Testgeräte

In der Bundesrepublik werden verschiedene Testgeräte zur Prüfung der Sehschärfe beim Führerscheinerwerb eingesetzt. Die jeweils mit ihnen verknüpfte Testqualität genügt nicht immer der Forderung nach einer hohen Validität.

Kulnig 1988 #257 geht auf die Fehlerquellen bei der Untersuchung am R5-Sehtestgerät ein. Dieses Sehtestgerät ist aus dem R3 hervorgegangen und wurde von Cüppers modifiziert. Mit diesem Gerät werden 6 bis 35 Prozent falsch-positive Ergebnisse erhoben, verglichen mit den Untersuchungen im freien Raum. Cüppers 1975 #1217 selbst sagt: "...in einem erheblichen Teil der Fälle werden am R5-Gerät ab Visus 0,7 keine brauchbaren Angaben mehr gemacht, während die Untersuchung im freien Raum noch vollen Visus ergibt. Die Gründe für die Differenz sind noch unklar."

Soweit mir bekannt ist, liegt keine Studie über die Validität des

R5-Gerätes (oder Nachfolgergeräte) vor. Es wäre wünschenswert,

Tab. K3-1: Verwendung der verschiedenen Sehtestgeräte in den verschiedenen TÜV-Bezirken der BRD:

- | |
|---|
| <p>a. Rodenstock R3-Gerät und R10-Gerät
Optotypen: Zahlen, Buchstaben, Landolt-Ringe</p> <p>b. Binoptometer
Optotypen: Zahlen, Buchstaben, Landolt-Ringe</p> <p>c. Vision Tester
Optotypen: Buchstaben, Landolt-Ringe</p> |
|---|

Das Gerät nach a. wird in 84, die Geräte b. oder c. in 16 Prozent der Sehteststellen eingesetzt.

eine Studie über den Vergleich zwischen dem Gerätevisus und dem Visus im freien Raum zu erstellen, da ein individuell sehr unterschiedlicher Akkommodationsimpuls bzw. Konvergenzimpuls durch den Einblick in ein Gerät vorliegt.

Petry 1982 #53 hat bei 300 Probanden den Visus mit dem Vision-Tester und einer Durchlichttafel geprüft und die Ergebnisse gegenübergestellt. Mit dem Vision-Tester wird den Probanden eine im Durchschnitt um 2,5 Visusstufen schlechtere Sehschärfe als mit den Durchlichttafeln attestiert.

Die Ergebnisse der Messungen mit verschiedenen Sehtestgeräten sind nicht vergleichbar und nicht immer zuverlässig. Diese Problematik wird kaum beachtet und bedarf dringend einer Abhilfe. Durch Angleichung der unterschiedlichen Tests und durch Normung der Meßverfahren ließe sich viel erreichen.

3.6 Trennschwierigkeiten

Die Sehschärfe ist neben der Symbolgröße und dem Symbolabstand, auch von Form der benutzten Optotypen bei sehschwachen Probanden abhängig.

Jagerman 1970 #542 untersuchte Amblyope mit einfach lesbaren und schwierig lesbaren Optotypen. Um den Effekt der verminderten Lesbarkeit durch die Nachbarschaft von Symbolen zu umgehen, benutzte Jagerman Einzelsehzeichen. Er stellte fest, daß Amblyope schwieriger lesbare Optotypen schwerer erkennen können als augengesunde Probanden.

In Kapitel 5 und Kapitel 8 wird ausführlicher auf die Bedeutung von Trennschwierigkeiten im Zusammenhang mit der Sehschärfemessung eingegangen. Das Interesse am Abrücken vom Snellen-Prinzip bei der Beurteilung der Sehschärfe zeigt sich u.a. auch in den Arbeiten von Lachenmayr et al 1987 #70.

Die Autoren haben bei 49 augengesunden und augenkranken Probanden Sehschärfedaten verglichen, die mit dem Rodavist (Zahlen) und Landoltringen mit 10 Bogenminuten Intersymbolabstand ermittelt wurden. 14 Probanden liegen unterhalb von Visus 0,5, wenn sie mit dem Rodavist (Zahlen) beurteilt werden. In der gleichen Versuchspersonengruppe erreichen 18 Probanden mit dem Landoltvisus bei 10 Bogenminuten den Visus von 0,5 nicht. Die Differenz der Messungen beträgt etwa 25 Prozent. Nun muß man bedenken, daß Intersymbolabstände von 10 Bogenminuten immer noch nicht an die Funktion heranreichen, die zum Lesen von Texten benötigt wird. Hohmann u Haase 1982 #H17 verwenden für ihren C-Sehtest Intersymbolabstände von 2 bis 3 Bogenminuten; dieser Wert entspricht etwa denen von Schreibmaschinenschrift.

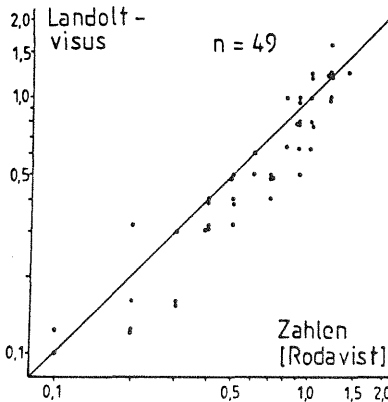


Abb. K3-3: Vergleich von Visuswerten gemessen mit Landolt-C-Tafel mit 10 Bogenminuten Intersymbolabstand gegen Zahlen im Rodavist 2-Gerät. [pers. Mitt. Lachenmayr, Gleissner, Kolling 1987 #70]

In der verkehrsbezogenen Praxis liegen folgende Abstände zwischen benachbarten Buchstaben oder Ziffern vor:

bei Autokennzeichen in 20 bis 50 Meter Abstand:
25 Bogensekunden bis 1 Bogenminute
auf Straßenschildern in 20 bis 50 m Entfernung:
40 Bogensekunden bis 2 Bogenminuten
auf Ortsschildern in 50 bis 100 m Entfernung:
30 Bogensekunden bis 1 Bogenminute.

Macht man sich die Abstände durch Vergleich deutlich, so wird klar, daß beim Lesen von Autokennzeichen, Straßenschildern und Ortsschildern Intersymbolabstände vorliegen, die nur von augengesunden Probanden aus günstiger Entfernung erkannt werden können. Amblyope Probanden müssen viel näher an diese Schilder heranfahren oder -gehen, um sie richtig zu erkennen.

Bei der Diskussion über die Einführung einer neuen Norm für Sehtests, müssen sowohl die Trennschwierigkeiten als auch die Vergleichbarkeit der Tests berücksichtigt werden.

3.7 Meßmethodik und Abbruchkriterium

"Die Untersuchungsmethodik zur Bestimmung der Sehschärfe ist bisher in der Bundesrepublik nicht zwingend vorgeschrieben, es besteht also keine Rechtssicherheit. Das für den Betroffenen oft wesentliche Ergebnis kann stark von der Untersuchungsmethodik beeinflusst werden", Gramberg-Danielsen 1978 #131.

Eine Visuszeile gilt gewöhnlich dann als korrekt gelesen, wenn 60 Prozent der angebotenen Zeichen erkannt wurden. Wird das Kriterium auf 100 Prozent heraufgesetzt, so beeinflusst dies das Ergebnis des erreichten Visuswertes beträchtlich (Frisén u Frisén 1981 #432).

Das Ergebnis einer Sehschärfepfung ist auch abhängig von der Zahl der zu lesenden Sehzeichen. Die Zahl der zu lesenden Zeichen sollte für alle Visusstufen konstant sein.

3.8 Normen

Wie oben dargelegt, muß man vom Sehtest eine hohe Validität verlangen. Diese läßt sich relativ einfach durch eine Standardisierung erreichen. Es gibt heute internationale (ISO) und nationale Standards (DIN), die für den Führerscheintest herangezogen werden können: ISO 8596, ISO/DIS 8597 (1986), DIN 58 220 #749. Als Normsehzeichen (in DIN und ISO) wird der Landolt-Ring benutzt. Nach DIN 58 220 wird weiterhin eine Anwendungsempfehlung ausgesprochen, daß solche Sehzeichen, die sich vom Landolt-C unterscheiden, an diesen angeschlossen werden müssen. In der Norm wird weiterhin geregelt: Größe des Prüffeldes, Intersymbolabstand

der Sehzeichen, Leuchtdichte, Beobachtungsabstand, Durchführung der monokularen und binokularen Prüfung, Abbruchkriterien, Anzahl der pro Visuszeile dargebotenen Sehzeichen.

"Die Beurteilung des Sehvermögens unterliegt keinem schnellen Wandel, sie eignet sich für eine generelle und langfristige Regelung durch Normen"; Gramberg-Danielsen u Vollert 1984 #59.

Eine Norm ist nur eine Anwendungsempfehlung, sie hat keinen verpflichtenden Charakter.

Wegen der Tragweite mangelnden Sehvermögens auf die Verkehrssicherheit und zur Stärkung der Rechtssicherheit wäre es erwünscht, wenn Normen bei der Beurteilung des Sehvermögens zugrunde gelegt werden würden. Hierzu müsste der Verkehrsminister eine Verordnung zur bindenden Anwendung der Normen erlassen.

4 Sensitive Phasen der visuellen Funktionsreifung

4.1 Entwicklung der Sehschärfe

Das visuelle System des Menschen unterliegt einer physiologischen Entwicklung, wobei die Entwicklung der Binokularität und der Sehschärfe von besonderer Bedeutung sind.

Besonders deutlich wird die physiologische Entwicklung an der Sehschärfe. Oppel 1964 #285 berichtet von 292 Kindern im Alter von 2.0 bis 6.6 Jahren, daß die normale oder durchschnittliche binokulare Sehschärfe (Visus 1,0) gemessen mit Löhlein-Kinderbildern und E-Haken-Tafeln mit großen Intersymbolabständen erst im Alter von ca. 5 Jahren erreicht wird.

Man kann davon ausgehen, daß die längste sensitive Phase, die der Entwicklung der Reihensehschärfe ist. Es handelt sich hierbei um die Sehschärfe für (enge) Reihenoptotypen. Die Entwicklung ist erst mit ca. 10 Jahren abgeschlossen. Erst in diesem Alter können Kinder optimal engstehende, kleingeschriebene Texte lesen. Die Reihensehschärfe hat erst in diesem Alter das Erwachseneniveau erreicht; (Intersymbolabstand 2,6 Bogenminuten; Hohmann u Haase 1982 #H16).

Mißt man die Länge dieser sensitiven Phasen, so muß immer beachtet werden, daß bei den angewandten Tests jeweils das Ergebnis engstens mit dem Testverfahren korreliert ist. In den wenigsten Fällen ist es erlaubt, Verallgemeinerungen aus dem Testergebnis abzuleiten. Häufig werden in einem Test nur Teilaspekte angesprochen, so daß das visuelle System nur bezüglich solcher Teilaspekte "antwortet".

4.2 Entwicklung der Binokularität

Binokulare Funktionen reifen früher als die Sehschärfe. Wegen der Komplexität der Binokularfunktionen sind jeweils nur Teilaspekte des Reifungsgrades bekannt und beschrieben. Man muß für das Ende der Reifungsphase den Zeitraum 3. bis 6. Lebensjahr ansetzen; nachweislich mit Gibson-Transfer-Test; Banks et al 1975 #180 und Hohmann u Creutzfeldt 1975 #H3; bzw mit Titmus-Stereotest Vaupel u Hohmann 1982 #H15).

4.3 Gesichtsfeld

Cummings et al 1988 #779 untersuchten die Gesichtsfelder von 2 bis 5jährigen Kindern. Sie entwickelten hierzu ein neues Perimeter, wobei die Augenbewegungen auf ein dargebotenes Target die Antwort

darstellten. 12 Kinder wurden untersucht. Vergleichsmessungen wurden mit dem Goldmann-Perimeter gemacht. Die Gesichtsfeldgröße entsprach der Größe des Gesichtsfeldes beim Erwachsenen.

4.4 Güte der erreichbaren Sehschärfe und Binokularität unter günstigen Bedingungen

Nur wenn die physiologischen Entwicklungsbedingungen (z.B. optische Abbildung auf der Netzhaut) während der Kinderzeit nicht eingeschränkt oder behindert sind, liegen die Voraussetzungen für eine Normalentwicklung vor. Welcher optimale Visuswert erreicht werden kann, ist nicht untersucht. Der Wert wird aber immer (weit) oberhalb dem Visus von 1,0 liegen, der gewöhnlich als der Visuswert angegeben wird, mit dem Normalsichtigkeit attestiert wird.

4.5 Der Therapiezeitpunkt von Sehstörungen muß in der sensitiven Phase liegen

Man muß davon ausgehen, daß eine Unterbrechung des Reifevorganges durch Deprivation oder Krankheit zu einer Verzögerung der Entwicklung führt, daß jedoch nach rechtzeitiger Beseitigung eine Verbesserung eintreten kann. Einschränkungen dieser Aussagen ergeben sich naturgemäß, wenn nichttherapierbare Ursachen oder manifestierte Fehlanpassungen vorliegen.

Bedingt durch das Vorhandensein der sensitiven Phasen der Entwicklung visueller Funktionen, ist es möglich, therapeutisch in dieses Geschehen einzugreifen. Dies gelingt aber nur, wenn man die visuelle Dysfunktion frühzeitig - also noch in der Phase der Reifung - erkennt und korrigiert. Das visuelle System ist dann in der Lage, die zurückgebliebenen Funktionen ganz oder teilweise zu aktivieren.

4.6 Zusammenfassung

Eine Studie über das Thema "Sehfähigkeit und Kraftverkehr" muß sich auch mit der physiologischen Entwicklung und Reifung visueller Funktionen beschäftigen. Es besteht ein ganz entscheidender Zusammenhang zwischen verkehrssicherem Sehvermögen und Physiologie der Sehentwicklung. Wie oben erwähnt, erlernt das kindliche visuelle System das Sehen bis etwa zum 10. Lebensjahr. Was in dieser Zeit verursacht durch visuelle Dysfunktionen nicht erworben wurde, kann später auch durch die beste optische Korrektur nicht mehr erworben werden.

5 Pathologische Entwicklung des Sehvermögens im Kinder- und Jungendalter

Wenn in der Zeit des Reifungsprozesses der visuellen Fähigkeiten eine Fehlanpassung vorliegt - entweder durch Strabismus (Prävalenz: 6 bis 7 Prozent) und/oder durch Refraktionsfehler - so erreicht das visuelle System nicht seine optimale Leistungsfähigkeit. Es kommt - bei Nichterkennen und Nichtbehandlung - zu einer Schwachsichtigkeit (Amblyopie), die ein Leben lang bestehen bleibt. Die Reduzierung der Sehschärfe äußert sich darin, daß eine Sehschwäche trotz optischer Korrektur (Brille) nicht auf normales (gesundes) Niveau angehoben werden kann.

5.1 Prävalenz der Refraktions- und Strabismusamblyopie

Es ist bekannt, daß etwa 10 bis 15 Prozent Kinder aus deutschen Kindergärten einer augenärztlichen Versorgung bedürfen (Wolf et al 1986 #1207). Die meisten Sehfehler sind - rechtzeitig erkannt - therapierbar, so daß mit der Verordnung einer richtigen Brille im Kindergartenalter Kinder normale Sehfunktionen erreichen können (Aust 1985 #475).

Bislang war die Zahl der Kinder, die durch das Vorsorgeprogramm erkannt und rechtzeitig einer Therapie zugeführt wurden, sehr gering. Nur etwa 1/10 aller durch Strabismus und/oder bedeutende Refraktionsfehler betroffenen Kinder werden durch das seit 1971 bestehende Vorsorgeprogramm erkannt (KBV 1986 #1212).

Da 10 Prozent aller Kinder mit visuellen Dysfunktionen behaftet sind und von diesen Kindern nur wenige durch Vorsorge rechtzeitig erkannt und anschließend behandelt werden, muß man von einer Amblyopiequote von ca. 10 Prozent ausgehen. Die Amblyopieprävalenz ist Thema zahlreicher Untersuchungen, die diese Quote bestätigen (Schäfer et al 1983 #407). Durch eine gute Vorsorge könnte die Amblyopierate drastisch reduziert werden (Hohmann u Haase 1987 #H28; Hohmann u Haase 1988 #H32). Den bislang leider zu wenig bekannten Begriff kennzeichnet Gramberg-Danielsen 1984 #205 mit: "Amblyopie ein in der Ophthalmologie viel gebrauchter, dennoch aber erstaunlich verschwommener Begriff". Review-Artikel zum Thema gibt es (in englisch) von Hillis et al 1983 #982 oder von Haase 1986 #527 (deutsch).

Beim Sehtest zum Erwerb des Führerscheins findet man ebenfalls dieselben Anteile an visuell Beeinträchtigten, nämlich etwa 8 Prozent als Angehaltene (Lundt 1972 #72). Aus logischen und entwicklungsphysiologischen Gründen handelt es sich hier um die gleiche "pathologische" Grundgesamtheit. Die früheren Kindergartenkinder werden später die Führerscheinbewerber. Die Ursache für die Anzahl visuell auffälliger Führerscheinbewerber liegt also in

der nicht vorhandenen oder verspäteten augenärztlichen Versorgung im Vorschulalter.

Der Anhaltgrenzwert für den Erwerb des Führerscheins ist allerdings ein anderer, als er aus ophthalmologischer Sicht bei Kindern oder Jugendlichen gefordert werden müßte. Daher ist die Zahl der Sehauffälligen im Kindesalter nicht direkt vergleichbar mit der Zahl der Angehaltenen im Führerscheintest.

Zwei Zitate von Sachsenweger fassen zwei wichtige Aussagen zur Bedeutung der Amblyopie zusammen (in Haase 1986 #527 p 202):

"Finden wir bei einem Schulkind (oder gar Erwachsenen) eine Amblyopie, so haben wir uns zu fragen, an welcher Stelle das Vorsorgeprogramm versagt hat."

"Die Amblyopie stellt die Hauptursache für visuelle Funktionsseinbußen während der ersten 45 Lebensjahre dar."

Mit anderen Worten: der Visusverlust, den 8 Prozent der Führerscheinbewerber haben, wenn sie beim TÜV-Screening-Test zurückgewiesen werden und ein Gutachten vom Augenarzt einbringen müssen, beruht in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle auf der Amblyopie. Da die Amblyopie nicht angeboren ist und nur in der Kinderzeit entsteht (von Noorden 1985 #532), liegt hier die gleiche Gruppe von Menschen vor, die nur älter geworden sind. Ältere Menschen können trotz amblyogener Bedingungen keine Amblyopie mehr entwickeln. Sie sind immun dagegen geworden.

5.2 Therapie der Strabismus- und Refraktionsamblyopie

Haase 1986 #527: "Bei einer frühzeitigen Behandlung einer Strabismus- oder Refraktionsamblyopie oder ihrer Mischformen etwa bis zum 5. Lebensjahr kann eine Vollheilung erreicht werden."

Wenn alle Kinder, die eine Refraktions-und/oder Strabismusamblyopie haben, rechtzeitig erkannt und therapiert würden, dann könnten diese Kinder (und späteren Erwachsenen) - wie die Augengesunden - eine Sehschärfe von mehr als 1.0 erreichen (Frisén u Frisén 1981 #432). Das Problem der Grenzwerte bei der Vergabe des Führerschein würde zu einem Marginalthema schrumpfen.

5.3 Pathologie der Amblyopie

5.3.1 Amblyopie und Trennschwierigkeiten

In der Literatur gibt es schon seit langem Hinweise über eine verstärkte wechselseitige Beeinflussung von Konturen bei

Amblyopie.

Schon Snellen schrieb 1873 #78: "Leseproben lassen sich mit isolierten Buchstaben nicht direct vergleichen: Einerseits sind sie deswegen leichter zu erkennen, weil hierbei schwierigere Buchstaben aus dem Zusammenhange mit anderen errathen werden können; andererseits sind sie undeutlicher, weil bei ihnen die Buchstaben dichter aneinanderstehen."

Quantitative Untersuchungen (Flom et al 1963 #206) zeigen, daß die Kontureninteraktion einen Bereich bis zu etwa 30 Bogenminuten (Umfeld um ein Sehzeichen) erreichen kann und somit zu einer geringeren Sehschärfe für Sehzeichen führt, die enger benachbart sind.

Die Patienten mit einer Amblyopie können Reihensehzeichen schlechter erkennen als Einzelsehzeichen. Diese Tatsache, daß die Sehschärfe bei sehschwachen Menschen nicht nur von der Symbolgröße, sondern auch vom Symbolabstand abhängig ist, hat bis heute nicht die Beachtung in der Ophthalmologie gefunden, die ihr eigentlich gebührt. Ein Sehtest, bei dem die Symbole im weitem Abstand stehen, ist ein Kunstprodukt. Es wird nicht die Funktion getestet, die im täglichen Leben am meisten gebraucht wird. Der Mensch muß Lesetexte lesen können, im Straßenverkehr Straßenschilder und dgl. und keine isolierten Buchstaben. Im Kapitel 8 wird auf Sehtests zur Bestimmung von Trennschwierigkeiten eingegangen werden.

5.3.2 Fehlfunktionen, die mit der Amblyopie korreliert sind

Eine Amblyopie ist neben den Trennschwierigkeiten mit anderen Fehlfunktionen vergesellschaftet.

Nach von Noorden ist die Amblyopie gut mit einem Eisberg vergleichbar. Das Bild ist schematisch in Abb. K5-1 wiedergegeben. Der sichtbare Teil des Eisbergs ist die Reduktion der Sehschärfe, der unsichtbare Teil des Eisbergs sind die mit der Amblyopie vergesellschafteten Funktionsausfälle. Will man bei der bildlichen Beschreibung bleiben, so liegen die Trennschwierigkeiten an der Wasserkante. Die indirekt diagnostizierbaren Teile visueller Dysfunktionen liegen darunter.

Mit Hilfe der Aufdeckung von Trennschwierigkeiten könnte auf die Anomalitäten, die sich nur mit aufwendigen Diagnoseverfahren erkennen lassen, rückgeschlossen werden.

Hartmann 1987 #71 schreibt im Zusammenhang mit Amblyopie und Trennschwierigkeiten:

"Wenn es sich dabei auch um ein relativ seltenes Ereignis handelt, spielt es doch bei der Frage nach dem Rentenanspruch des Betroffenen, aber auch im Straßenverkehr eine Rolle, so daß man zur Zeit darüber nachdenkt, wie man diese Problematik (Trennschwierigkeiten im Sehtest zu berücksichtigen) in den Griff bekommen kann."

- 0. Reduzierte Sehschärfe
- 1. Trennschwierigkeiten
-
- 2. Fixationsanomalie
- 3. verlängerte Reaktionszeit
- 4. erhöhte retino-kortik. Verarbeitungszeit
- 5. anomales EEG
- 6. pupillomotorische Anomalitäten
- 7. Akkommodationsinsuffizienz
- 8. Nystagmus
- 9. verzerrte Raumwahrnehmung
- 10. irreguläre Folgebewegungen
- 11. veränderte binokulare Interaktion
- 12. Kopfwangshaltung
- 13. verminderte Kontrastempfindlichkeit
- 14. vermind. Kontrastempfindlichkeit bei geringer Helligkeit

Abb. K5-1: Funktionsverluste bei Amblyopie als Eisberg
(nach von Noorden in Simons u Reinicke 1978 #298)
(Einzel-Literaturquellen auf Anfrage)

Wenn Untersuchungen auch ergeben sollten, daß die visuellen Trennschwierigkeiten per se keinen direkten Zusammenhang zur Funktionseinbuße beim Autofahren haben, so erscheint es doch plausibel, daß man mit dem Vehikel Trennschwierigkeiten, die auf Amblyopie deuten, am ehesten Patienten erkennen kann, die bei visueller Belastung schnell an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit kommen.

In diesem Zusammenhang sei auch Gramberg-Danielsen 1984 #158 zitiert:

"Die Sehschärfe für eine ermüdungsfreie Durchführung einer Aufgabe muß immer doppelt so hoch sein, wie die für die Aufgabe gerade noch ausreichende Sehschärfe."

Solange also der Kraftfahrer noch eine optische Reserve hat, gelingt es ihm auch in komplexen Situationen, den Durchblick zu behalten.

Das Bild vom Eisberg nach von Noorden kann ebenfalls auf das me-

sopische Sehvermögen angewendet werden, welches ebenfalls durch eine Amblyopie in seiner Qualität beeinflusst zu sein scheint.

In Kapitel 4 wurde dargestellt, daß das visuelle System das Tagessehen in der Kinderzeit erwerben muß. Wenn visuelle Dysfunktionen vorliegen, kann eine Amblyopie entstehen.

Nach Fulton 1988 #946 liegt bei jungen Kindern auch eine sensitive Phase nach der Geburt vor, in der vom visuellen System die

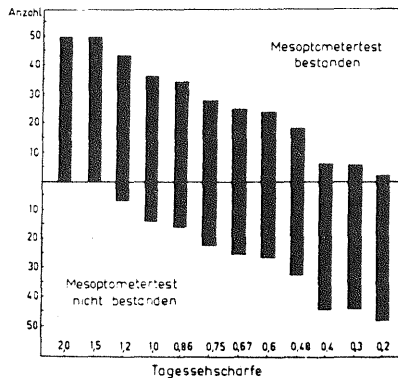


Abb. K5-2: Korrelation zwischen Tages- und Dämmerungssehschärfe. [Entnommen Aulhorn u Harms 1970 #252]. Untersuchung an 600 Prüflingen mit 12 verschiedenen Tagessehschärfen. Zu jeder Tagessehschärfe ist die Zahl derjenigen Vpn aufgetragen, die den Mesoptometer test bestanden, bzw. nicht bestanden haben.

Funktion Dämmerungssehen erworben wird. Wenn visuelle Dysfunktionen das Erreichen der normaler Funktion Tagessehen negativ beeinflussen können, so ist es möglich, daß sie auch das Erreichen des Normalniveaus des Dämmerungssehens beeinflussen. Mit anderen Worten: ein Verminderung der Tagessehschärfe kann auf eine Verminderung von Dämmerungssehschärfe hindeuten.

Dieser entwicklungsfunktionelle Zusammenhang läßt einen möglichen Rückschluß von der Qualität der photopischen zur Qualität mesopischen Sehschärfe erwarten.

Unterstützt wird dieser Ansatz u.a. durch Untersuchungen von Aulhorn u Harms 1970 #252. Personen mit hohen Tagesvisuswerten erreichen gute Werte im Mesoptometertest (Überprüfung des Dämmerungssehens). Personen mit unzureichender Tagessehschärfe sind auch im Dämmerungssehtest auffällig; vgl Abb. K5-2.

Barbeito et al 1987 #9 unterstützen mit ihrer Untersuchung zur Kontrastempfindlichkeit und Snellenesehschärfe ebenfalls diesen Ansatz, vgl Abb. K5-3.

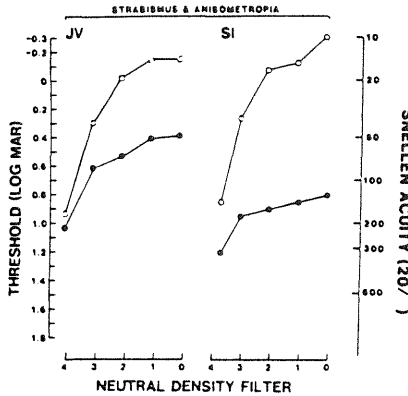


Abb. K5-3: Kontrastempfindlichkeit und Snellen-Sehschärfe. Helligkeit bei Graufilter 1 entspricht 176 cd/m²; Graufilter 2 entspr. 1,76, Graufilter 3 entspr. 0,176, Graufilter 4 entspr. 0,0176 cd/m²; Dämmerungssehbereich von 0,02 bis 10 cd/m². [Entnommen: Barbeito et al 1987 #9].

Es ist zur exakten experimentellen Klärung dieses Zusammenhanges notwendig, eine Studie zum Thematik des Funktionsverlustes zwischen der Sehschärfe am Tage und in der Dämmerung bei Amblyopie durchzuführen.

6 Altersbedingte Veränderung visueller Funktionen

6.1 Einführung

Es gibt viele anatomische und physiologische Veränderungen im visuellen System des Menschen im höheren Alter. Diese Veränderungen werden in ihrer geringsten Auswirkung als "normale" Begleiterscheinung des Alterwerdens angesehen, aber in ihren mehr ausgeprägten Stadien bedeuten sie eine starke Beeinträchtigung der Sehkraft und werden konsequenterweise als Krankheit angesehen. Zum Beispiel verändert sich die Dichte und die Durchlässigkeit der kristallinen Linse des alternden Menschen. Wenn dieser Verdichtungsprozeß funktionelle Probleme mit sich bringt, nennt man das Krankheitsbild eine Katarakt. Ähnlich verhält es sich bei Veränderungen der Makula, die beim alternden Menschen verändert ist. Wenn diese Veränderungen von der Alterungsnorm abweichen und mit einer verminderten Sehschärfe einhergehen, so wird von einer altersbedingten Makuladegeneration gesprochen. Weil diese anatomischen Veränderungen eher auf einem Kontinuum liegen, als in dichotome Kategorien fallen, sind die Kriterien für das Attest "normaler Augenbefund" bei älteren Erwachsenen nicht einfach abzugrenzen.

Weiterhin kompliziert sich die Problematik, dadurch daß es keine validierten Meßwerte für die klinische Beurteilung der anatomischen Strukturen des Auges gibt. Zum Beispiel spricht ein Kliniker schon bei einer geringen Verdichtung der Linse von einer Katarakt, wenn für einen anderen Kliniker noch gute optische Bedingungen vorzuliegen scheinen. Aus diesen Gründen ist es schwierig, die Ergebnisse verschiedener Studien zu vergleichen.

Ophthalmologische Tests über verschiedene Funktionen benötigen altersgerechte Normwerte. Wenn die Ergebnisse von älteren Menschen mit denen von jungen Erwachsenen verglichen werden, so fallen die Ergebnisse der Älteren aus der normalen Bandbreite und es sieht so aus, als würden sie den Test nicht bestehen können.

Viele Aspekte visueller Funktionen scheinen im Alter abzunehmen, auch wenn das Individuum frei ist von visueller Pathologie. Trotz dieser Mittelwerte, die den Trend zur Abnahme zeigen, ist es wichtig, daraufhinzuweisen, daß es eine große Variabilität visueller Funktionen beim älteren Menschen gibt, so daß manche alten Menschen sehr gut in die "Norm" visueller Funktionen passen und andere wieder ganz deutlich Defizite zeigen. Mit anderen Worten, es ist nicht der automatische Rückschluß erlaubt, jeder ältere Mensch hat einen Verlust an visuellen Funktionen.

Weale 1982 #321 argumentiert, daß es kein generelles Alterungskonzept gibt, da es weltweit gesehen zu unterschiedliche Bedingungen des Alterns gibt. Der Alterungsprozeß ist abhängig von der

Genetik, der Diät, der Umgebung, von Krankheit und der Sozialsituation.

Die wissenschaftliche Literatur auf dem Gebiet vom Alter und Sehen ist sehr umfangreich. Dies kann daher nur eine Auswahl sein, in der bei weiterführendem Interesse auf Reviewliteratur verwiesen werden muß (z.B. Weale #321).

Weale hat auf diesem Forschungsgebiet nun seit mehr als 30 Jahren geforscht und kommt zusammenfassend zu dem Ergebnis: "It is, I think, fair to say that the approach to gerontology in general and to visual senescence in particular has become more Socratic: quite a few workers are prepared to admit that they know nothing. The fitting of curves is more hesitant, the comparison of data more cautious, and speculation, if not more timid, then certainly more circumspect." Weale 1986 #41 (p 1509).

6.2 Optische Veränderungen

6.2.1 Refraktion

Über die altersbezogene Refraktionsentwicklung gibt es nur Daten von bestimmten vorselektierten Bevölkerungsgruppen. Es gibt keine repräsentativen Querschnitts- oder Längsschnittstudien. Folgende Studien haben sich mit der Refraktionsänderung beim Erwachsenen beschäftigt: Slapater 1950 #572; Molnar 1970 #326; Fledelius 1988 #775.

Fledelius untersuchte 1.489 Probanden mit einer Skiaskopie in Cycloplegie auf ihre Brechungsfehler. Er faßt sein Ergebnis und die ihm vorliegende Literatur wie folgt zusammen: "Mit der Ausnahme der presbyopischen Veränderung ist die Refraktion des Erwachsenen ohne Veränderung".

Man kann somit davon ausgehen, daß die Refraktion des menschlichen Auges nach Abschluß der Wachstumsphase unverändert bleibt. Brechungsfehler sind entweder angeboren oder entwickeln sich in der überwiegenden Zahl der Fälle bis spätestens zum 18. Lebensjahr. Brechungsfehler gehen mit einer Reduktion der Sehschärfe einher. Beim Sehtest zum Erwerb des Führerscheins müßte jeder bedeutende Brechungsfehler erkannt und wenn nötig auskorrigiert werden können. Um dieses erreichen zu können, müssen die Führerscheintests sensitiver gemacht werden (sh. Kapitel 8).

6.2.2 Presbyopie

Die Presbyopie (Altersweitsichtigkeit), die es mit sich bringt, daß nahezu jeder Mensch ab 45 Jahren eine Brille für die Nähe

braucht, beruht nicht auf einem Brechungsfehler, sondern auf einer Abnahme der Akkommodationsfähigkeit des Auges.

Die in Dioptrien gemessene Differenz der Brechkraft bei Einstellung des Nahpunktes und des Fernpunktes heißt Akkommodationsbreite. Sie kann im jugendlichen Auge maximal 14 dpt betragen. Mit dem Alter wird die Linse infolge von Wasserverlust immer weniger elastisch, ihre Fähigkeit zur Brechkraftänderung und die Akkommodationsbreite nehmen daher ab.

Mit zunehmenden Lebensjahren rückt der Nahpunkt immer weiter hinaus. Es gibt keine Möglichkeit der Selbstkompensation, es wird das Tragen einer Nahbrille mit zunehmender Dioptrienzahl erforderlich, um den Anforderungen im normalen Arbeitsabstand von ca. 40 cm zu genügen. Für Menschen ab 60 Jahre bedeutet das, daß sie Gegenstände ohne Brille erst ab einer Entfernung von 100 cm bis unendlich scharf sehen können, wenn Emmetropie vorliegt.

Nach Ehrenstein u Müller-Limmroth 1984 #1169 (p 81) "spielt die Akkommodationskraft des Auges für die Fahrleistung keine entscheidende Rolle, da sich die für den Fahrer relevanten Sehobjekte außerhalb des Fahrzeugs meist in Entfernungen über 5 m befinden. Die auf dem Armaturenbrett befindlichen Anzeigeelemente und Bedienungsknöpfe sind in der Regel groß genug und in ihrer räumlichen Anordnung dem Fahrer hinreichend bekannt, so daß er sie ohne Nahakkommodation erkennen und ablesen kann. Die Presbyopie des alternden Kraftfahrers bedarf daher keiner besonderen Korrektur. Eine Lesebrille bzw. eine Zweistärkenbrille wird für das Fahren selbst nicht benötigt, sondern dient ... nur zum Lesen der Autokarte."

6.2.3 Akkommodationsgeschwindigkeit

Von Bedeutung könnte die nachlassende Akkommodationskraft für den Kraftfahrer sein, da sie mit einer langsameren Akkommodationsgeschwindigkeit einhergeht. Beträgt diese beim Jugendlichen 0,2 bis 0,3 sec, so ist sie bei 60jährigen auf Werte über 0,5 sec angestiegen. Diese Funktion wird aber nur beansprucht, wenn nahegelegene Dinge im Fahrerraum erkannt werden müssen.

6.2.4 Senile Miosis

Im Alter kann sich die Pupille nicht mehr so weit öffnen wie in der Jugendzeit; der damit verbundene Verlust an Helligkeit und der daraus resultierende Verlust an Kontrastempfindlichkeit ist ein Nachteil für den alternden Menschen. Die Verengung der Pupille hat dagegen positive Auswirkungen auf die Ausblendung von Randstrahlen, die Reduzierung der sphärischen Aberration und die

Erhöhung der Tiefensehschärfe.

Der Mittelwert des Pupillendurchmessers im Dunkeln ist nach Kadlecová et al 1958 #28 7 mm für den 20jährigen Probanden, und nimmt ab bis auf 5,5 mm für den 80jährigen Probanden. Die im deutschen Sprachraum häufig zitierten Werte von Trendelenburg zeigen einen stärkeren Abfall. Diese Werte konnten aber von Birren et al 1950 oder Seitz 1957 (in Kadlecová et al #28) nicht bestätigt werden.

Der Mittelwert für die Tagespupille des 20jährigen Probanden liegt nach Leinhos 1959 #26 bei 3 mm; beim 65jährigen Menschen liegt dieser Wert bei 2,5 mm.

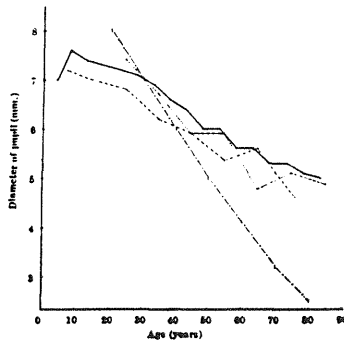


Abb. K6-1: Mittelwerte des Pupillendurchmessers als Funktion des Alters; Nach Trendelenburg - - - - -; Birren ·····; Seitz - · - · - ·; Kadlecová et al _____ [entnommen Kadlecová et al 1958 #28].

6.2.5 Lichtabsorption und Lichtstreuung

Eine besondere Veränderung im Alter ist die gesteigerte Lichtabsorption durch die okulären Strukturen. Dadurch wird die Lichtmenge reduziert, die die Photorezeptoren erreicht. Zu diesen Strukturen gehören die kristalline Linse und zu einem geringen Anteil auch die Cornea und der Glaskörper. Die gesteigerte Absorption ist abhängig von der Wellenlänge des Lichtes und ist am größten für kurze Wellenlängen.

Im Alter erhöht sich die intraokulare Lichtstreuung, die durch die gesteigerte Opazität der Linse und anderer Teile der optischen Medien bedingt ist. Die erhöhte Streuung beim älteren Erwachsenen reduziert den Kontrast des retinalen Bildes, was eine

Verringerung der visuellen Empfindlichkeit mit sich bringt.

6.3 Neuronale Veränderungen

Es gibt einige Berichte über altersabhängige Veränderungen der neuronalen Eigenschaften der visuellen Wahrnehmung. Allerdings ist unbekannt, zu welchem Grad sie auf die aktuellen visuellen Funktionen des älteren Menschen Einfluß haben. So kann im Alter auftreten: Verringerung der Anzahl der Zapfen und Stäbchen der Retina (Kilbride et al 1986 #58), anatomische Veränderung der Photorezeptoren, Anzahl der Nervenfasern im Nervus opticus, etc.

6.4 Funktionelle Veränderungen

6.4.1 Sehschärfe

Die Bestimmung der Sehschärfe stellt die Standarduntersuchung dar. Die Sehschärfe wird meistens bestimmt, in dem der Patient hochkontrastreiche und voll ausgeleuchtete Optotypentafeln erkennen muß; ein Test, der einfach in der Durchführung ist [sh. Kapitel 8].

Aus der folgenden Grafik (Abb. K6-2) wird deutlich, daß in den ersten Lebensjahren ein Anstieg der Sehschärfe auf Werte oberhalb von Visus 1.0 vorliegt; ab einem Alter von 60 Jahren erfolgt dann ein gradueller Abfall der Sehschärfedaten. Bemerkenswert ist aber, daß die Werte, die zum Erwerb des Führerscheins der Klassen 1,3,4,5 notwendig sind, erst jenseits des 80. Lebensjahres erreicht werden.

Alle Studien stimmen darin überein, daß die Sehschärfe im Alter abnimmt, aber die graduelle Abnahme, die Dekade des Beginns der Abnahme und andere Eigenschaften der altersbedingten Sehschärfe sind uneinheitlich. Dies ist durch die methodologischen Differenzen der verschiedenen Studien bedingt. Variablen, die zu unterschiedlichen Ergebnissen bei der Sehschärfeprüfung führen - dies trifft besonders für die älteren Studien zu - sind die unkorrigierten Brechungsfehler und die Gegenwart von okulärer Pathologie.

Weale 1982 #321 steht auf dem Standpunkt, daß ein großer Teil der Sehschärfeminderung auf neuronale Desorientierung zurückzuführen ist. Diese Behauptung konnte aber bis heute nicht empirisch bestätigt werden.

Oft werden bei der Beurteilung des verminderten Auflösungsvermögens des älteren Menschen nicht die besonderen Eigenschaften der Optotypen berücksichtigt. Zum Beispiel können Tafeln mit einer

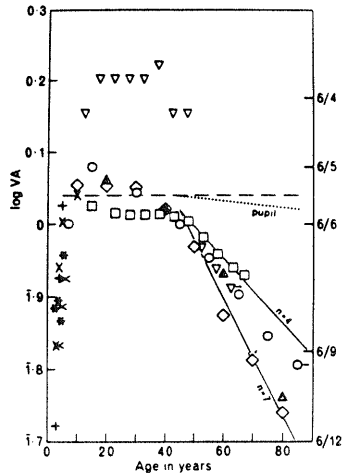


Abb. K6-2: Sehschärfe in Abhängigkeit vom Lebensalter [entnommen Weale #321]; (Notation für Sehschärfe an der rechten Ordinate in englischer Bezeichnung (6/6 = Visus 1.0, 6/9 = Visus 0.66, 6/12 = Visus 0.5).

geringeren Helligkeit und/oder einem geringen Kontrast alten Menschen mehr Probleme machen als den jüngeren Menschen. Weiterhin ist der Abstand zwischen den Optotypen wichtig. Ältere Menschen haben Kontourinteraktionsprobleme (crowding) (Sloane, Owsley et al 1987 #1170). Dies beeinflusst ihre Sehschärfe.

Wenn der junge Mensch eine normale visuelle Entwicklung durchlaufen hat und beim Erwerb des Führerscheins die obere Grenze der erreichbaren visuellen Leistungsfähigkeit hat, so wird der Verlust an Sehschärfe beim normalen physiologischen Alterungsprozeß von untergeordneter Bedeutung sein. Wenn jedoch ein jüngerer Führerscheinbewerber an der unteren Grenze der visuellen Leistungsfähigkeit ist, wenn er also die Visuswerte hat, die zum Erwerb des Führerscheins gerade noch ausreichend sind, so kann der normale physiologische Alterungsprozeß einen bedeutenden zusätzlichen Funktionsverlust darstellen. Dies zu untersuchen, muß Ziel einer weiteren Studie sein.

6.4.2 Kontrastempfindlichkeit

Die Kontrastempfindlichkeit wird genau wie die Visusprüfung unter Tageslichtbedingungen (also bei etwa 150 bis 300 cd/m²) durchgeführt. Daher liegen hier andere Bedingungen vor, als es bei der Prüfung der Dämmerungssehschärfe der Fall ist.

Der Kontrast eines Sehobjektes gegenüber seiner Umgebung ist eine der wichtigsten Eigenschaften für seine Wahrnehmbarkeit. Die Kontrastschwelle variiert mit der Stimulusgröße, der Form des Stimulus, dem Netzhautort, der Farbe und der Darbietungszeit. Wenn alle anderen Stimulusfaktoren konstant gehalten werden, ändert sich der Helligkeitskontrast, wenn die Helligkeit des Hintergrundes von dunkel nach hell geändert wird (Rassow 1988 #721).

Die Kontrastempfindlichkeitsuntersuchung bestimmt wieviel Kontrast ein Individuum benötigt, um ein Muster einer bestimmten Größe zu erkennen. Die Meßgröße wird typischerweise als Gitterfrequenz festgelegt. Hierbei handelt es sich um ein vertikales Gittermuster, das ein sinusförmiges Helligkeitsprofil hat. Der Kontrast ist definiert als die Differenz zwischen der maximalen und minimalen Leuchtdichte des Gittermusters, dividiert durch die Summe beider Leuchtdichten.

Bei der Messung der Kontrastempfindlichkeit für stationäre Gittermuster haben ältere Versuchspersonen - auch solche mit guten und gesunden Augen - einen Verlust an Empfindlichkeit für die höheren Gitterfrequenzen (Arden #156; Derefeldt et al 1979 #12; Elliot 1987 #348). Je höher die Gitterfrequenz ist, desto größer ist bei älteren Menschen der Verlust an Sehschärfe für eben diese Streifenmuster. Der Verlust wird noch stärker, wenn die Helligkeit ganz allgemein reduziert wird. Die Begründung für diesen Verlust ist noch nicht klar.

Ein Verlust an Kontrastempfindlichkeit wurde auch bei den Krankheiten Glaukom (Lundh u Lennerstrand 1981 #1) und Katarakt (Paulsson u Sjöstrand 1980 #398; Abrahamsson u Sjöstrand 1986 #6) festgestellt.

Verschiedene Autoren haben nachgewiesen, daß ältere Menschen grobe und wenig kontrastreiche Strukturen bei geringer Leuchtdichte schlechter erkennen können als kleine und hochkontrastreiche Symbole (Sekuler et al 1980 #7; Sivak et al 1981 #804; Evans u Ginsburg 1985 #385; Owsley u Sloane 1987 #383). Welche Bedeutung diese Untersuchungen für das Fahrverhalten von alten Menschen im Straßenverkehr haben, kann aus den wenigen bisher zu diesem Thema bekannten Daten und der Variabilität der Methode der Kontrastempfindlichkeitsmessung nicht gesagt werden.

6.4.3 Dynamische Sehschärfe

Burg (1968 #1166) benutzte in seiner großen Studie über Verkehrsunfälle bewegte Schachbrettmuster als Sehschärfestimulus und fand, daß die dynamische Sehschärfe mit dem Alter geringer ist. Reading 1972 #1172 und in einer neueren Studie (Scialfa et al

1988 #1171) haben ebenfalls einen altersbedingten Abfall der dynamischen Sehschärfe beschrieben. Scialfa und Burg kommen zu dem Schluß, daß der altersbedingte Verlust an dynamischer Sehschärfe größer ist als der an statischer Sehschärfe.

Zu beachten ist bei den Untersuchungen zur dynamischen Sehschärfe, daß es keine standardisierte Untersuchungsmethode gibt und daher die Ergebnisse der Arbeiten nicht miteinander verglichen werden können. Ebenso ist mir kein Krankheitsbild bekannt, bei dem selektiv die dynamische Sehschärfe ausfällt.

6.4.4 Dunkeladaptation

Die Dunkeladaptation ist ein zeitabhängiger visueller Prozeß, in dem der Proband zuerst einer hohen Leuchtdichte ausgesetzt wird, darauf folgt eine Periode mit niedriger Leuchtdichte. Die visuelle Schwelle wird während dieser zeitlichen Phase der Dunkeladaptation bestimmt. Sie ist zuerst hoch und geht dann auf ein asymptotisches Niveau herab. Dieser Dunkeladaptationsprozeß läßt fundamentale Eigenschaften des Photorezeptorsystems der Retina erkennen (Übersichtsartikel Barlow 1972 #325).

Zahlreiche Studien über Alter und Dunkeladaptation zeigen, daß ältere Erwachsene im Vergleich zu jüngeren Probanden erhöhte Readaptationszeiten sowohl für den Zapfen- als auch den Stäbchen-Anteil der Dunkeladaptationskurve haben (Steven 1946 #929; McFarland et al 1960 #524; Pitts 1982 #1195; Weale 1982 #321 als Überblick). Die Höhe des alterabhängigen Effektes ist in den einzelnen Studien unterschiedlich. Dies ist bedingt durch methodologische Unterschiede. Faktoren, die stark die Empfindlichkeit beeinflussen, sind die Wellenlänge des Lichtes und die Augengesundheit der älteren Versuchspersonen.

6.4.5 Readaptation nach Blendung

Blendung ist die Sichtbeeinträchtigung während der Einwirkzeit einer Fremdlichtquelle. Die Blendung ist vorüber, wenn die Blendquelle fort ist.

Adaptation ist die Empfindlichkeitsänderung der Netzhaut infolge einer Leuchtdichteänderung im Außenraum. Sie ist ein länger andauernder Prozeß.

Reading 1968 #247 untersuchte die Readaptationszeit unter Blendung. Er stellt eine positive Korrelation zwischen Readaptationszeit nach Blendung und Alter fest. Auch Wolf u Gardiner 1965 [zit. in Weale 1982 #321] stellten diese Altersabhängigkeit fest. Blendung ist hauptsächlich bedingt durch Lichtstreuung im Auge.

Daß die Readaptationszeit auf Blendung ein altersabhängiger Prozeß ist, liegt laut Reading 1968 #247 auf der Hand, da die Streuung des Lichtes innerhalb des Auges ab dem 5. Lebensjahrzehnt zunimmt.

Tiburtius 1969 #423 untersuchte die Readaptationszeit nach Blendung. Er benutzte eine Blendquelle mit einer Helligkeit von 660.000 asb für 30 sec. Betrachtet man die Skotomdauer, die nach einer derartigen Blendung auftritt, so beträgt diese für den 20jährigen Probanden 20 sec, dagegen für den 70jährigen Probanden ca. 55 sec; hierin wird die unterschiedliche Zeitfaktor deutlich.

Aulhorn et al 1968 #450 kommen auf Grund ihrer Untersuchungen zur Readaptationszeit zu dem Schluß, daß die Readaptationszeit nach kurzdauernder foveolarer Blendung mit mäßig hellem Licht (1.000 asb) für alle Lebensaltersstufen gleich ist. Hiernach liegt also keine Altersabhängigkeit der Readaptationszeit vor.

6.4.6 Mesopische Sehschärfe

Aulhorn et al 1968 #450 stellten eine Altersabhängigkeit der Lichtunterscheidungsempfindlichkeit im Netzhautzentrum bei 10 asb und bei 0,01 asb fest. Die Streuungen der Meßdaten sind beträchtlich. So ist es möglich, daß ein 20jähriger den Mittelwert eines 75jährigen erreicht.

Die Autoren bestimmten die Altersabhängigkeit der Lichtunterscheidungsempfindlichkeit im Netzhautzentrum bei einer Umfeldleuchtdichte von 0,01 asb und Blendung. Die Blendlichtquelle befand sich 12 Grad nasal vom Fixierpunkt. Hier wird die Altersabhängigkeit deutlich. Die Veröffentlichung läßt keine Aussage darüber zu, ob der Verlust an Lichtunterscheidungsempfindlichkeit für den Straßenverkehr relevant ist.

1970 wurde die schon klassisch zu nennende Arbeit von Aulhorn u Harms #252 zur Untersuchung der Nachtfahreignung von Kraftfahrern mit dem Mesoptometer veröffentlicht. Die Autoren unternahmen den Versuch, einen repräsentativen Bevölkerungsquerschnitt zu untersuchen und die Ergebnisse statistisch auszuwerten. Das Ziel der Arbeit war es, Normsehwerte für die mesopische Sehschärfe für die verschiedenen Altersgruppen zu ermitteln. An der Untersuchung nahmen 3.000 Probanden teil, allerdings wurden nur 2.282 in die Normwertbestimmung aufgenommen. Danach sind 24 Prozent der Probanden ohne ersichtlichen Grund eliminiert worden.

Bittermann u Gramberg-Danielsen 1981 #113 führen zahlreiche Argumente (k.o.-Kriterien) an, warum diese Arbeit nicht verwertet werden kann.

Aulhorn u Harms 1970 #252 schreiben, daß die Ursache für den Verlust an mesopischer Sehschärfe abhängig ist von der Verminderung des Lichteinfalls in Auge (senile Miosis) und/oder durch zusätzliche übermäßige Lichtstreuung im Auge (Blendung). Beide Erklärungen wurden - soweit mir bekannt - nicht mit der neu entwickelten Methode überprüft. Das würde auch heißen, daß die Methode zur Messung der mesopischen Sehschärfe mit dem Mesoptometer nicht am klinischen Krankheitsbild geprüft oder mit anderen Diagnosemethoden validiert worden ist. Somit liegen auch keine Angaben zur Sensitivität des Verfahren vor.

Aulhorn u Harms haben versucht, die Helligkeiten im Mesoptometer zu schaffen, die im Straßenverkehr vorkommen. Hierzu sagt Gramberg-Danielsen 1984 #320 p. 13: "Es kann nicht nachdrücklich genug darauf hingewiesen werden, daß die Ergebnisse der Nyktometrie nur sehr beschränkt auf den konkreten Unfall übertragen werden können. Die Gründe hierfür sind einmal, daß bei der Laboruntersuchung der Proband weiß, wo was auftauchen wird und nahezu alle Faktoren fortfallen, die das Ergebnis negativ beeinflussen können, während in der konkreten Situation das, worauf reagiert werden muß, meist unerwartet in der Peripherie des Gesichtsfeldes erscheint. Die Gesichtsfeldperipherie hat aber eine geringere Lichtunterschieds-Empfindlichkeit als das Gesichtsfeldzentrum."

Hartmann u Wehmeier 1980 #258 untersuchten bei 350 Probanden die Dämmerungssehschärfe mit dem Nyktometer. Sie stellten eine drastische Zunahme der Blendempfindlichkeit, vor allem jenseits des 60. Lebensjahres fest. Weiterhin zeigten ihre Meßergebnisse eine deutliche Verschlechterung der Dämmerungssehschärfe bei der Gruppe der 60 bis 75jährigen.

Kritik: Hartmann u Wehmeier untersuchten die Tagessehschärfe ihrer Probanden nur mit dem R3-Gerät. Weder wurden die Tagesvisuswerte mitgeteilt, noch wurden die Probanden auf das Vorliegen einer Linsentrübung untersucht.

6.4.7 Gesichtsfeld

Der Verlust der Gesichtsfeldgröße ist beim augengesunden alternenden Menschen geringer als im pathologischen Fall (Haas et al 1986 #1160; Egge 1984 #969). Aber obwohl diese physiologischen Verluste der Gesichtsfeldgröße gering sind, berichten viele ältere Menschen, daß sie Schwierigkeiten bei täglichen Aufgaben haben, bei denen das periphere Sehen benutzt werden muß (Ball et al 1989 #1132). Die Autoren untersuchten junge und alte Menschen mit den herkömmlichen perimetrischen Verfahren sowie Beweglichkeit und Geschwindigkeit der visuellen Informationsverarbeitung. Es wurde festgestellt, daß die perimetrische Messung den Funktionsverlusten bei täglichen Aufgaben, die das periphere Sehen benötigen,

nicht gerecht werden.

6.5 Zusammenfassung

In diesem Kapitel werden die verschiedenen visuellen Funktionen in Bezug auf Veränderung im Alter beschrieben. Es gibt zahlreiche Studien, die zeigen, daß im Alter die visuelle Empfindlichkeit abnimmt, dennoch ist erstaunlich wenig darüber bekannt, welche Bedeutung diese Verluste für den alternden Menschen im normalen Leben haben.

Physiologische Altersveränderungen sind unbestritten. Bezüglich der Diskussion einer im Alter zu wiederholenden Sehprüfung ist es sinnvoll, sich an den pathologischen Krankheitsbildern zu orientieren, die im höheren Alter einsetzen. Sie sind im Vergleich zu den möglichen physiologischen Veränderungen viel stärker.

Für das Screenen von visuellen Funktionen ist es von Bedeutung, daß nach den vorliegenden Erkenntnissen die Grundfunktion Refraktion jenseits vom 18. Lebensjahr (frühester Zeitpunkt des Führerscheinerwerbs) in der Mehrzahl der Fälle konstant bleibt. Eine Ausnahme kann die Myopie bilden, die in ihrer Stärke noch wachsen kann. Myopische Veränderungen beginnen jedoch in der Regel schon vor dem 18. Lebensjahr, sind also zum Zeitpunkt des Führerscheinerwerbs bekannt.

Von Bedeutung ist auch die Tatsache, daß die Sehschärfe zwar im Alter abnimmt, daß aber der Wert, der noch ausreicht, um den Führerschein der Klasse 3 zu erwerben, durch physiologischen Alterungsverlust erst ein augengesunder 80jähriger erreicht.

7 Augenerkrankungen im Alter (Glaukom, Katarakt, Makuladegeneration)

7.1 Einleitung

Die senile Katarakt, das chronische, einfache Glaukom, die senile Makuladegeneration und die diabetische Retinopathie sind die am häufigsten auftretenden Augenerkrankungen im Alter. Auf die ersten drei Krankheiten wird im folgenden Kapitel eingegangen werden. Die diabetische Retinopathie ist sekundäres Krankheitsbild; es wird daher auf eine Diskussion dieser Krankheit nicht eingegangen.

7.2 Glaukom

7.2.1 Einleitung

Eine Steigerung des intraokularen Druckes, die zu bestimmten morphologischen Veränderungen führt und bei der in der sensorischen Prüfung charakteristische Funktionsausfälle erkennbar werden, nennt man Glaukom.

Von den vielen verschiedenen Glaukomarten ist das primäre Offenwinkelglaukom (= Glaukoma simplex) die häufigste und nach Leske 1983 #984 die am wenigsten verstandene Art.

Da über die Pathogenese des primären Offenwinkelglaukoms wenig bekannt ist, ist auch die Definition ein Gegenstand der Kontroverse. Glaukome werden traditionsgemäß als eine Gruppe von Krankheiten definiert, welche Beeinträchtigungen des optischen Nerven durch die intraokulare Drucksteigerung hervorrufen. Es gibt keine einheitlich akzeptierte Definition des Offenwinkel-Glaukoms (Leske 1983 #984).

7.2.2 Prävalenz des Glaukoms

Nach Leske ist keine der vorhandenen Prävalenzstudien ohne Mängel. Von den drei Untersuchungen - die klassische Diagnose-Triade, die einen Rückschluß auf das Vorliegen eines Glaukoms erlauben, nämlich erhöhter Druck (Tonometrie), Veränderung der Papille und Gesichtsfeldverlust, werden in Studien häufig nur ein oder zwei Diagnosen durchgeführt.

Glaukom ist vor dem 35. Lebensjahr selten. Die Häufigkeit nimmt danach stark zu, erreicht ihren Gipfel zwischen dem 50. und 70. Lebensjahr (Leydhecker 1988 #439). Eine Übersicht zur Glaukomprävalenz findet man bei Leske 1983 #984 (sh. Tab. K7.1-1 und Abb. K7-1). Untersuchungen in West-Europa, die als Diagnosekrite-

Summary of large cross-sectional studies of glaucoma visual field defects

Study location, year (reference no.)	Age group	No. of participants (% of population)	Screening methods*	Diagnostic criteria†	No. of cases (% prevalence)	No. of cases presenting with "normal" IOP‡ (proportion of all cases)
Skövde, Sweden, 1962 (4)	>40	7275 (78)	H, T	Gl. disc, VFD	30 (0.41)	4 (0.13)
Ferndale, Wales, 1966 (5)	40-74	4231 (92)	H, T, O, VF(1/3)	Gl. disc, VFD	20 (0.47)	7 (0.35)
Bedford, Great Britain, 1968 (7)	>40	5941 (unknown)	H, T, O	Gl. disc, VFD	45 (0.76)	3 (0.07)
Des Moines, IA, USA, 1966 (6)	20-89	2325 (unknown)	H, T, O, VF	Arcuate scotomas	189 eyes (4.08)	129 (0.68)
Frammingham, MA, USA, 1977 (38)	52-85	2433 (84)	H, T, O	VFD in glaucoma suspects	28 (1.43)	15 (0.53)
Dalby, Sweden, 1980 (9)	55-70-	1511 (78)	H, T, O, VF	Gl. disc, VFD	13 (0.86)	8 (0.62)

* H, history; T, tonometry; O, ophthalmoscopy; VF, visual field testing.

† Gl. disc, glaucomatous disc; VFD, visual field defects. See text for specific definitions.

‡ IOP, intraocular pressure.

Tab. K7-1: Übersicht über Glaukomprävalenzuntersuchungen [entnommen Leske 1983 #984]

rium Gesichtsfeldverluste und Papillenveränderung nahmen, sprechen von Prävalenzen zwischen 0,41 bis 0,86 Prozent (sh. Tab. K7.1-1). Studien aus den USA geben höhere Prävalenzwerte an, wobei aber neben Gesichtsfeldverlusten nicht unbedingt auch eine Veränderung der Papille zugrunde gelegt wurde. Leske kommt zusammenfassend zum Schluß, daß die Prävalenz des Glaukoms im Alter unter 65 Jahren bei weniger als 1 Prozent liegt. Im Alter von 70 Jahren liegt sie bei 1 und jenseits von 75 Jahren bei 3 Prozent.

Levdhecker 1976 #987 führt aus, "nach allen Schätzungen dürfte der Prozentsatz von Glaukom mit Gesichtsfeldausfällen bei ungefähr 0,5 bis 0,7 Prozent liegen und der Prozentsatz behandlungsbedürftiger Glaukom-Kranker bei ungefähr 1 bis 1,5 Prozent."

Prävalenzzahlen auf Island sind 1 Prozent (Viggósson et al. 1986 #963). Es wurden alle Verordnungen zur Glaukomtherapie in Island über einen Zeitraum von 6 Monaten gesammelt, sowie die Operationen mit Offenwinkelglaukom aber ohne medikamentöse Therapie. Die Glaukomprävalenz ist in Island ähnlich wie in UK, USA, Schweden.

Man muß also von einer Glaukomprävalenz in der Größenordnung von 1 Prozent im Alter von 70 Jahren ausgehen.

7.2.3 Pathogenese und Funktionsverluste bei Glaukom

Das Hauptsymptom ist die intraokulare Drucksteigerung. Normale Druckwerte liegen bei 10 bis 20 Torr, Mittelwert 15 Torr. Ein Glaukomverdacht ist gegeben bei 21 bis 24 Torr; Druckwerte darüber sind meist pathologisch. Tagesschwankungen von etwa 4 Torr, oft mit einem Morgengipfel, sind normal [Umrechnung 1 Torr = 133 Pa].

Die wichtigsten Risikofaktoren für Glaukomverdacht hat Leydhecker 1988 #439 aufgeführt.

7.2.4 Diagnoseverfahren

Zur Diagnose eines Glaukoms führen drei Untersuchungen. Die Tonometrie zur Messung des intraokularen Druckes, die Vermessung des Gesichtsfeldes und die Beurteilung der Papille.

- Tonometrie

Tonometrie ist die Messung des intraokularen Druckes. Sie erfolgt mit dem Impressionstonometer nach Schiötz, bei dem die Hornhaut mit einem Stift bestimmter Schwere eingedellt wird (je weicher der Bulbus, um so tiefer sinkt der Stift) oder mit dem Applanations-tonometer nach Goldmann, bei dem die Hornhaut mit einem Meßkörperchen lediglich abgeplattet wird, was umso mehr Druck erfordert, je härter der Bulbus ist.

Würde man nur Druckmessungen durchführen, und davon auf ein Glaukom rückschließen wollen, so gäbe es zuviele falsch-positive Befunde. Der Druck ist sehr von der Tageszeit der Untersuchung abhängig. In einer Studie, die vormittags und nachmittags durchgeführt wurde, konnte gezeigt werden, daß vormittags im Mittel 21 Prozent der untersuchten Patienten einen Druck zeigten, der auf ein Glaukom hinzeigt, nachmittags waren es dagegen nur 7 Prozent. Die untersuchte Gruppe war homogen bezogen auf das Glaukomrisiko (Leydhecker 1976 #987).

- Perimetrie

Sehr ausführliche Arbeiten zum Themenkreis Perimetrie liegen von Lachenmayr (1987 #948; 1988 #968) vor.

Die klinisch übliche Perimetrie erfolgt unter photopischer Adaptation. Die Perimetrie mißt die Unterschiedsempfindlichkeit des Auges, also die Fähigkeit, einen Leuchtdichteunterschied zwischen einem Testzeichen und dessen Untergrund wahrzunehmen.

Es gibt prinzipiell zwei unterschiedliche Methoden: Bei der sogn.

dynamischen oder kinetischen Perimetrie wird das Testzeichen bei jeweils fest vorgewählter Leuchtdichte quasistatisch längs einzelner Meridiane von peripher nach zentral oder umgekehrt bewegt. Bei der sog. statischen Perimetrie wird genau umgekehrt an einem fest vorgegebenen Gesichtsfeldort die Unterschiedsempfindlichkeit durch Variation der Testzeichenleuchtdichte ermittelt; man bewegt sich dabei in vertikaler Richtung auf den "Gesichtsfeldberg" zu.

Bei der automatisierten Perimetrie wird der Einfluß des Untersuchers ausgeschaltet, nicht aber der Einfluß des Untersuchten. Es können bei Untersuchung von Normalsichtigen erhebliche interindividuelle Unterschiede auftreten, auch können große intraindividuelle Schwankungen innerhalb eines Gesichtsfeldes auftreten. Zu beachten ist, daß das individuelle Schwellenkriterium Schwankungen während des Untersuchungsablaufs zeigt.

Auf dem deutschen Markt gibt es zur Zeit neun verschiedene Perimeter. "Um zumindest wieder eine gewisse Verständigung zwischen den Benutzern unterschiedlicher automatisierter Perimeter zu ermöglichen, ist eine Vereinheitlichung und Standardisierung dringend erforderlich," fordert Lachenmayr (1987 #948, p 92).

"Histologische Untersuchungen haben ergeben, daß erste Gesichtsfeldausfälle erst dann nachweisbar sind, wenn bereits ein großer Teil der Sehnervenfasern (50 Prozent und mehr) untergegangen ist. Unsere jetzige "Frühdiagnose" des Glaukoms ist in Wirklichkeit eine funktionelle Spätdiagnose" Lachenmayr (1987 #948, p 95).

- Beurteilung der Papille

Die Fundusfotografie zur quantitativen Papillenausmessung ergibt objektivere Daten, als die rein subjektive Beurteilung des Fundus.

7.2.5 Therapie

Wenn alle drei Glaukom-Zeichen vorhanden sind, so ist die Diagnose und die Therapieform eindeutig. Wenn nicht alle drei Zeichen vorhanden sind, gibt es keine generelle Behandlungsmethode. Viele Erwachsene haben einen erhöhten Augendruck, aber zeigen keine Veränderungen an der Papille. Es ist nicht vorauszusagen, ob ein Patient, der einen hohen Druck hat, auch Gesichtsfeldausfälle haben wird. Diese Tatsache führt dazu, daß es ein sehr weites Spektrum der Diagnosekriterien für ein Glaukom gibt. Die Tonometrie ist eine objektive Messung. Die Beurteilung der Papille und die Ausmessung des visuellen Feldes sind subjektive Variablen, die von der Untersuchererfahrung und von der Kooperation des Patienten abhängen. Außerdem gibt es keine standardisierte Definition eines glaukomatösen Gesichtsfeldverlustes.

Die Therapie des Glaukoms ist zunächst eine medikamentöse, deren Ziel es ist, den Augeninnendruck auf Normalwerte zu senken. Operatives Vorgehen ist nur angezeigt, wenn die medikamentöse Therapie keinen Erfolg bringt bzw. die Medikamente nicht vertragen werden.

Leydhecker 1988 #439 schreibt: "Wenn eine Brille stets vom Augenarzt verordnet wird und hierbei eine Tonometrie erfolgt, so ist dies der sozialmedizinisch angemessene und ausreichende Schutz der Bevölkerung vor der Glaukomgefahr".

Und weiter: "Ich habe vor Jahren im einzelnen geschildert, warum eine Reihenuntersuchung [nach Glaukom] eindeutig nicht zu empfehlen ist. Ein normaler Druck bei der Reihenuntersuchung schließt nicht aus, daß später ein Glaukom entsteht, und leicht erhöhter Druck bei der ersten Druckmessung bei einer Reihenuntersuchung kommt etwa 5- bis 10mal so oft vor wie Glaukom. Maßgebend für einen Glaukomverdacht sind nicht solche Erstmessungen, sondern Applanationswerte, die bei seelischer und körperlicher Entspannung des Kranken gemessen werden".

7.2.6 Screeningmethode

Bevor ein Glaukom diagnostiziert werden kann, bedarf es eines zeitaufwendigen Diagnosekonzepts. Es ist die Frage zu klären, ob es eine Screeningmethode gibt, die zwischen glaukomfreien und glaukomverdächtigen Personen zu unterscheiden vermag, wenig Zeit in Anspruch nimmt und von untrainiertem Personal durchgeführt werden kann. Diese drei Parameter sind für ein Screening großer Bevölkerungsgruppen erforderlich. Ich kenne keine Methode, die diese Forderungen erfüllt.

7.2.7 Zusammenfassung

Das Krankheitsbild des altersbedingten Glaukoms kommt bei 70jährigen zu 1 Prozent vor. Die Krankheit läßt sich nur mit hohem technischen Aufwand diagnostizieren. Gesichtsfelddefekte treten als Sekundärsymptome des Glaukoms viele Jahre nach Beginn der Krankheit auf. Die Frage nach der Einschränkung der Fähigkeit ein Fahrzeug zu führen, läuft auf die Feststellung von Gesichtsfeldverlusten hinaus.

7.3 Katarakt

7.3.1 Einleitung

Eine Katarakt liegt vor, wenn die Linse ihre normale Transparenz verloren hat. Die Eintrübung kann entweder punktförmig oder diffus auftreten, so daß Interferenzen des Lichtes beim Passieren der Linse entstehen. Der Ort, die Größe und die Dichte der Linsenverdichtungen bestimmt, ob die Qualität des Sehens Schaden erlitten hat. Nach Pau et al 1988 #965 ist die Katarakt als optische Linseninhomogenität definiert. Eine standardisierte auf die Qualitätseinbuße bezogene Definition gibt es nicht.

Es kommen verschiedene Katarakt-Formen vor. So kann eine Katarakt genetische, kongenitale, metabolische, traumatische, toxische und altersbedingte (senile) Ursache haben. Nach Lerman u Borkman 1976 #415 macht die senile Katarakt 90 bis 95 Prozent aller vorkommenden Kataraktfälle aus. Der Cataracta senilis können eine Vielzahl morphologisch unterschiedlicher Trübungsformen zugrunde liegen.

Bei Pau 1988 #797 findet man eine Tabelle der im Alter auftretenden Kataraktformen, deren klinisches Bild, Prognose, Biochemie und Ätiologie. Die drei wichtigsten Formen der im Alter auftretenden grauen ("Alters-")Stare sind: tiefer supranukleärer Rindenstar, oberflächlicher Rindenstar und primärer Kernstar.

7.3.2 Prävalenz der Katarakt

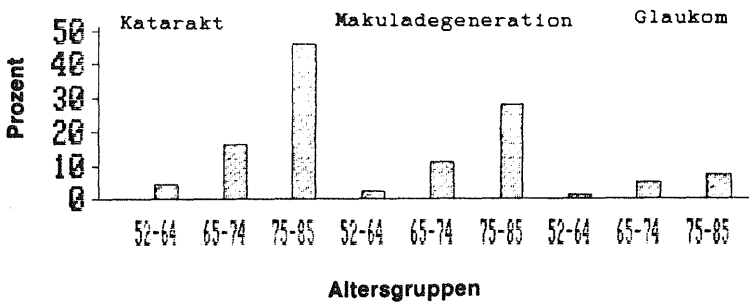


Abb. K7-1: Prävalenz seniler Katarakte, Makuladegeneration und Glaukom [Daten nach Leske u Sperduto 1983 #983]

Daten zur Prävalenz der senilen Katarakt haben Leske u Sperduto 1983 #983 veröffentlicht. Sie geben Daten aus zwei größeren Studien wieder. In Abb. K7-1 sind diese Daten wiedergegeben.

Prozentsatz der Linsenverdichtung, sowie der Linsenverdichtung, die eine Sehschärfeminderung hervorruft, für Personen von 45 bis 74 Jahre, entnommen dem National Health and Nutrition Examination Survey 1971-1972.

Von 1973 bis 1975 wurden in der Framingham Eye Study die Prävalenzen von Augenkrankheiten untersucht - eingeschlossen die senile Katarakt. Die Probanden waren die überlebenden Mitglieder der Framingham Herzstudie. In der Studie wurde die Definition der senilen Katarakt sehr weit gefaßt, daher auch die hohen Prävalenzen von 91 Prozent für die Altersgruppe 75 bis 85 Jahre.

Die zweite Prävalenzstudie stammt von 1971-1972 und ist im Rahmen des National Health and Nutrition Examination Survey bei Personen mit Linsenverdichtungen oder Aphakie entstanden, deren Sehschärfe 0,66 oder schlechter war. Hierin liegen die Prävalenzen für die Altersgruppen von 52 bis 64 Jahre bei 5 Prozent und für die Altersgruppe von 75 bis 85 Jahre bei 46 Prozent.

Die Prävalenz der Aphakie war für die Altersgruppe unter 65 Jahren bei 1,4 Prozent und lag bei über 9 Prozent bei Personen über 75 Jahre.

Die Prävalenz von Linsenverdichtungen, die eine Sehschärfeminderung auf 0,8 oder niedriger hervorruft, beträgt für die Altersgruppe von 65 bis 74 Jahren 28 Prozent. In der Framingham-Studie, war die Prävalenz von Linsenveränderungen, die von einer Reduktion der Sehschärfe unter 0,66 begleitet waren, für die gleiche Altersgruppe 18 Prozent. Diese Unterschiede stammen daher, daß beide Studien verschiedene Diagnosekriterien benutzt haben.

Die Beurteilung der Dichte und Veränderungen der Linse ist subjektiv und stark abhängig von der Erfahrung des Untersuchers. Die Visuswerte sind ebenfalls subjektiv und nur ein individuelles Verlaufsprotokoll kann ausschließen, daß der Visusverlust eine andere Ursache hat.

Werte und Diskussion nach Leske u Sperduto 1983 #983.

7.3.3 Krankheitsbild, Funktionsverluste

Die Cataracta senilis ist eine der häufigsten altersbedingten Augenerkrankungen. Ihr wichtigster Funktionsverlust ist die Reduzierung der Sehschärfe. Der vermehrt blendungsempfindliche Pa-

tient sieht die Welt wie durch einen Nebelschleier. Die Katarakt tritt meist doppelseitig auf, ist aber oft unterschiedlich stark. Das entscheidende Moment für den Qualitätsverlust des Bildes bei der Katarakt ist die (ungeordnete) Lichtstreuung.

Die senile Katarakt hat nach Leske u Sperduto eine unbekannte Ätiologie. In diesem Reviewartikel findet man eine Zusammenfassung der Katarakt-Risikofaktoren. Der komplexe Vorgang der Entstehung einer senilen Katarakt kann durch zahlreiche Variablen beeinflußt werden. Da die Linse ihre Zellen nicht erneuern kann, können jene Faktoren, die mit dem normalen Regenerationsmechanismus interferieren zu einer Ausbildung einer Katarakt führen. So können sowohl Umweltfaktoren als auch genetische Faktoren eine Rolle bei der Entstehung einer Katarakt spielen.

7.3.4 Diagnoseverfahren

Die Diagnose einer Katarakt basiert auf der Gegenwart von Linsenveränderungen und einer Reduktion der Sehschärfe.

Da sich die Größe, die Form und die Dichte von senilen Linsen stark unterscheiden, ist es für die Untersucher schwierig sich allein auf die Morphologie zu verlassen. Daher schließen die meisten Katarakt-Definitionen auch eine Reduktion der Sehschärfe mit ein. Die verschiedene Beurteilung der Morphologie und der Sehschärfe innerhalb der verschiedenen Untersuchungen bedingen die jeweils unterschiedlichen Häufigkeitsangaben.

Um den Befund der Linsenveränderung zu objektivieren, wird nach Zeimer u Noth 1984 #324 die Bestimmung der Linstreuung mit Hilfe von Fluorenspektroskopie durchgeführt.

Chylack et al 1988 #428 haben mit einem Klassifizierungssystem für die Linsendurchlässigkeit versucht, mit Hilfe von standardisierten Spaltlampenphotografien die Dichte einer Katarakt genauer zu bestimmen. Hierzu sind von den Patientenaugen Aufnahmen nötig.

Diese diagnostische Methodik ist für ein Populationsscreening zu aufwendig. Beim Screenen wird man sich mit einer Sehschärfeprüfung zufrieden geben müssen (sh. Kapitel 8).

7.3.5 Kontrastempfindlichkeitsmessung

Katarakt-Patienten haben große Unterschiede bei der Sehschärfemessung im abgedunkelten Untersuchungsraum verglichen mit den Ergebnissen bei Tageslicht. Helles Licht stört ihre Leistungsfähigkeit ganz erheblich. Ein Helligkeitsschleier, der durch Lichtstreuung entstanden ist, legt sich über das retinale Bild. Dieses

Streulicht hat einen kontrastmindernden Effekt auf das Gesehene und erniedrigt somit die Sehschärfe.

Bei der klinischen Beurteilung der Sehschärfe wird im allgemeinen geprüft, ob kleinste und hochkontrastreiche Objekte erkannt werden können. Dieses Verfahren mißt nur die Grenze des visuellen Auflösungsvermögens. Es kann aber auch eine Reduzierung des gesamten Formensehens vorliegen. Diesen Verlust bestimmt man am besten mit Messung der Kontrastempfindlichkeit, indem man Gittermuster mit unterschiedlicher Streifenbreite und unterschiedlichem Kontrast anbietet. Der Verlust an niedrigen Gitterfrequenzen hat für den Patienten eine weitaus größere Bedeutung als es im Sehschärfetest, der nur die Grenze des kleinst möglichen wahrnehmbaren Objektes mißt, nachempfunden werden kann.

Hess u Woo 1978 #401 haben bei 10 unilateralen Katarakt-Patienten nachgewiesen, daß deren Sehschärfeverlust zwar mit einem normalen Sehstest nachgewiesen werden kann, ihre eingeschränkte Sehweise - Verlust der Kontrastempfindlichkeit auch für niedrige Gitterfrequenzen - eher mit einem Verfahren der Kontrastempfindlichkeitsmessung gerecht wird.

Paulsson u Siöstrand 1980 #398 haben die Kontrastempfindlichkeit gemessen und Blendung dazu gegeben. Diese Untersuchung wurde sowohl bei normalsichtigen Probanden, als auch bei Katarakt-Patienten durchgeführt. Die Katarakt-Patienten zeigten trotz einer Sehschärfe von 1.0 eine Reduzierung der Kontrastempfindlichkeit. Von Abrahamson u Siöstrand 1986 #6 wurden die Daten bestätigt.

7.3.6 Therapie der Katarakt

Für gewöhnlich ist die Therapie für eine Katarakt das operative Entfernen der befallenen Linse. Brillen, Kontaktlinsen oder intraokulare Linsen werden benutzt, um den Verlust an Akkommodation zu kompensieren, der durch die Linsenentfernung entstanden ist.

Eine Katarakt wird meistens dann operiert, wenn der Visus auf 0,3 abgesunken ist.

7.3.7 Zusammenfassung

Die senile Katarakt, gekennzeichnet durch Linsenveränderungen und Reduktion der Sehschärfe, kommt beim Menschen im Alter von 45 bis 54 Jahren zu 2,6 Prozent vor. Dieser Wert steigt an auf Werte von zwischen 18 und 28 Prozent (unterschiedlich je nach Autoren) im Alter von 65 bis 74 Jahren.

Diese Prävalenzangaben beziehen sich auf Sehschärfewerte von 0,8

und darunter. Somit ist offen, wieviele Menschen dieser Altersgruppen und wann sie die Sehschärfe von 0,4/0,2 erreichen, die für Inhaber des Führerscheins 3. Klasse erforderlich ist.

Die Prävalenzzahlen sind hoch. Da eine einfache Screeningmethodik (Sehschärfetests) zur Verfügung steht, sollte über ein eventuelles Populationscreening diskutiert werden.

7.4 Makuladegeneration

7.4.1 Prävalenz

In der Framingham-Studie wurden für die Altersgruppe von 52 bis 64 Jahren 1,6 Prozent Makuladegenerationen ermittelt; von 65 bis 74 Jahre waren es 11,0 Prozent und von 75 bis 85 Jahre waren es 27,9 Prozent. In Abb. K7-1 sind Prävalenzen zur Makuladegeneration zu finden. Detaillierte Angaben über die Methodik der Framingham-Studie: Kini et al 1978 #1161.

7.4.2 Krankheitsbild

Eine altersbedingte zunehmende Sklerotisierung der Aderhaut- und Netzhautgefäße kann bei stärkerer Ausprägung zu einer Mangeldurchblutung der Makularegion oder der Netzhautperipherie führen. Als Folge der Veränderung der Makula (bei der "trockenen" wie "feuchten" Form) tritt eine allmähliche und später zunehmende hochgradige Herabsetzung der zentralen Sehschärfe bei erhaltenem peripheren Gesichtsfeld auf. Der Durchmesser des Zentralskotoms kann bis zu 30 Grad betragen. Beginn der Erkrankung meist bei Menschen, die älter als 60 Jahre sind.

Funktionelle Ausfälle zeigen sich dann besonders, wenn Dinge direkt angesehen werden sollen.

7.4.3 Diagnoseverfahren/Screeningverfahren

Zur Diagnose, sowie zum Screenen eignet sich ein Sehschärfemeßverfahren, da eine Makuladegeneration mit einem Zentralskotom verbunden ist.

7.4.4 Kontrastempfindlichkeitsmessung

Kleiner et al 1988 #430 untersuchten 52 Augen mit Makuladegeneration und 27 Kontrollaugen. Er verglich das Ergebnis im Snellen-Sehtest mit dem Ergebnis der Kontrastempfindlichkeitsmessung nach Regan. Die Autoren konnten nachweisen, daß Patienten mit Makula-

degeneration, obwohl sie im Snellen-Test einen Visus von 1.0 haben einen Verlust an Kontrastempfindlichkeit haben. Die Autoren sprechen davon, daß die Methode der Kontrastempfindlichkeitsmessung nach Regan (sh. Kapitel 8) eher die Sehweise dieser Patientengruppe gerecht wird, als wenn sie mit Snellen-Tests beurteilt würden.

Hyvärinen et al 1983 #1191 weisen daraufhin, daß die gewöhnlichen klinischen Tests zur Messung der Makuladegeneration sehr ungenau das beschreiben, was Patienten mit dieser Krankheit sehen. Bei der Methodik der Kontrastempfindlichkeitsmessung wird über einen großen Bereich der Retina integriert. Hier ist wieder ein Hinweis, daß es nach experimenteller Überprüfung der am besten geeigneten Kontrastmessung wünschenswert wäre, einen Screeningtest dieser Art nach den Alterserkrankungen hinzuzufügen.

Loshin u White 1984 #1188 berichten, daß Patienten mit Makuladegeneration einen Verlust an Kontrastempfindlichkeit für alle Gitterfrequenzen haben. Würde man diese Patienten nur mit einem Sehtest untersuchen, so könnte man nur einen Verlust an Sehschärfe für feine Zeichen erkennen; der Verlust an Auflösungsvermögen auch für große Zeichen würde verborgen bleiben. Auch bei Patienten mit geringfügigem Verlust an Sehschärfe wurde festgestellt, daß alle Gitterfrequenzen beeinflusst sind (Sjöstrand u Frisén 1977 #588).

7.4.5 Therapie

Es bestehen begrenzte medikamentöse Therapiemöglichkeiten.

7.4.6 Zusammenfassung

Die hohe Prävalenz der Makuladegeneration und die relativ einfache Screeningmöglichkeit mit einem Sehschärfemeßverfahren lassen ein Screening nach dieser Alterserkrankung als möglich und wünschenswert erscheinen.

8 Meßmethoden für die visuellen Funktionen

8.1 Sehschärfemeßverfahren

Es werden unterschiedliche Sehschärfemeßverfahren für die Tagessehschärfe benutzt. Hierbei hält man sich selten an Normen. Die Güte eines Sehtests ließe sich am einfachsten an den Kriterien der im DIN festgelegten Sehtestnormen festlegen. Denn in die Gestaltung der Normen fließen der Stand des Wissens und neuere Erkenntnisse der Meßtechnik ein. Diese Vorteile der Normen sollten genutzt werden.

Wie bereits im Kapitel 3 beschrieben, ist die DIN-Norm schon eine ausgezeichnete Grundlage für einen validen Sehtest. Ein seit nunmehr 50 Jahren bekannter ophthalmologischer Aspekt hat allerdings bis heute noch keinen Eingang in der Normierung gefunden.

Die Aussage eines Sehtests hängt ab von der Optotypengröße und vom Optotypenabstand. Seit langem schon wird in der Augenheilkunde das Snellen-Prinzip benutzt. Danach soll ein konstantes Verhältnis zwischen Optotypengröße und Optotypenabstand in Sehtests eingehalten werden. Es ändern sich dabei von Visuszeile zu Visuszeile Optotypengröße und Optotypenabstand.

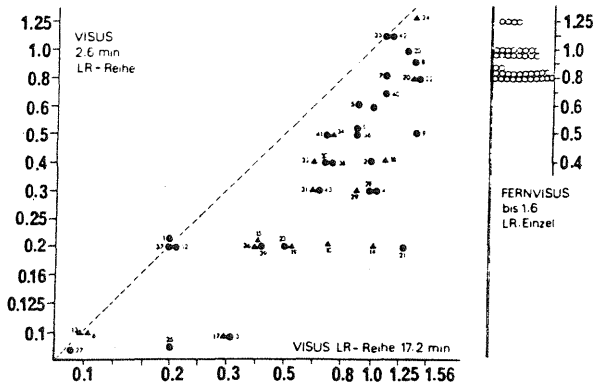


Abb. K8-1: Sehschärfewerte für Einzeloptotypen versus 2.6 Bogenminuten von Amblyopen (Haase u Hohmann 1982 #H16)

Die Interaktion zwischen entstehenden Sehzeichen, die ophthalmo-

logisch als Trennschwierigkeiten bezeichnet wird, wird besonders deutlich bei sehschwachen Probanden, sog. Amblyopen. Dies ist in Abb. K8-1 dargestellt.

Außerdem sind die Abstände bei den meisten Visusstufen zu groß. Ophthalmologisch bedeutet das, daß die Interaktion engstehender Optotypen nicht gemessen werden kann. Diese Interaktion tritt immer auf, wenn der Proband Texte mit engstehenden Buchstaben lesen muß, was in der Mehrzahl der Fälle im täglichen Gebrauch vorkommt (Lesetexte).

Die in der Abb. K8-1 dargestellten Patienten haben im Sehschärfetest mit Einzeloptotypen eine Sehschärfe nahe 1,0; danach wären sie normalsichtig. Werden diese amblyopen Probanden mit engstehenden Optotypen (Abstand 2,6 Bogenminuten) untersucht, so haben sie eine weitaus geringere Sehschärfe. Mit einem Sehtest mit Reihenoptotypen ließe sich also der Grad der Sehschwäche besonders von amblyopen Probanden adäquater erfassen. Diese neue Qualität der Meßtechnik sollte in das Sehschärfemeßverfahren beim Führerschein mit einfließen.

Zur Meßtechnik mit dem neuen Sehtest wird auf die Literatur verwiesen (Haase u Hohmann 1982 #H16).

8.2 Trennschwierigkeiten oder Crowding

Der Effekt, wonach die Lesbarkeit einzelner Optotypen schlechter wird, wenn sie eng benachbart stehen (Trennschwierigkeiten oder Crowding), macht sich besonders stark bei Amblyopen bemerkbar. Bei ihnen kann der Visus bei eng benachbarten Optotypen bis zu 10 Stufen schlechter sein als bei Einzelzeichen. Das heißt, der Leservisus bei Amblyopen ist sehr viel niedriger als die nach DIN bestimmte Tagessehschärfe.

Das kleinstmögliche Auflösungsvermögen hat der Mensch mit der Fovea. Es steigt etwa linear mit dem Abstand von der Fovea an. Interaktion zwischen Sehzeichen beginnt bei normalsichtigen Augen bei 2 bis 3 Bogenminuten Intersymbolabstand. Die störende Interaktion kann bei amblyopen Augen schon bei 23 Bogenminuten beginnen.

Die quantitativen Daten der Kontourinteraktion in der Fovea und in der Peripherie bis zu Exzentrizitäten von 10° für augengesunde Beobachter sind so, daß in der Fovea eine Trennschärfe von 1 bis 2 Bogenminuten vorliegt, in der Peripherie (5° Exzentrizität) ist sie 2 bis 4 Bogenminuten und bei 10° Exzentrizität ist sie im Mittel noch 5 bis 6 Bogenminuten. (Lit: Flom et al 1963 #206 und Jacobs 1979 #89).

8.3 Meßverfahren zur Bestimmung der Dämmerungssehschärfe und zur Kontrastempfindlichkeit

8.3.1 Dämmerungssehschärfe

Im deutschsprachigen Raum wird die Dämmerungssehschärfe hauptsächlich mit den Mesoptometern der Fa Oculus und den Geräten der Fa Rodenstock (Nyktomat und Nyktotest) untersucht. Die Geräte sind lichttechnisch, jedoch nicht physiologisch identisch. Im Kapitel 2 wurde auf die Geräte eingegangen. Eine ausführliche Darstellung der Geräte kann bei Gramberg-Danielsen 1984 #320 nachgelesen werden.

8.3.2 Kontrastempfindlichkeit

Die Messung der Kontrastempfindlichkeit erfolgt dadurch, daß Sinusgitter unterschiedlicher Ortsfrequenz mit verschiedenem Kontrast angeboten werden und der jeweilige Schwellenkontrast bestimmt wird. Einerseits werden die Gittermuster auf elektronischem Wege erzeugt, dieses Verfahren ist sehr aufwendig. Daher ist man bei dem Arden-Test (Arden u Jacobson 1978 #246; Skalka 1980 #893; Weatherhead 1980 #894) und dem Ginsburg-Test (Ginsburg 1984 #133; Ginsburg u Cannon 1983 #3) dazu übergegangen Gittermuster mit unterschiedlichem Kontrast photographisch herzustellen. Die Arbeit von Rassow (1988 #721) "Zur Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit" gibt einen kurzen informativen Einblick in die angesprochene Thematik.

- Arden-Test

Bei diesem Test werden dem Probanden aus einer Entfernung von 53 cm und unter definierten Beleuchtungsbedingungen Testkarten gezeigt, die Sinusstreifen unterschiedlicher Ortsfrequenz enthalten. Auf jeder Karte nimmt der Kontrast von oben nach unten zu. Die Karten sind an der Seite mit einer Skala versehen. Der Satz Karten befindet sich in einer Kassette, aus der sie vom Untersucher langsam herausgezogen werden. Der Proband soll "stop" sagen, wenn er die Streifen zum ersten Mal erkennt. Dieses Verfahren ist mit großen Fehlern behaftet, da die Anbietungsweise (das Herausziehen aus der Kassette) nicht standardisiert ist.

- Ginsburg-Test

Die Ergebnisse dieses Tests sind im Vergleich zum Arden-Test eindeutiger und besser reproduzierbar. Dieser Test ist außerdem in der Durchführung sehr einfach und schnell. Er wird als große Wandtafel für die Ferne und als eine kleine Testtafel für die

Nähe angeboten. Die Tafeln enthalten Reihen runder Testfelder mit Sinusgittern, wobei der Kontrast der Testgitter von links nach rechts abnimmt und die Ortsfrequenz in den Reihen von oben nach unten zunimmt. Die Sinusgitter erscheinen senkrecht oder leicht nach rechts oder links verschwenkt. Der Proband hat nur die Richtung der Streifen anzugeben. Leerfelder, auf denen gar keine Streifen sind, erhöhen die Sicherheit der Berurteilung der Patientenantwort. Auch dieser Test muß aus definierter Entfernung und unter definierten Beleuchtungsbedingungen angeboten werden.

- Pelli-Robson-Test

Eine sehr einfache und geschickte Methode haben Pelli et al 1988 #1120 entwickelt. Sie entwarfen eine Buchstabenkarte zur Messung der Kontrastempfindlichkeit. Alle Buchstaben haben gleiche Größe, differieren aber in ihrem Kontrast. Der Kontrast nimmt von einer Buchstabengruppe (3 verschiedene Buchstaben) zur nächsten Buchstabengruppe um den Faktor $1/\sqrt{2}$ ab. Der Kontrast reicht von sehr hohem Kontrast bis zu Werten, die eine normalsichtige Versuchsperson nicht mehr wahrnehmen kann. 2 von 3 Zeichen einer Kontraststufe (Buchstabengruppe) müssen richtig erkannt sein, um die Zeile als "gelesen" gelten zu lassen. Der Test wird in 3 Meter Entfernung angeboten.

- Regan-Test

Regan stellte normale Snellen-Buchstaben-Tests mit unterschiedliche Kontrast her (Regan u Neima 1983 #330). Die Kontrastwerte liegen bei 10, 22, 31, 64 und 93 Prozent Kontrast. Regan sagt, "Minimally, our findings suggest that even one low-contrast chart might provide a useful supplement to the Snellen test, identifying visual pathway dysfunction in some patients. The 10 % contrast chart would perhaps, be the most useful chart if only one were to be chosen." Regan hat den Test bei Patienten mit multipler Sklerose (Regan et al 1981 #8) und bei Patienten mit Parkinsonscher Krankheit (Regan u Maxner 1987 #1116; Regan 1988 #1117) überprüft. Dieser Test sagt mehr über die Sehweise bei diesen Krankheiten aus, als ein herkömmlicher Snellen-Test.

8.4 Stereotests

8.4.1 Einleitung

Zum Erwerb des Führerscheins der Klasse 2 wird vom Gesetzgeber normales Stereosehen vorgeschrieben. Bei zulässiger Einäugigkeit werden keine Anforderungen gestellt.

Es ist also vorgeschrieben, daß das Stereosehen geprüft werden muß, nur wurde versäumt anzugeben, mit welcher Methode und welcher Qualität des Stereosehens vorzuliegen hat. Hieraus können, da die Beurteilung im Ermessen der Untersuchungsstelle steht, leicht Willkürlichkeiten und ungleiche Behandlung entstehen.

Im Folgenden werden die gebräuchlichsten Stereotests beschrieben.

Das stereoskopische Sehen ist die höchste Stufe des binokularen Sehens. Die Stärke der Raumempfindung ist von zahlreichen Faktoren abhängig. So hängt der Tiefeneindruck u.a. ab von der monokularen Sehschärfe, von der Helligkeit, von der Stimulusdauer und von der Größe des visuellen Feldes. Das stereoskopische Auflösungsvermögen ist der kleinste Betrag an horizontaler retinaler Bilddisparität, mit dem sich ein Tiefeneindruck hervorrufen läßt.

Normales stereoskopisches Sehen erfordert normale Funktion aller optischen, motorischen und neuronalen Funktionen beider Augen. Ein empfindlicher und aussagekräftiger Stereotest müßte demnach besonders geeignet sein, visuelle Dysfunktionen deutlich zu machen, die insbesondere Hinweis auf Strabismus, Amblyopie oder Refraktionsfehler sind. Stereotests können jedoch nicht in jedem Fall Sehfehler aufdecken. So werden Mikrostrabismen oder beidäugige Sehschärfeminderung häufig nicht erkannt.

Ein Stereotest ist einem Sehschärfetestverfahren immer unterlegen.

Haploskopische Stereotests beruhen auf der Trennung der Bilder beider Augen. Das bedeutet, daß dem rechten und linken Auge getrennt zwei fast identische Bilder angeboten werden. Die Bilder unterscheiden sich nur dadurch voneinander, daß einzelne Gegenstände etwas seitlich verschoben sind. Sie sind querdisparat abgebildet. Durch Fusion beider Bilder entsteht ein räumlich-phänomenales Bild.

8.4.2 Darstellung der verschiedenen Stereotests

- Der Titmus-Stereotest

Der Titmus-Stereotest besteht aus zweidimensionalen Stereogrammen, die durch Polarisationsfolien betrachtet werden, um die Au-

gen zu dissoziieren. Der Titmus-Stereotest enthält 9 Sets mit je 4 Ringen, die in der Form eines Rhombus angeordnet sind. In jedem Set ist einer der vier Ringe (oben, unten, rechts oder links in zufälliger Auswahl) querdisparat abgebildet. Die Ringe haben eine Disparität von 40 bis 800 Bogensekunden; die Titmus-Fliege hat eine Disparität von 3000; die der Tierbilder beträgt entweder 100, 200 oder 400 Bogensekunden bei einem Betrachtungsabstand von 40 cm.

Auch bei monokularer Betrachtung oder bei Betrachtung ohne Polarisationsbrille ist bei den Ringbildern 1 bis 4 eine Ortsverlagerung sichtbar. Aufmerksame Patienten können schon an dieser Verlagerung den Ring identifizieren, der querdisparat stereoskopisch sichtbar sein soll. Somit sind positive Aussagen der Patienten bis zum Ringbild 4 nicht eindeutig als Stereoseheindruck zu interpretieren.

Simons u Reinicke 1974 #386 kommen in einer Untersuchung an 70 Patienten zu dem Schluß, daß die Stereo-Fliege nicht geeignet sei, Patienten mit signifikanter Amblyopie, Anisometropie oder mit Heterotropie von normalsichtigen Personen zu differenzieren. Die Kritik trifft ebenso für die Titmus-Tests "Tierbilder" und "Ringe" zu. Der Titmus-Ring-Test erreicht ab Ring Nr. 5 eine Disparität (100 Bogensekunden), die zur Differenzierung geeignet ist.

Der Titmus-Stereotest ist wenig valide. Die Fliege im Titmus-Stereotest wird wegen der großen Disparität auch erkannt, wenn hohe Anisometropien, Amblyopien und Refraktionsfehler vorliegen. Erst ab Ring 5 (100 Bogensekunden Disparität) sind keine Ortsverschiebungen erkennbar. Der Test differenziert also valide erst ab Ring 5. Es liegen keine Normsehwerte für augengesunde Erwachsene vor.

- Der Randot-Stereotest

Der Randot-Stereotestverfahren besitzt im Gegensatz zu den Ringbildern des Titmus-Tests kein monokular erkennbares Muster; erst unter der Polarisationsbrille wird binokular ein Form sichtbar. Die Disparitäten liegen im Bereich von 600 bis 20 Bogensekunden. Der Randot-Test wird wie der Titmus-Test in 40 cm Entfernung geprüft.

Zum Randot-Stereotest sind mir keine Validitätsstudien bekannt. Normwerte für augengesunde Erwachsene liegen nicht vor.

- Der TNO-Stereotest

Das TNO-Stereotestverfahren wurde von Walraven 1975 #466 entwick-

kelt. Der Test besteht aus 7 Tafeln, die durch eine rot/grüne Brille betrachtet werden. Die Tafeln enthalten Figuren, die nur bei stereoskopischem Sehen sichtbar werden. Drei Tafeln (V bis VII) ermöglichen quantitative Messungen. In jeder Testtafel wird jeweils auch ein monokular erkennbares Muster angeboten. Damit wird es dem Patienten ermöglicht, in jedem Falle auf den Test zu antworten, so daß seine Kooperation durch Motivation erhalten bleibt. Die Tafeln I bis IV haben Disparitäten von 33 Bogenminuten (= 1980 Bogensekunden) und die Tafeln V bis VII Disparitäten zwischen 480 und 15 Bogensekunden. Die Tafeln V bis VII dienen der quantitativen Untersuchung. Diese Tafeln werden laut Gebrauchsanweisung nicht für Reihenuntersuchungen empfohlen.

Rot-grün-Fehlsichtige sind beim TNO-Test benachteiligt, weil das Stereomuster mit diesen Farben erstellt wurde. Eine Untersuchung über den Grad der Beeinflussung der Stereosehschärfe durch Farbfehlsichtigkeit liegt nicht vor. Die Prävalenz für Farbfehlsichtigkeit liegt bei 8 Prozent für die männliche und bei 0,4 Prozent für die weibliche Bevölkerung.

Avilla u von Noorden 1981 #179 untersuchten 5 amblyope Kinder (5 bis 11 Jahre alt). Die Visuswerte auf dem amblyopen Auge lagen zwischen 0,5 und 0,1; die Kinder erreichten Disparitätswerte im TNO-Test von 30 bis 60 Bogensekunden. Die Autoren zeigen, daß Patienten mit Mikrostrabismus und Amblyopie, mit unkorrigierter Anisometropie und unilateraler kongenitaler Katarakt Stereosehschärfen der erwähnten Disparitäten erreichen können. Die Differenz im Visus zwischen rechtem und linkem Auge betrug in einem Extremfall sogar 0,1 zu 1,0. Die Autoren fordern die vorrangige Benutzung von Sehschärfetests, bevor ein Binokularitätstest für die Aufdeckung monolateraler Amblyopien eingesetzt wird.

Ein neueres Stereotestverfahren stammt von Lang 1983 #438. Es sind mir dazu keine Kontrolluntersuchungen bekannt, so daß keine Aussage über die Validität des Tests (im strengen Sinne) gemacht werden kann. Vorteilhaft an diesem Test ist, daß er nicht durch eine Brille betrachtet zu werden braucht. Der Betrachtungsabstand beträgt 40 cm. Die im Test erkennbaren Figuren (Katze, Stern, Auto) erscheinen stereoskopisch mit den Disparitäten 1200, 600 bzw 550 Bogensekunden.

Bei der Testdurchführung ist darauf zu achten, daß die Testkarte in 40 cm Abstand ruhig und gerade vor dem Patienten gehalten werden muß. Durch Bewegungen des Kopfes oder der Karte können leicht Fehlerquellen entstehen. Die Testsymbole können dann auch monokular erkannt werden.

Der Random-Dot-E-Test (RDE-Test) von Simons u Reinicke 1974 #386 besteht aus 3 Tafeln der Größe 8 x 10 cm mit Julesz-Mustern. Dies sind stochastische Punktstereogramme, auf denen monokular keine

Muster oder Figuren erkennbar sind. Die Muster werden dichoptisch sichtbar, wenn sie mit einer Polarisationsbrille betrachtet werden. Wenn Stereosehen vorliegt, kann auf einer Tafel (mit der Polarisationsbrille) ein E-Haken erkannt werden. Die Disparität ist durch Vergrößerung des Beobachtungsabstandes veränderbar. So gehören die Disparitäten zwischen 900 bis 103 Bogensekunden zu den Entfernungen 28 bis 250 cm.

Bevor der Patient die Tafeln durch die Polarisationsbrille betrachtet, erläutert der Untersucher den Test anhand eines monokular sichtbaren E-Hakens. Der E-Haken wird in beiden horizontalen Richtungen angeboten und muß in diesen Orientierungen erkannt werden, bevor die nächst höhere Disparitätsstufe gewählt wird. Für Kinder, die Schwierigkeiten mit der Angabe der Orientierung haben, gibt es zusätzlich eine Karte, auf der ein E-Haken monokular sichtbar ist. Die Testdauer beträgt weniger als eine Minute.

Rosner 1978 #14 prüfte in einer Kontrolluntersuchung 60 Kinder der Altersgruppe 3 bis 6 Jahre einer Zufallspopulation. Er verwendete als ophthalmologische Referenztests Pupillenreflex, Medientrübung, Sehschärfe mit Stycar-Test, Skiaskopie ohne Cycloplegie, Cover-Test und Konvergenzprüfung. Mit dem RDE-Test wurden alle 10 Kinder erfaßt, die auch in den objektiven Verfahren positiv waren.

Nach der Validitätsstudie zum Random-Dot-E-Test von Rosner hat der Test sowohl eine hohe Sensitivität als auch eine hohe Spezifität.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß ein Stereotest einem Sehschärfemeßverfahren immer unterlegen ist. Beidseitige, gleich starke Visusminderungen und Mikrostrabismus können häufig nicht erkannt werden.

9 Zusammenfassung

9.1 Ziel der Arbeit

In Rahmen dieser Arbeit sollte eine Bewertung der Studien zum Themenkreis "Sehvermögen und Unfallgefahr" durchgeführt werden. Hierzu sollten die benutzten ophthalmologischen Methoden beschrieben und ihre Validität überprüft werden. Aus den Recherchen sollte ein Versuchsdesign für eine repräsentative Studie zur Untersuchung über Sehbeeinträchtigungen, einschließlich Korrekturen und Anpassungsleistungen vorgenommen werden.

9.2 Kritik an den Arbeiten zum Themenkreis "Sehvermögen und Unfallgefahr"

Nach der Durchsicht der Literatur wird deutlich, daß sich durch alle Studien ein grundlegender methodischer Fehler zieht. Der Einteilung zwischen augengesunden und augenkranken Probanden wird ein Grenzwert zu Grunde gelegt, der in der Nähe des politisch festgelegten Grenzwertes bei der Vergabe des Führerscheins liegt. Der gesetzlich vorgeschriebene oder die in den Korrelationsstudien benutzten Grenzwerte haben keine wissenschaftliche Begründung. Der physiologische Grenzwert zur Normalsichtigkeit und damit zur Augengesundheit liegt wesentlich höher. Aus diesem Faktum resultiert immer eine Durchmischung von augengesunden und augenkranken Probanden. Wenn diese Annahme zutreffend ist, so ließe sich damit erklären, warum die Korrelationen zwischen schlechten Sehvermögen und höherem Unfallrisiko - wenn überhaupt welche gefunden werden konnten - so schwach sind. Daß eine Korrelation bestehen muß, legt schon die Logik nahe, daß mit zunehmender Sehschwäche das Vermögen abnimmt, am Straßenverkehr teilzunehmen. (Ein Blinder wird nicht Autofahren können).

Der physiologische Sehschärfewert für einen augengesunden Erwachsenen liegt oberhalb des Visus 1,0. In den bekannten Korrelationsstudien werden monokular ermittelte Sehschärfewerte von 0,28 bis 0,5 als Grenzwerte zur Normalsichtigkeit angenommen.

Weiterhin ist die Aussagekraft der Korrelationsstudien schwach, weil für die Sehtestung, sowohl bei der Vergabe des Führerscheins, als auch bei den recherchierten Korrelationsstudien, jeweils Sehtests benutzt werden, die nicht validiert sind. Dadurch läßt sich keine Aussage über die Zuverlässigkeit der benutzten Verfahren machen. Die benutzten Sehtests richten sich auch nicht nach standardisierten Durchführungs- und Ausführungsrichtlinien. Da ein Sehtest immer die Grundlage für die Differenzierung zwischen augengesund und augenkrank bildet, sind fehlende Standardisierung und Unvergleichbarkeit ein bedeutender Mangel.

Außerdem wird bei den verwandten Sehtests außer acht gelassen, daß sehschwache Probanden engstehende Reihensehzeichen schlechter lesen können als solche mit großem Abstand (nach dem Snellenprinzip) gedruckte Optotypen, die für das Lesen von Schrift keine Bedeutung haben. So ist es möglich, daß ein Proband mit Einzeloptotypen nach Snellen eine um 8 bis 10 Visusstufen höhere Sehschärfe haben kann, als mit engstehenden Reihenoptotypen. Daß diese sehschwachen Probanden außerdem noch zahlreiche andere, schwieriger zu messende visuelle Funktionsausfälle haben, wird ebenso außer acht gelassen.

Daß enge Zeichenabstände beim Lesen von Ortsschildern, Straßenschildern und Autokennzeichen relevant sind, ist in Kapitel 3 dargestellt. Will man hier Abhilfe schaffen, so muß man bei der Sehtestung enge Symbolabstände (etwa 3 Bogenminuten Abstand) berücksichtigen.

9.3 Vorschlag für eine Neuorientierung der Sehtestung

Wegen der schwach abgesicherten Ausgangssituation der Sehtestung ist ein Neuansatz notwendig. Dieser sollte ein ophthalmologischer Ansatz sein, der sich den Krankheitsbildern des Erwachsenen orientiert. Die Screeningwürdigkeit sollte an den Prävalenzen der einzelnen Krankheiten gemessen werden.

Um eine Korrelationsstudie zwischen Sehvermögen und Unfallgefahr durchzuführen, sollten zwei Gruppen gebildet werden. In der ersten Gruppe sollten sich nur Augengesunde befinden, also Probanden, die eine Reihensehschärfe von mindestens 1,0 haben sollten. Die zweite Gruppe sollte aus Probanden bestehen, deren Augen Visuswerte an der untersten Grenze der Fahrerlaubnis haben, also Visuswerte von 0,5/0,2. Um eine Gruppe von 200 Probanden der zweiten Gruppe zu haben, müssen mindestens 10.000 Personen getestet werden. Dieser Rechnung liegt eine Prävalenz von 2 Prozent Personen zu Grunde, die Visuswerte im Grenzbereich der Führerscheinvergabe haben. Bei beiden Gruppen müssen dann die Unfallhäufigkeiten betrachtet werden.

Auf jeden Fall ist ein validierter Sehtest für die Sehtestung beim Erwerb des Führerscheins, sowie für eine durchzuführende Korrelationsstudie zu benutzen.

9.4 Versuchsdesign für eine repräsentative Untersuchung über Sehbeeinträchtigungen von Kraftfahrern

Wie unter Punkt 9.6 dieser Zusammenfassung beschrieben, gibt es noch eine Reihe wissenschaftlich offener Fragen. Trotzdem kann

man heute schon eine Screening-Untersuchung durchführen, die die repräsentative Erhebung der Sehbeeinträchtigungen von Kraftfahrern zum Ziel hat. Voraussetzung hierzu ist, daß diese Untersuchung ophthalmologisch gut abgesichert ist und neueste ophthalmologische Erkenntnisse einbringt.

Orientiert man sich an den in den verschiedenen Lebensalterabschnitten vorkommenden Krankheitsbildern und deren Prävalenzen, so kommen Krankheiten, die zu mehr als 1 Prozent in der Bevölkerung vorliegen, in folgenden Zeitintervallen vor:

18. bis Lebensende:	Refraktions- und/oder Strabismusamblyopie
ab ca. 55. Lebensjahr:	Katarakt
ca. 65. Lebensjahr:	Makuladegeneration
70. Lebensjahr:	Glaukom

Mit Ausnahme des Glaukoms können diese Krankheitsbilder mit Hilfe eines validen Sehtests in einer Screeninguntersuchung aufgedeckt werden. Der zu benutzende Sehtest sollte validiert sein und einen engen Reihenoptotypenabstand haben.

Zur Erkennung eines Glaukoms ist im Rahmen einer Screeninguntersuchung eine Überprüfung des Gesichtsfeldes mit einem Perimeter angezeigt.

Um sicher zu sein, daß alle Probanden mit der bestmöglichen optischen Korrektur versehen sind, ist es außerdem notwendig, jeden Probanden zu refraktionieren.

9.5 Internationaler Vergleich der Situation im Straßenverkehr

Die Resultate der Korrelationsstudien werden häufig generalisiert, d.h. sie werden von einem Land auf das andere übertragen. Wenn man sich verdeutlicht, wie unterschiedlich der Autoverkehr in den verschiedenen Ländern bezüglich der Dichte, der Geschwindigkeitsbegrenzung und anderer landesspezifischer Faktoren ist, kann die Verkehrssituation international kaum verglichen werden. In der Bundesrepublik gibt es keine allgemeine Geschwindigkeitsbegrenzung, dafür aber eine hohe Verkehrsdichte. Es herrscht daher auf unseren Straßen eine angespanntere Situation, als in anderen Staaten, wie z.B. in Schweden oder in den USA.

9.6 Forschungsvorschläge

Zur weiterführenden Klärung der Rolle des Sehvermögens in Bezug auf das Verhalten des Kraftfahrers sollten folgende Forschungsthemen bearbeitet werden. Mit diesen Themen kann an kleinen Grup-

pen begonnen werden, um sie später - nach positivem Ergebnis - in einer größeren Korrelationsstudie bzw. Design für ein Repräsentativscreening zu realisieren.

- Es soll eine grundlegende ophthalmologische Diskussion über die Relevanz der Amblyopie für den Straßenverkehr stattfinden.

- In einer prospektiven Studie soll ermittelt werden, ob bei besserer Vorsorge im Kindergartenalter die Zahl der Menschen mit reduzierter Sehschärfe bei der Vergabe des Führerscheins abnimmt.

- Es soll überprüft werden, welche Augenkrankheiten Menschen mit reduzierter Sehschärfe haben. Es soll die Ursache ermittelt werden, warum die 10 Prozent "Angehaltenen" bei der Vergabe des Führerscheins kein volles Sehvermögen besitzen.

- In der Literatur gibt es mehrere Hinweise für eine entwicklungsphysiologische Verknüpfung der Qualität der photopischen und der mesopischen Sehschärfe. Dieser mögliche Zusammenhang ist experimentell zu überprüfen.

- Es ist zu überprüfen, ob Personen mit einem geringen Visus (zum Zeitpunkt des Führerscheinerwerbs) während des physiologischen Alterungsprozesses zu erhöhter Unfallgefahr neigen.

- Kontrovers ist die Bewertung der Rolle der Binokularität im Straßenverkehr. Es soll hierzu eine Klärung vorgenommen werden. Die Rolle der interokularen Hemmung bzw. interokularen Förderung muß hierzu untersucht werden.

- Es soll ein valider Stereotest erarbeitet werden, um die gesetzmäßig verankerte Forderung zu erfüllen, daß das Stereosehen für den Erwerb des Führerscheins der Klasse 2 vorliegen muß. Die gesetzliche Bestimmung ist zur Zeit unausgefüllt.

- Der Zusammenhang zwischen der Güte der Tagessehschärfe und der Qualität der Kontrastempfindlichkeit soll geprüft werden. Für das bessere oder sichere Erkennen von Alterskrankheiten (Katarakt, Glaukom und Makuladegeneration) könnte sich möglicherweise ergeben, daß einfache Untersuchungsverfahren (Regan-Tafeln bzw. Robson-Pelli-Tafeln) gute Screeningergebnisse liefern.

10 ANHANG Zusammenstellung der Korrelationsstudien

Exemplarisch wird an einigen Korrelationsstudien zum Themenkreis "Sehvermögen und Unfallgefahr" dargestellt, worin die Unzulänglichkeiten der Studien aus ophthalmologischer Sicht begründet sind.

10.1 Korrelation zwischen Gesichtsfeld und Unfall ist möglich

Autoren: Keltner u Johnson 1980 #1158

Ziele der Studie

1. Überprüfung der automatischen Perimetrie als Screening-Test
2. Effektivität der automatischen Perimetrie zur Erkennung von ophthalmologischen und neurologischen Dysfunktionen
3. Korrelation zwischen Gesichtsfeld und Fahrverhalten

Methode:

1.027 Augen wurden mit der Fieldmaster 101-PR getestet. Testzeit pro Proband 15 bis 18 Minuten. Nachdem periphere Reize, die nicht näher definiert sind, fortgelassen wurden, verkürzte sich die Testzeit pro Auge auf 1,5 bis 2 Minuten.

Grenzwert zwischen Pathologie und Normalität:

Ein Grenzwert wurde nicht angegeben. Ebenso keine Differenzierung zwischen starkem und weniger ausgeprägtem Gesichtsfeldverlust.

Ergebnis:

2 Prozent der Probanden hatten einen bedeutenden Gesichtsfeldverlust; 3 Prozent hatten einen weniger starken Gesichtsfeldverlust. Im Alter von 16 bis 65 Jahre liegt die Prävalenz für ein nicht voll funktionstüchtiges Gesichtsfeld zwischen 2.6 und 6.8 Prozent. Die Zahl der Probanden über 65 Jahre ist bedeutend geringer als die der jüngeren Jahrgänge. Es wurden bei 13 von 63 Augen (21 Prozent) Gesichtsfeldeinschränkungen gefunden. Diese Altersgruppe zeigt besonders häufig Gesichtsfeldverluste in der äußersten Peripherie.

Ob dieser Mangel z.B. auf ein begrenzteres visuelles Feldes von älteren Menschen oder auf die Qualität der Aufmerksamkeit zurückzuführen ist, wird nicht diskutiert.

Die Validität der Untersuchung wird daran geprüft, ob etwa gleiche Prävalenzzahlen für Gesichtsfeldverluste ermittelt werden können, wie sie aus Untersuchungen mit herkömmlichen ophthalmologischen Verfahren publiziert sind.

Bewertung:

Die Autoren erheben den Anspruch, eine validierte, schnelle und exakte Methode zur Überprüfung des visuellen Feldes vorzustellen. Die Aussage fußt aber nur auf den in etwa gleichen Häufigkeitsangaben von visuellen Felddefekten bei anderen Populationen mit anderen Methoden. Wenn mit einer Zeitverringerung von 16 auf 2 Minuten pro Auge eine ähnlich umfangreiche Reduktion der gereizten Gesichtsfeldorte verbunden ist, wird die Aussagekraft der Studie schwächer. Die Autoren führen hierzu nichts aus.

Autoren: Johnson u Keltner 1983 #267

Ziel:

Korrelation zwischen Gesichtsfeldverlust und Unfallhäufigkeit; Inzidenz von Gesichtsfeldverlusten; Vergleich von Gesichtsfelddefekten und anderen visuellen Faktoren (z.B. Sehschärfe und familiärem Glaukom); Korrelation ermittelt zu den Unfällen der letzten drei Jahre.

Methodik:

10.000 Versuchspersonen = 20.000 Augen; automatische Perimetrie für Screening von peripherem visuellen Feld mit einem modifizierten automatischen Fieldmaster Modell 101-PR. Das Gesichtsfeld wurde im Bereich von 60 Grad temporal bis 40 Grad nasal untersucht. Pro Auge wurden 78 Testpunkte geprüft, dies geschah in 1 Minute und 54 Sekunden (eingeschlossen die Zeit für richtiges Justieren); Probanden wurden zu ihrer augenoptischen Krankheitsgeschichte befragt.

Grenzkriterium zwischen Normalität und Pathologie:

Wenn zwei aneinandergrenzende vorgegebene Gesichtsfeldpunkte nicht erkannt wurden (Abstand zwischen den Gesichtsfeldpunkten zwischen 5 bis 25 Grad).

Ergebnis:

17.534 Augen wurden analysiert; es konnte nicht festgestellt werden, wieviele Probanden falsch-positive Befunde hatten, da nur 12 Prozent der Probanden, die um eine Antwort gebeten worden waren, geantwortet hatten; für 16 bis 60jährige 3.0 bis 3.5 Prozent Gesichtsfeldverluste; für Versuchspersonen älter als 65 Jahre 13.0 Prozent; Ursache hierfür: Glaukom, Erkrankungen der Retina, Katarakt.

Fahrer mit binokularem Gesichtsfeldverlust haben doppelt soviele Unfälle wie jene mit normalem Gesichtsfeld. Fahrer mit monokularem Gesichtsfeldverlust haben gleich viele Unfälle wie Fahrer der Kontrollgruppe.

Schlußfolgerung:
Gesichtsfeldverlust und Güte des Fahrverhaltens sind korreliert.

Bewertung:
Das augengesunde Gesichtsfeld reicht von 90 Grad temporal bis 60 Grad nasal, es überstreicht somit einen Bereich von 150 Grad. Die Autoren bestimmten das Gesichtsfeld nur im Bereich von 100 Grad. Etwas genauer wird das Gesichtsfeld sogar nur im zentralen Feld von 40 Grad ausgemessen.

Die Zeit zur Gesichtsfeldausmessung eines Auges von weniger als 2 Minuten, die zum Reagieren auf die zu prüfenden 78 Punkte zur Verfügung stand, erscheint sehr kurz. Der Proband hat nur 1,5 sec Zeit, um auf den Reiz reagieren zu können, bevor der nächste Reiz dargeboten wurde.

Die Informationen zu augenoptischen Daten beruhen allein auf der Befragung der Versuchspersonen. Es wurden keine zusätzlichen ophthalmologischen Untersuchungen zur Überprüfung ihrer Angaben durchgeführt. Daher müssen die Angaben zur Ursache der Gesichtsfelddefekte infrage gestellt werden.

Die Daten von mehr als 13 Prozent der Versuchspersonen wurden nicht in die abschließende Analyse aufgenommen. Ein Grund hierfür u.a. mit "ocular status" angeben.

Es werden keine Angaben zur Validität der Untersuchung gemacht.

Autoren: Gramberg-Danielsen u Repkewitz 1976 #111

Ziele der Studie:
Korrelation zwischen Personen mit einseitiger Visusreduktion und deren Unfallhäufigkeit; (verkehrsophthalmologisch Einäugige sind Personen, die auf einem Auge eine geringere Sehschärfe als 0,2 haben)

Methodik:
Prüfung der Sehschärfe bei 410 Fahrern mit der Führerscheinklasse 2.

Ergebnis:
Unter den 400 Lastkraftwagenfahrern fanden sich 9 Fahrer mit einem Visus von 0,2 oder weniger auf einem Auge (= 2,25 Prozent, sogn. verkehrsophthalmologisch Einäugige). Eine erhöhte Unfallhäufigkeit einäugiger Fahrer der Klasse 2 konnte nicht nachgewiesen werden.

Schlußfolgerung der Autoren:

Für eine statistisch signifikante Aussage müßten 10.000 Lkw-Fahrer auslesefrei untersucht werden. Nach unseren Feststellungen (Augenklinik Hamburg) kann die Hypothese, daß die Eintragungshäufigkeit für Einäugige und Normalsehende gleich groß ist, nicht verworfen werden. Einäugigkeit allein ist kein Ausschließungsgrund für die Erteilung einer Fahrerlaubnis der Klasse 2.

Bewertung

Die Autoren sagen selbst, daß es sich hier nicht um eine statistisch signifikante Aussage handelt. Dem kann ich nur zustimmen.

Autoren: Keeney, Garvey u Brunker 1981 #373

Ziele der Studie:

Korrelation zwischen einseitigen Visusdefekten und statistischen Daten

Methodik:

Die Autoren entnahmen einer Statistik die Visusdaten von 52 Personen mit einem einseitigen Visusverlust. Die Sehschärfe auf dem schlechter sehenden Auge lag bei 0,1 bzw. darunter. Diese Daten korrelierten sie mit 8 verschiedenen "Delikten".

1. beteiligt an 3 oder mehr Autounfällen in den letzten zwei Jahren
2. drei oder mehr Verwarnungen für das Führen eines Kraftfahrzeuges bei Einnahme von Drogen etc erhalten; und
3. bis 8. weitere hier nicht aufgeführt Delikte.

Ergebnis:

Einäugige Autofahrer (N = 52) haben doppelt so viele "Delikte" wie Personen der Normalbevölkerung. Fahrer, die eine Visusreduktion auf dem rechten Auge hatten, haben signifikant mehr "Delikte" als Probanden, die eine Visusreduktion auf dem linken Auge hatten.

Bewertung:

Die Ergebnisse dieser Studie können keine Aussage auf eine klare ophthalmologische Fragestellung geben. Was ist Autoren unter dem Begriff "Delikt" verstehen, hat nichts mit erhöhter Unfallgefahr zu tun.

Autor: Liesmaa 1973 #294

Ziele der Studie:

Beobachtung des Fahrverhaltens einer unausgelesenen Bevölkerung und anschließende Korrelation zwischen "unvorsichtigem" Fahren und Sehschärfedaten.

Methodik

Beobachtung von 1.021 unausgelesenen Autofahrern aus einem nicht gekennzeichneten Polizeifahrzeug; es wurde das Verhalten von Fahrern zugrunde gelegt, die überholten bzw. in eine Vorfahrtstraße einbogen ("Unvorsichtigkeit" bzw. "Beinahunfälle"). 167 Fahrer, die unvorsichtig fuhren, wurden angehalten und ihre monokulare und binokulare Sehschärfe ($\frac{1}{4}$ Min Testdauer mit Rodenstock-Gerät) wurde getestet. Ebenso wurde die Sehschärfe bei einer 1.021 Personen umfassenden Kontrollgruppe getestet. Der Prozentsatz der Fahrer, die Sehschärfewerte unterhalb des Normalniveaus hatten und verkehrsophthalmologisch einäugig waren, ist dreimal so hoch wie bei "unvorsichtig" fahrenden Fahrer im Vergleich zu beidäugig und vorsichtig fahrenden Fahrern.

Kritik:

Die beiden Gruppen wurden auf ihr Alter, Geschlecht und Fahrerfahrung etc. nicht angeglichen. Der Befund ist nicht sicher, da die Daten am "Beinahunfall" erhoben wurden; das Kriterium ist von der subjektiven Einschätzung des Versuchsleiters abhängig.

10.2 Studien, in denen keine Korrelation zwischen Gesichtsfeld und Unfall gefunden wurde

Alle im folgenden Kapitel besprochenen Arbeiten haben gemeinsam, daß in ihnen keine Korrelation zwischen Güte und Größe des Gesichtsfeldes und Fahrverhalten nachgewiesen werden konnte.

Autoren: Hills u Burg 1977 # 154

Ziele der Studie:

Korrelation zwischen u.a. Grenzwerten des visuellen Feldes und Unfallgeschehen

Methodik:

Bei 17.500 Autofahrern wurden die Grenzwerte der horizontalen Gesichtsfelder jedes Einzelauges mit einem American Optical Company Screening Perimeter bestimmt. Das Ergebnis mit den von diesen Autofahrern in den letzten drei Jahren verursachten 5.200 Unfällen korreliert.

Ergebnis:

Es konnte kein signifikanter Anstieg der Unfallrate mit einer Reduktion des visuellen Feldes nachgewiesen werden.

Bewertung:

Wenn nur die Endpunkte des horizontalen Meridians zu einer Korrelation zum Unfallgeschehen herangezogen werden, so kann auch nur eine Aussage über die Korrelation zwischen Gesichtsfeldgröße und Unfall gemacht werden. Es ist keine Aussage über die andere Gesichtsfelddefekte erlaubt. Die getroffene Aussage ist schwach, da die Mehrzahl der Gesichtsfeldbeeinträchtigungen auf Skotomen beruht, die nur ermittelt werden können, wenn das Gesichtsfeld Punkt für Punkt durchgeprüft wird.

Autoren: Council u Allen 1974 #1168

Ziele der Studie:

Ausdehnung des horizontalen Gesichtsfeldmeridians und Unfallhäufigkeit

Methodik:

37.372 Probanden; der Bausch und Lomb Orthorater mit einem perimetrischen Aufsatz wurde benutzt, um die temporale Gesichtsfeldgrenze jedes Einzelauges zu bestimmen. Die Ergebnisse wurden korreliert mit den Unfalldaten der letzten zwei Jahre dieser Gruppe.

Ergebnis:

Die Korrelationsstudie ergab keine signifikant höhere Unfallrate für Personen mit einem Gesichtsfeld von weniger als 140 Grad. Nur 1 Prozent der untersuchten Fahrer hatten ein eingeschränktes Gesichtsfeld.

Diskussion der Ergebnisse der beiden zuletzt beschriebenen Studien.

Die Untersuchungsmethode von Hills und Burg und von Council u Allen nur den horizontalen Meridian des Gesichtsfeldes zu bestimmen, erscheint fragwürdig. Die meisten Gesichtsfeldausfälle beziehen sich nicht auf den horizontalen Durchmesser des Gesichtsfeldes, sondern auf Skotome, die mehr oder weniger verteilt im gesamten Bereich des Augenhintergrundes verstreut sein können. Es gibt in der Augenheilkunde kein häufig auftretendes Krankheitsbild, daß mit einem klar umgrenzten Gesichtsfeldausfall im horizontalen Bereich in Zusammenhang gebracht werden kann.

10.3 Studien zu Kompensation von Gesichtsfeldausfällen

Aus diesen z.T. negativen Befunden bezüglich einer Korrelation wird häufig der Schluß gezogen, daß Gesichtsfelddefekte zu einem größeren Teil kompensiert werden können, als bisher angenommen.

Autoren: Hedin u Lövsund 1987 #30

Ziele der Studie:

Überprüfung der Kompensationsfähigkeit von Gesichtsfelddefekten an einem Fahrsimulator

Methodik:

Die Patientengruppe bestand aus 27 Personen mit Gesichtsfeldverlusten, die schon länger als ein Jahr bekannt waren. Die meisten dieser Personen hatten Hirnverletzungen, einige hatten zentrale und parazentrale Skotome und einige hatten bilaterale Glaukome.

Die Kontrollgruppe bestand aus 20 Probanden mit normaler Sehschärfe der Altersgruppe 20 bis 30 Jahre, sowie 50 bis 60 Jahre. Alle Versuchspersonen wurden auf ihr Antwortverhalten am Fahrsimulator untersucht. In 24 verschiedenen Positionen blinkten Lichter auf und es wurde die Zeit gemessen, die zwischen Aufleuchten und Bremsen lag. Helligkeiten lagen im Bereich von 15 bis 25 cd/m². Die 24 zeitlich nacheinander dargebotenen Stimuli flickerten mit 6 Hz. Die Größe der Stimuli war 0.96 Grad, 0.46 Grad und 0.23 Grad, 20 Grad vertikal und 120 Grad horizontal; Darbietungszeit 10 sec; Wenn der Stimulus während dieser Zeit nicht wahrgenommen wurde, wurde davon ausgegangen, daß er nicht gesehen wurde.

Ergebnis:

Von 27 Vpn konnten nur 4 Vpn ihren Gesichtsfeldausfall kompensieren. Von den zwei Vpn mit nur einem Auge, konnte eine Vpn genau so schnell reagieren wie die beidäugigen normalsichtigen Versuchspersonen. Die andere Versuchsperson zeigte deutlich verlängerte Reaktionszeiten in der Peripherie der blinden Seite. Es kann kein Schluß aus den Einäugigen gezogen werden, da nur 2 Vpn getestet wurden. Die Vpn mit Brille bzw. Kontaktlinse reagierten ebenfalls normal. Die Reaktionszeiten für die Gruppe der älteren Vpn war ein wenig länger als für die Gruppe der Jungen (kein exakter Wert angegeben).

Bewertung:

An Hand dieser Studie wurde aufgezeigt, daß eine Kompensation von Gesichtsfelddefekten nur in wenigen Fällen möglich ist. Werden perimetrische Messungen gemacht so ist es nicht möglich, festzustellen, ob der Fahrer den Defekt kompensieren kann. Der besondere Wert dieser Untersuchung ist darin zu sehen, daß es sich um eine exakt ophthalmologisch untersuchte Patientengruppe handelt,

deren Gesichtsfelddefekte schon seit längerer Zeit bekannt sind.

10.4 Erläuterung zu den Korrelationsstudien

Die im Kapitel 2 dargestellten Unzulänglichkeiten der bekanntesten Korrelationsstudien sind hier nochmal kurz an durch die detaillierte Besprechung einiger Studien exemplarisch dargestellt.

Autoren: Hills u Burg 1977 #154; Burg 1974 #191

Ziele der Studie:
Korrelation zwischen Sehschärfedaten und Unfallhäufigkeit.

Methodik:
17.500 Autofahrer wurden mit dem Bausch und Lomb Ortho-Rater auf deren binokulare Sehschärfe getestet. Bei 4.753 Fahrern wurde ebenfalls die Snellen-Sehschärfe binokular getestet, um eine Angleichung der beiden Testmethoden machen zu können. Die Daten wurden zu den Unfallzahlen der letzten drei Jahre korreliert.

Grenzwert zwischen Normalität und Pathologie:
Der Grenzwert wurde beim Ortho-Rater bei $6/12 = 0,5$ festgelegt. Dieser Wert entspricht einer Snellen-Sehschärfe von ca. $6/20 = 0,28$.

Ergebnis:
Bei den 54 Jahre und jüngeren Autofahrern wurde keine Korrelation zwischen schlechter Sehschärfe und hohen Unfallzahlen gefunden. Bei den Fahrern älter als 54 Jahre wurde eine schwache Korrelation zwischen schlechter Sehschärfe und hohen Unfallzahlen gefunden. Obwohl die Korrelation signifikant war, so ist doch für den Einzelfall nicht vorhersehbar, ob eine erhöhte Unfallgefahr besteht.

Es wurden 98,5 Prozent Augengesunde ermittelt.

Bewertung:
Der extrem niedrige Grenzwert (Visus: 0,28) zwischen Normalität und Pathologie vermischt die Gruppe der Augengesunden und Augenkranken. Ein Visus von 0,28 liegt tief im pathologischen Bereich. Die Festlegung dieses Grenzwertes ist willkürlich und beruht nicht - wie in anderen Untersuchungen - auch auf wissenschaftlichen Erkenntnissen.

Daß nur 1,5 Prozent Personen mit Visusdefekten gefunden wurden, bestätigt indirekt den oben beschriebenen zu niedrig festgelegten Pathologiegrenzwert. Im Kapitel zur Amblyopie wird auf die Häufigkeit von Visusdefekten in der Gesamtbevölkerung eingegangen

werden.

Autor: Gramberg-Danielsen 1972 #120

Ziel der Studie:

Korrelation zwischen binokularer Tagessehschärfe und Unfallhäufigkeit

Methodik:

Bei 1.728 Autofahrern wurde die binokulare Sehschärfe ermittelt. Die Untersuchung wurde auf der Straße durchgeführt, ... "mit einer Papptafel und einem Bandmaß ausgeführt ... und sehr schnell, praktisch im Vorbeifahren ...".

Ergebnis:

Von 1.728 getesteten Fahrern hatten 15 Fahrer (0,9 Prozent) eine schlechtere beidäugige Sehschärfe als 0,8. Der Autor verglich die so gewonnenen Daten mit Sehschärfedaten von Personen, die nach einer Fahrerlaubnisentziehung wegen Trunkenheit am Steuer mit oder ohne Unfall eine neue Fahrerlaubnis erwarben. In diesen Gruppen wurden 0,38 Prozent bzw. 0,37 Prozent von Probanden ermittelt, die eine beidäugige Sehschärfe von weniger als 0,8 hatten.

Der Autor folgert daraus: "Die Untersuchungen lassen für die Tagessehschärfe nicht den Schluß zu, daß herabgesetzte Sehschärfe mit erhöhter Unfallhäufigkeit und Unfallererwartung korreliert ist. Und er nimmt weiterhin an, daß die Personen mit herabgesetzter Sehschärfe sich in irgendeiner Form der Herabsetzung ihrer optischen Informationen anpassen.

Kritik:

Aus dem Vergleich zu den Daten der alkoholisierten Autofahrer ist nur zu entnehmen, daß Autofahrer, deren Alkoholspiegel gemessen wurde und ein Führerscheinentzug erfolgte, gleich gute bzw. schlechte beidäugige Sehschärfe haben, wie Personen, die sich nur dem Sehtest unterzogen.

In der ophthalmologischen Praxis wird die Sehschärfe für gewöhnlich monokular bestimmt, denn die binokulare Sehschärfe kann das pathologische Bild des Einzelauges unerkannt lassen.

Autoren: Rogers, Ratz u Janke 1987 #486

Ziel der Studie:

Sehschärfe und Unfallhäufigkeit von visuell beeinträchtigten Lastkraftwagenfahrern

Methodik:

Aus dokumentierten Daten wurden entnommen:

Aus einer Gruppe von 16.465 männlichen Lastkraftwagenfahrern wurden 1.028 visuell auffällige genommen, bei denen die Sehschärfedaten mit der Unfallrate korreliert wurden. Diesen wurden die Daten von 1.149 visuell unauffälligen Lastkraftwagenfahrern gegenübergestellt.

Grenzkriterium zwischen Normalität und Pathologie:

Es wurden drei Gruppen gebildet.

1. visually non-impaired heavy-vehicle drivers: sie hatten eine Sehschärfe von 0,5 oder besser auf beiden Augen; optische Korrektur zugelassen

2. impaired heavy-vehicle drivers: sie hatten eine Sehschärfe von 0,5 bis 0,1 auf dem schlechteren Auge und 0,5 oder besser auf dem anderen Auge

3. severely impaired heavy vehicle drivers: die Sehschärfe dieser Gruppe betrug auf dem schlechteren Auge kleiner 0,1, die Sehschärfe des besseren Auges lag bei 0,5 und darüber.

Ergebnis:

Die Fahrer der visuell ungestörten Probanden hatten eine mittlere Unfallhäufigkeit von 1,02; die mit geringfügig reduzierter Sehschärfe hatten eine Unfallhäufigkeit von 1,33 und die mit stark reduzierter Sehschärfe hatten eine geringere Unfallrate als die mit geringfügig reduzierter Sehschärfe, nämlich 1,26.

Bewertung:

Die Studie auf ihre Aussagekraft zu beurteilen fällt schwer, nicht zu letzt wegen, der Aussagen der Autoren: "However, because of limitations of the survey, described above, the study cannot be considered completely definitiv. It is possible that at least some of the measured accident increase among impaired drivers was a result of the out-of-state accident reporting artifact."

Die hohe Zahl von Personen mit reduzierter Sehschärfe (N = 1.149) wurde aus den Daten von 16.465 Personen gewonnen, d.h. 7 Prozent der Lastkraftwagenfahrer haben eine reduzierte Sehschärfe. Im Kapitel Amblyopie wird über die Häufigkeit von Augenkrankheiten gesprochen werden.

Autor: Shinar 1977 #425

Ziele der Studie:

Der Autor führte eine Validierungsstudie über das Testgerät Mark II durch. Mit diesem Gerät wurden folgende Funktionen getestet:

1. zentrale Tagessehschärfe unter normaler Leuchtdichte
2. dynamische Bewegungsehschärfe
3. Reizerkennung und Fixierung im peripheren Sehfeld
4. statische zentrale Sehschärfe bei herabgesetzten Leuchtdichten
5. Wahrnehmung von Objektenbewegungen in Blickrichtung
6. Erkennungsschwellen für zentrale und periphere Bewegungen quer zur Blickrichtung
7. Gesichtsfeld (horizontal)
8. statische Sehschärfe bei Blendung

Im Rahmen einer Querschnittsuntersuchung von 890 Fahrern wurde ebenfalls nach Verkehrsverstößen und Unfällen gefragt. Insgesamt ergaben sich Korrelationen lediglich zwischen Unfallgeschehen und der Bewegungsehschärfe, sowie der Dämmerungsehschärfe und der Blendempfindlichkeit. Diese Zusammenhänge waren niedrig und vom Alter abhängig. Eine Quantifizierung der Auswirkungen von Sehmängeln auf die Verkehrssicherheit erbrachte diese Studie nicht.

Autoren: Quimby et al 1986 #68.

Versuchspersonen:

370 Autofahrer, die einen Unfall hatten nahmen an den freiwilligen Tests teil 2.445 waren gefragt worden. Von den 370 waren 288 Autofahrer und 78 Motorradfahrer und 4 andere. Da nur ca. 15 Prozent der Personen, die an einem Unfall beteiligt waren, bereit waren, sich einem Sehtest zu unterziehen, ist die Auswahl der 370 Untersuchten nicht zufällig. Aus diesem Grunde erübrigt sich eine weitere Darstellung der Ergebnisse der Studie.

11. Literatur

- #6 - Abrahamsson, Maths; Sjöstrand, J.
"Impairment of contrast sensitivity function (CSF) as a measure of disability glare" Visual Science 27 1986 pp 1131-1136
- #246 - Arden, G. B.; Jacobson, J. J.
"A simple grating test for contrast sensitivity: preliminary results indicate value in screening for glaucoma"
Invest Ophthal Vis Scie 17 1978 pp 23-32
- #156 - Arden, G. B.
"Recent developments in clinical contrast sensitivity testing"
1979 pp 198-207
- #450 - Aulhorn, Elfriede; Harms, H.; Wenzel, H.
"Sehleistung und Lebensalter" Wiener Med Wbl 39 1968 pp 791-795
- #252 - Aulhorn, Elfriede; Harms, H.
"Über die Untersuchung der Nachtfahreignung von Kraftfahrern mit dem Mesoptometer." Klin Mbl Augenheilk 157 1970 pp 843-873
- #475 - Aust, Wolfram
"Therapeutische Prinzipien für die Behandlung der Schielamblyopie und ihre Bedeutung für Binokularfunktionen"
"Vortrag Wiesbadener Tagung Berufsverband der Augenärzte 18.-24. Nov." Wiesbaden 1985
- #179 - Avilla, Cynthia Waters; Noorden, G. K. von
"Limitation of the TNO random dot stereo test for visual screening" Am Orthoptic J 31 1981 pp 87-90
- #1132 - Ball, Karlene K.; Owsley, Cynthia; Beard, Bettina L.
"Clinical visual perimetry underestimates peripheral field problems in older adults" Clin Vis Scie 3 1989
- #180 - Banks, Martin S.; Aslin, R.
"Sensitive period for the development of human binocular vision"
Science 190 1975 pp 675-677
- #9 - Barbeito, Raphael; Bedell, H. E.; et al.
"Effects of luminance on the visual acuity of strabismic and anisometropic amblyopes and optically blurred normals"
Vision Res 27 1987 pp 1543-1549
- #325 - Barlow, Horace B.
"Dark and light adaptation: Psychophysics" Hdbk Sensory Physiology 7 1972 pp 1-28
- #113 - Bittermann, K.; Gramberg-Danielsen, Berndt

"Zur Grenzwertbestimmung im Bereich der Mesopischen Sehschärfe"
Z Verkehrssicherh 27 1981 pp 106-110

#1166 - Burg, Albert

"Vision test scores and driving record: Additional findings.
(Final Report)" UCLA Inst Transport Traffic Engg Los Angeles
68-27 1968

#191 - Burg, Albert

"Visual degradation in relation to specific accident types.
(Final Report) " Institute of Transportation and Traffic Engg,
School of Engineering and Applied Science, Univ of California Los
Angeles 1974 pp 1-39

#1168 - Council, F. M. ; Allen, J. A.

"A study of the visual fields of North Carolina drivers and their
relationship to accidents" Highway Safety Research Center; Chapel
Hill N.C. USA 1974

#1217 - Cüppers, Curt

"Grundlagen der Früherfassung von Sehstörungen im Kindesalter"
Arbeitskreis Schielbeh 7 1975 pp 193-203

#779 - Cummings, Mary, F.; Hof-van Duin, Jackie van; et al.

"Visual fields of young children" Behav Brain Res 29 1988 pp 7-16

#183 - Davison, P. A.; Irving, A.

"Survey of visual acuity of drivers" Transport and Road Research
Laboratory Crowthorne TRRL Lab Rep LR945 1980 pp 9-21

#12 - Derefeldt, Gunilla; Lennerstrand, G.; et al.

"Age variations in normal human contrast sensitivity"
Acta Ophthalmol 57 1979 pp 679-690

#969 - Egge, Kjell

"The visual field in normal subjects" Acta Ophthalmol Suppl 169
1984 pp 64

#1169 - Ehrenstein, W.; Müller-Limmroth, W.

"Physiologische Grundlagen der Anforderungen im Straßenverkehr"
(ed.) Wagner, H.-J. "Verkehrsmedizin" Berlin, Heidelberg uaO
1984 pp 71-86

#348 - Elliott, David B.

"Contrast sensitivity decline with ageing: a neural or optical
phenomenon?" Ophthal Physiol Opt 7 1987 pp 415-419

#966 - Enoch, Jay M.; Sunga, Roberto N.

"Development of quantitative perimetric tests" Docum Ophthalmol
26 1969 pp 215-229

- #385 - Evans, David W.; Ginsburg, Arthur P.
 "Contrast sensitivity predicts age-related differences in
 highway-sign discriminability" Hum Factors 27 1985 pp 637-642
- #775 - Fledelius, Hans C.
 "Refraction and eye size in the elderly. (Review)"
 Acta Ophthalmol 66 1988 pp 241-248
- #206 - Flom, Merton D.; Weymouth, F. W.; Kahneman, Daniel
 "Visual resolution and contour interaction"
 J Opt Soc Am 53 1963 pp 1026-1032
- #432 - Frisén, L.; Frisén, M.
 "How good is normal visual acuity?" Graefes Arch klin exp Ophthal
 215 1981 pp 149-157
- #946 - Fulton, Anne B.
 "The development of scotopic retinal function in human infants"
 Docum Ophthalmol 69 1988 pp 101-109
- #394 - Geyer, O.-C.
 "Vergleichende Untersuchungen am Mesoptometer und Nyktomat"
 Klin Mbl Augenheilk 166 1975 pp 259-267
- #3 - Ginsburg, Arthur P.; Cannon, M.
 "Comparison of three methods for rapid determination of threshold
 contrast sensitivity" Invest Ophthal Vis Scie 24 1983 pp 798-802
- #133 - Ginsburg, Arthur P.
 "A new contrast sensitivity vision test chart" Am J Opto Phys
 Optics 61 1984 pp 403-407
- #120 - Gramberg-Danielsen, Berndt
 "Zur Beziehung zwischen Tagessehschärfe und Unfallhäufigkeit im
 Straßenverkehr" Arzt u Auto 48 1972 pp 14-15
- #111 - Gramberg-Danielsen, Berndt; Repkewitz, D.
 "Zur Unfallhäufigkeit einäugiger Lastkraftwagenfahrer"
 Bundesgesundheitsbl 19 1976 pp 252-256
- #131 - Gramberg-Danielsen, Berndt
 "Auge und Verkehr" Medizin Klinik 73 1978 pp 1-12
- #954 - Gramberg-Danielsen, Berndt
 "Ophthalmologie und Verkehrsmedizin" (ed.) Wagner, Hans-Joachim
 "Verkehrsmedizin" Berlin, Heidelberg, New
 York, Tokyo 1984 pp 154-185
- #59 - Gramberg-Danielsen, Berndt; Vollert, T.

"Ausnahmen nach § 70 StVZO von den Mindestanforderungen nach § 9a StVZO?" Z Verkehrssicherh 30 1984 pp 5-7

#158 - Gramberg-Danielsen, Berndt
"Das Sehen in der Dämmerung" Unfall-Sicherheitsforschung im Straßenverkehr 47 1984 pp 91-93

#205 - Gramberg-Danielsen, Berndt
"Die sozialmedizinische Bedeutung der Schielamblyopie und des gestörten Binokularsehens" (eds.) Meyer-Schwickeradt, G., Ullerich, K. "Theorie und Praxis der modernen Schielbehandlung" Stuttgart Bücherei d Augenarztes 99 1984 pp 239-247

#320 - Gramberg-Danielsen, Berndt; Hartmann, E.; Giehring, Heinz
"Der Dunkelheitsunfall." Stuttgart 1984

#1160 - Haas, Anita; Flammer, Josef; Schneider, Urs
"Influence of age on the visual fields of normal subjects" Am J Ophthalmol 101 1986 pp 199-203

#H16 - Haase, Wolfgang; Hohmann, Annemarie
"Ein neuer Test (C-Test) zur quantitativen Pruefung der Trennschwierigkeiten - Ergebnisse bei Amblyopie und Ametropie." Klin Mbl Augenheilk 180 1982 pp 210-215

#527 - Haase, Wolfgang
"Amblyopie." (ed.) Kaufmann, H. "Strabismus" Stuttgart 1986 pp 201-279

#220 - Harms, Heinrich
"Verkehrsophthalmologische Aufgaben der deutschen Augenärzte 1984" Augenarzt 19 1985 pp 42-44

#258 - Hartmann, Erwin; Wehmeyer, K.
"Untersuchungen des Dämmerungssehens und des Blendempfindens mit dem neuen Nyktometer." Klin Mbl Augenheilk 176 1980 pp 859-963

#71 - Hartmann, Erwin
"Sehschärfenbestimmung" Klin Mbl Augenheilk 191 1987 pp 62-68

#46 - Hebenstreit, Benedikt von
"Sehvermögen und Verkehrsunfälle (Abschlußbericht über das Forschungsvorhaben)" TÜV Bayern e.V.; München 1983

#789 - Hedin, Anders
"Testing of vehicle drivers' visual capacity" J Traffic Medicine 8 1980 pp 18-21

#30 - Hedin, Anders; Lövsund, P.
"Effects of visual field defects on driving performance" Greve,

E. L., P. Lövsund "Seventh Intern Visual Field Symposium.
Amsterdam. Sept 1986" Dordrecht 1987 pp 541-547

#401 - Hess, R.; Woo, G.
"Vision through cataracts" Invest Ophthal Vis Scie 17 1978 pp
428-435

#982 - Hillis, Aryge; Flynn, John T.; Hawkins, B. S.
"The evolving concept of amblyopia: A challenge to
epidemiologists" Am J Epidemiol 118 1983 pp 192-205

#154 - Hills, B. L.; Burg, Albert
"A reanalysis of California driver vision data: General
findings." Transport and Road Research Laboratory "
Crowthorne TRRL Lab Rep 768 1977

#H3 - Hohmann, Annemarie; Creutzfeldt, O. D.
"Squint and the development of binocularity in humans."
Nature 254 1975 pp 613-614

#H17 - Hohmann, Annemarie; Haase, Wolfgang
"Development of visual line acuity in humans." Ophthalmic Res.
14 1982 pp 107-112

#H28 - Hohmann, Annemarie; Haase, Wolfgang
"Screening von Sehstörungen. Ein Sehtest (H-Test) für Kinder ab
3½ Jahren." Sozialpädiatrie 9 1987 pp 523-529

#H32 - Hohmann, Annemarie; Haase, Wolfgang
"Amblyopie therapie bei Kindern älter als drei Jahre"
Sozialpädiatrie 10 1988 pp 257-262

#343 - Humphriss, Deryck
"Three South African studies on the relation between road
accidents and drivers' vision" Ophthal Physiol Opt 7 1987 pp
73-79

#1191 - Hyvärinen, Lea; Laurinen, Pentti; Rovamo, Jyrki
"Contrast sensitivity in evaluation of visual impairment due to
macular degeneration and optic nerve lesions" Acta Ophthalmol 61
1983 pp 161-170

#89 - Jacobs, R. J.
"Visual resolution and contour interaction in the fovea and
periphery" Vision Res 19 1979 pp 1187-1195

#542 - Jagerman, Louis S.
"Visual acuity measured with easy and difficult optotypes in
normal and amblyopic eyes" J Pediat Ophthalmol 7 1970 pp 49-54

- #267 - Johnson, Chris A.; Keltner, J. L.
 "Incidence of visual field loss in 20,000 eyes and its relationship to driving performance." Arch Ophthalmol 101 1983 pp 371-375
- #276 - Kaakinen, Kari
 "Photographic screening for strabismus and high refractive errors of children aged 1-4 years." Acta Ophthalmol 59 1981 pp 38-44
- #28 - Kadlecová, V.; Peleska, M.
 "Dependence on age of the diameter of the pupil in the dark" Nature 182 1958 pp 1520-1521
- #373 - Keeney, Arthur H.; Garvey, James L.; Bruncker, Gary F.
 "Current experience with the monocular drivers of Kentucky" American Association for Automotive Medicine 1981 pp 215-221
- #1158 - Keltner, John L.; Johnson, Chris A.
 "Mass visual field screening in a driving population" Ophthalmology 87 1980 pp 785-790
- #58 - Kilbride, Paul E.; Hutmann, L. P.; et al.
 "Foveal cone pigment density difference in the aging human eye" Vision Res 26 1986 pp 321-325
- #1161 - Kini, M. M.; Leibowitz, H. M.; et al.
 "Prevalence of senile cataract, diabetic retinopathy, senile macular degeneration, and open-angle glaucoma in the Framingham eye study." Am J Ophthalmol 85 1978 pp 28-34
- #430 - Kleiner, Robert C.; Enger, Cheryl; et al.
 "Contrast sensitivity in age-related macular degeneration" Arch Ophthalmol 106 1988 pp 55-57
- #33 - Kratz, Günter; Häseker, W.
 "Untersuchung über das Sehvermögen von Verkehrsteilnehmern und die Bedeutung des Sehvermögens für die Verkehrssicherheit" Deut Grünes Kreuz und TÜV Bayern; Marburg ca 1985 pp
- #257 - Kulnig, W.
 "Fehlerquellen bei der Untersuchung am R5-Gerät" Ophthalmologica 196 1988 pp 49-53
- #331 - Lachenmayr, Bernhard
 "Die Bedeutung des peripheren Sehens für den Kraftfahrer" Fortschr Ophthalmol 83 1986 pp 357-360
- #948 - Lachenmayr, Bernhard
 "Glaukomüberwachung in der Praxis mittels automatischer Perimetrie" Augenärztl Fortbildg 10 1987 pp 88-96

- #70 - Lachenmayr, Bernhard; Gleissner, M.; Kolling, G.
 "Vergleichende Sehschärfeprüfung. Studie der Augenklinik München" Augenklinik München und Augenklinik Gießen - München, Gießen pers. Mitt. 1987
- #117 - Lachenmayr, Bernhard
 "Peripheres Sehen und Reaktionszeit im Straßenverkehr" Z Verkehrssicherh 33 1987 pp 151-156
- #582 - Lachenmayr, Bernhard
 "Heutige und künftige Anforderungen an das Sehvermögen im Straßenverkehr" Arbeitsmed Sozial ASP 23 1988 pp 159-164
- #968 - Lachenmayr, Bernhard
 "Perimetrie gestern und heute" Klin Mbl Augenheilk 193 1988 pp 80-92
- #438 - Lang, Josef
 "Ein neuer Stereosehtest" Klin Mbl Augenheilk 182 1983 pp 373-375
- #26 - Leinhos, R.
 "Die Altersabhängigkeit des Augenpupillendurchmessers" Optik 16 1959 pp 669-671
- #415 - Lerman, Sidney; Borkman, Raymond
 "Spectroscopic evaluation and classification of the normal, aging and cataractous lens" Ophthal Res 8 1976 pp 335-353
- #983 - Leske, M. Christina; Sperduto, Robert D.
 "The epidemiology of senile cataracts: A review" Am J Epidemiol 118 1983 pp 152-165
- #984 - Leske, M. Christina
 "The epidemiology of open-angle glaucoma: A review" Am J Epidemiol 118 1983 pp 166-191
- #901 - Lewrenz, H.; Friedel, B.
 "Krankheit und Verkehr. Gutachten des gemeinsamen Beirats für Verkehrsmedizin" Schriftenreihe Bundesminister f. Verkehr H 67 1985 70 Seiten
- #987 - Leydhecker, W.
 "Reihenuntersuchung gegen Glaukom?" Fortschr Medizin 34 1976 pp 2061-2064
- #439 - Leydhecker, W.
 "Epidemiologie und Risikofaktoren bei Glaukom" Fortschr Ophthalmol 85 1988 pp 38-41

- #294 - Liesmaa, Martti
 "The influence of a driver's vision in relation to his driving"
 Helsinki Privatdruck 1973
- #1188 - Loshin, David S.; White, Janis
 "Contrast sensitivity. The visual rehabilitation of the patient
 with macular degeneration" Arch Ophthalmol 102 1984 pp 1303-1306
- #1 - Lundh, Björn L.; Lennerstrand, G.
 "Eccentric contrast sensitivity loss in glaucoma" Acta
 Ophthalmol 59 1981 pp 21-24
- #72 - Lundt, P. V.
 "Sehvermögen und Kraftverkehr. Gutachten des Bundesgesundheits-
 amts." Bonn-Bad Godesberg Schriftenreihe Bundesminister f.
 Verkehr H 38 1972 140 Seiten
- #524 - McFarland, Ross A.; Domey, Richard G. et al.
 "Dark adaptations as a function of age: I. A statistical
 analysis" J Gerontology 15 1960 pp 149-154
- #326 - Molnár, L.
 "Refraktionsänderung des Auges im Laufe des Lebens" Klin Mbl
 Augenheilk 156 1970 pp 326-339
- #1212 - NN
 "Gesetzliche Früherkennungsmaßnahmen. Dokumentation der
 Untersuchungsergebnisse 1984 - Kinder."
 Kassenärztliche Bundesvereinigung und Spitzenverbände der
 Krankenkassen 1986 pp 14 Seiten + Anhg
- #532 - Noorden, G. K. von
 "Amblyopia: Multidisciplinary approach" Invest Ophthal Vis Scie
 26 1985 pp 1704-1716
- #1133 - North, R. V.
 "The relation between the extent of visual field and driving
 performance. A review." Ophthal Physiol Opt 5 1985 pp 205-210
- #285 - Oppel, O.
 "Über die Entwicklung der Sehschärfe bei Kindern im
 Vorschulalter" Klin Mbl Augenheilk 145 1964 pp
 358-370
- #383 - Owsley, Cynthia; Sloane, Michael E.
 "Contrast sensitivity, acuity, and the perception of 'real-world'
 targets" Br J Ophthalmology 71 1987 pp 791-796
- #965 - Pau, H.; Hockwin, O.; Eckerskorn, U.

"Klinische Aspekte und experimentelle Befunde zur sogenannten
Cataracta senilis" Klin Mbl Augenheilk 192
1988 pp 677-685

#797 - Pau, H.
"Tabelle der im Alter auftretenden Kataraktformen" Klin Mbl
Augenheilk 193 1988 pp 550-553

#398 - Paulsson, L.-E.; Sjöstrand, J.
"Contrast sensitivity in the presence of a glare light" Invest
Ophthal Vis Scie 19 1980 pp 401-406

#1120 - Pelli, D. G.; Robson, J. G.; Wilkins, A. J.
"The design of a new letter chart for measuring contrast
sensitivity" Clinic Vis Scie 2 1988 pp 187-199

#53 - Petry, H.
"Zur Problematik der Sehschärfebestimmung in der arbeits- und
verkehrsmedizinischen Praxis" Arbeitsmed Sozialmed Präventivmed
ASP 9 1982 pp 217

#1195 - Pitts, Donald G.
"The effects of aging on selected visual functions: Dark
adaptation, visual acuity, stereopsis, and brightness" (eds.)
Sekuler, R., D. Kline, K. Dismukes "In: Aging and human visual
function" 2 1982 pp 131-159

#68 - Quimby, A. R.; Maycock, G.; et al.
"Perceptual abilities of accident involved drivers." IRRD OECD
27 1986 pp 1-29

#721 - Rassow, B.
"Zur Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit" Klin Mbl
Augenheilk 193 1988 pp 93-98

#1172 - Reading, V. M.
"Visual resolution as measured by dynamic and static tests"
Pflügers Archiv 333 1972 pp 17-26

#247 - Reading, Veronica M.
"Disability glare and age" Vision Res 8 1968 pp 207-214

#8 - Regan, David; Raymond, J.; et al.
"Contrast sensitivity, visual acuity and the discrimination of
snellen letters in multiple sclerosis" Brain 104 1981 pp 333-350

#330 - Regan, David; Neima, David
"Low-contrast letter charts as a test of visual function"
Ophthalmology 90 1983 pp 1192-1200

- #1116 - Regan, David; Maxner, C.
 "Orientation-selective visual loos in patiens with Parkinson's disease" Brain 110 1987 pp 415-432
- #1117 - Regan, David
 "Visual sensory loss in patients with Parkinson's disease" (eds.) Bodis-Wollner, I.; M. Piccolino "In: Dopaminergic mechanisms in vision" New York Neurology & Neurobioly 43 1988 pp 221-225
- #486 - Rogers, Patricia N.; Ratz, Michael; Janke, Mary L.
 "Accident and conviction rates of visually impaired heavy-vehicle operators" Research and Development Office Californien 1987 pp 1-35
- #14 - Rosner, J.
 "The effectiveness of preschool vision screening instrument" J Am Optom Assoc 49 1978 pp 1121-1124
- #407 - Schäfer, Wolf-Dieter; Drave, W.; Reißmüller, Eva
 "Erste Ergebnisse einer Augenreihenuntersuchung an 24.000 Schülern in Unterfrankne" "In: Standortbestimmung und Neuorientierung. XXIX. Kongress für Sehgeschädigtenpädagogik. Würzburg 1.-5. Aug 1983" Würzburg 1983 pp 152-155
- #1171 - Scialfa, C. T.; Garvey, P. M.; et al.
 "Relationships among measures of static and dynamic visual sensitivity" Hum Factors 30 1988 pp 677-687
- #7 - Sekuler, Robert; Hutman, L. P.; et al.
 "Human aging and spatial vision" Science 209 1980 pp 1255-1256
- #425 - Shinar, David
 "Driver visual limitations diagnosis and treatment (MarkII-Report)" Inst Research in Public Safety; Bloomington, Indiana 1977 203 Seiten + Anhg
- #386 - Simons, Kurt; Reinecke, Robert
 "A reconsideration of amblyopia screening and stereopsis" Am J Ophthalmol 78 1974 pp 707-713
- #298 - Simons, Kurt; Reinecke, R. D.
 "Amblyopia screening and stereopsis." (eds.) Simons, K.; Reinecke R. D. "In: Symposium on strabismus" St. Louis Transaction of the New Orleans Academy of Ophthalmology 1978 pp 15-50
- #804 - Sivak, Michael; Olson, Paul L.; Pastalan, Leon A.
 "Effect of drivers' age on nightttime legibility of highway signs" Hum Factors 23 1981 pp 59-64
- #588 - Sjöstrand, Johan; Frisé, Lars

- "Contrast sensitivity in macular disease" Acta Ophthalmol 55
1977 pp 507-514
- #572 - Slapater, F. J.
"Age norms of refraction and vision" Arch Ophthalmol 43 1950
pp 466-481
- #384 - Sloan, Louise
"Variation of acuity with luminance in ocular diseases and
anomalies" Baltimore Doc Ophthalmol 26 1969 pp 384-393
- #1170 - Sloane, M. E.; Owsley, Cynthia; et al.
"Acuity and contour interaction in older adults" Gerontologist
27 1987 pp 132A
- #78 - Snellen, Herman
"Probuchstaben zur Bestimmung der Sehschärfe" Berlin 1873
- #151 - Stangler-Zuschrott, E.
"Störungen des Binokularsehens und deren Bedeutung im Straßen-
verkehr" Arzt u Kraftfahrer 1979 pp 269-271
- #929 - Steven, D. M.
"Relation between dark adaptation and age" Nature 157 1946 pp
376-377
- #423 - Tiburtius, Heinrich Friedrich
"Der Blendungstest in Klinik und Praxis" Graefes Arch klin exp
Ophthal 178 1969 pp 333-348
- #H15 - Vaupel, Renate; Hohmann, Annemarie
"Stereosehschärfe bei 4- bis 11jährigen normalsichtigen Kindern.
(Titmus- und Randot-Stereotest)" Klin Mbl Augenheilk 180 1982 pp
178-179
- #963 - Viggósson, Guðmundur; Björnsson, G.; Ingvason, J. G.
"The prevalence of open-angle glaucoma in Iceland" Acta
Ophthalmol 64 1986 pp 138-141
- #466 - Walraven, J.
"Amblyopia screening with random dot stereograms"
Am J Ophthalmol 80 1975 pp 893-900
- #321 - Weale, R. A.
"A biography of the eye. Development, growth, age" London 1982
- #894 - Weatherhead, Robert G.
"Use of the Arden grating test for screening" Brit J Ophthalmol
64 1980 pp 591-596

#1207 - Wolf, Ellen; Weber, Horst-Günther; Karre, Peter
"Sozialpädiatrisches Programm Hannover. Erster Ergebnisband der
Lernanfängeruntersuchungen Hannover" Med Hochsch und Gesundheit-
samt Hannover; Hannover 1986 95 Seiten

#324 - Zeimer, Ran C.; Noth, James M.
"A new method of measuring in vivo the lens transmittance, and
study of lens scatter, fluorescene and transmittance" Ophthal
Res 16 1984 pp 246-255

#594 -
"Erste Richtlinie des Rates zur Einführung eines
EG-Führerscheins" EG-Kommission 9. Dez. 1988 Amtsbl EG L
375 31.12. 31.12.1980 pp 1-15

#1211 -
"Vorschlag für eine Richtlinie des Rates über den Führerschein"
EG-Kommission 9. Dez. 1988 Amtsbl EG C 27.02.1989 pp 1-20

#749 -
"Sehschärfebestimmung Deutsche Norm DIN 58220 (Teile 1 bis 6)"
Berlin, Beuth Verlag 1986-88

ÜBERSICHT DER BISHER IN DIESER REIHE ERSCHIENENEN BERICHTE

Nr. Thema

- 1 Kurse für auffällige Kraftfahrer**
Statistische Grundlagen für die Zuweisung alkoholauffälliger Kraftfahrer
Jacobshagen
1977
vergriffen
- 2 Örtliche Unfallerhebungen**
Behrens, Gotzen, Richter, Stürtz, Suren, Wanderer, Weber
1978
vergriffen
- 3 Möglichkeiten zur Verbesserung der Fahrer-
ausbildung**
Graf, Keller
1976
vergriffen
- 4 Beseitigung von Unfallstellen**
Band 2
Bewertung von Maßnahmen zur Beseitigung von Unfallstellen
Klöckner
1977
vergriffen
- 5 Beeinflussung und Behandlung alkohol-
auffälliger Kraftfahrer**
PG ALK
1978
vergriffen
- 6 Innerstädtische Planung als Einflußgröße
der Verkehrssicherheit**
Band 1
Strack, Streich
1978
vergriffen
- 7 Gesamtwirkung von unfallinduzierten
Schäden auf den volkswirtschaftlichen
Produktionsprozeß**
Jäger
1977
vergriffen
- 8 Einführung in den motorisierten Straßen-
verkehr**
Band IV
Teil 6
Edelmann
1978
- 9 Leistungsmöglichkeiten von Kindern im
Straßenverkehr**
Fischer, Cohen
1978
vergriffen
- 10 Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Wirk-
samkeit von Verkehrssicherheitsplakaten**
Graf, Keller
1977
vergriffen
- 11 Der Einfluß des Rauchens auf das Fahr-
verhalten und die Verkehrssicherheit**
Pupka V.
1977
vergriffen
- 12 Innerstädtische Planung als Einflußgröße
der Verkehrssicherheit**
Band 2
Stengel, Fahnberg, Märtschalk
1978
vergriffen
- 12a Innerstädtische Planung als Einflußgröße
der Verkehrssicherheit**
Band 2
Anlage 1
Stengel, Fahnberg, Märtschalk
1978
vergriffen
- 13 Einbau- und Anlegeverhalten Sicherheitsgurte**
Volks
1978
vergriffen
- 14 Beseitigung von Unfallstellen**
Band 3
Identifikation von Unfallstellen
Benner, Bock, Brühning, Klöckner, Riediger, Siegener
1978
vergriffen
- 15 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 4
Kontrolle des Ausbildungserfolges in
"Sofortmaßnahmen am Unfallort"
Jungchen
1978
vergriffen
- 16 Nachtunfälle**
Eine Analyse auf der Grundlage der Daten der amtlichen
Straßenverkehrsunfallstatistik
Brühning, Hippchen, Weißbrodt
1978
- 17 Belastung und Beanspruchung am Steuer
eines Kraftfahrzeuges**
Untersuchungen mit Meßfahrzeugen
IAAP-Kongreß
1979
vergriffen
- 18 Schutzwirkung von Sicherheitsgurten**
Band 2
Literaturanalyse
Rüter
1978
vergriffen
- 19 Untersuchungen von Einzelelementen zur
Erhöhung der Wirksamkeit von
Sicherheitsgurten**
Rüter, Hontschik, Schicker
1977
vergriffen

- 20 **Analyse des Entwicklungsstandes des passiven Unfallschutzes für motorisierte Zweiradfahrer**
 Jessl, Rüter
 1978
 vergriffen
- 21 **Fahrversuche mit Beta-Rezeptorenblockern**
 Braun, Reker, Friedel, Kockelke
 1978
 vergriffen
- 22 **Beseitigung von Unfallstellen**
 Band 4
 Typologie von Verkehrssicherheitsmaßnahmen
 Büschiges
 1978
 vergriffen
- 23 **Beseitigung von Unfallstellen**
 Band 5
 Nutzwertanalytische Bewertung von Unfallstellen mit Linksabbiegeverkehr
 Segner, Zangemeister
 1978
 vergriffen
- 24 **Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
 Band 1
 Forschungsstand, Erklärungsansätze und Modellentwicklung
 Karstedt-Henke
 1979
 vergriffen
- 25 **Schutzwirkung von Sicherheitsgurten**
 Band 3
 Auswertung von Gurtunfällen
 Appel, Vu-Han
 1979
 vergriffen
- 26 **Einführung in den motorisierten Straßenverkehr**
 Band V
 Teil 7
 Edelmann, Pfaffert
 1979
 vergriffen
- 27 **Mitführen von Feuerlöschern in Personenkraftwagen**
 Nicklisch, Krupp
 1979
- 28 **Einfluß auf die Verkehrssicherheit infolge nachts ausgeschalteter Signalanlagen**
 Kockelke, Haas
 1979
 vergriffen
- 29 **Einfluß der psychophysischen Leistungsfähigkeit der Verkehrsteilnehmer auf das Unfallgeschehen**
 Lewrenz
 1979
- 30 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
 Bericht 5
 Beobachtung des Verhaltens am Unfallort
 Metreveli
 1979
 vergriffen
- 31 **Einführung in den motorisierten Straßenverkehr**
 Band VI
 Teil 8
 Koch
 1979
 vergriffen
- 32 **Räumliches Orientierungsverhalten von Kraftfahrern**
 Ellinghaus
 1979
 vergriffen
- 33 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
 Bericht 6
 Simulation von Rettungssystemen
 Rütter, Schmitt, Siegener
 1979
- 34 **Schutzwirkung von Sicherheitsgurten**
 Band 1
 Gurtunfälle
 Herzog, Spann
 1980
- 35 **Experimentelle Evaluation des Tübinger Elterntrainingsprogramms für die Verkehrserziehung von Kindern im Vorschulalter**
 Limbourg, Gerber
 1979
- 36 **Sicht aus Kraftfahrzeugen**
 Literaturstudie
 Einfluß eingefärbter Scheiben auf die Sicht bei Dunkelheit
 Albrecht, Burrow, Tupowa, Engel
 1979
- 37 **Nutzungskonkurrenz in Verkehrsräumen**
 Baier, Switaiski, Westenberger, Zündorf
 1979
 vergriffen
- 38 **Psychologische Erprobungsstudie mit dem Fahrerleistungsmeßfahrzeug**
 Echterhoff
 1980
- 39 **Sammlung und Bewertung ausländischer Maßnahmen zur Erhöhung der innerörtlichen Verkehrssicherheit**
 Ruwenstroth, Fleischhauer, Kuller
 1979
- 40 **Erprobung des Kinder-Verkehrs-Clubs**
 Briefs, Lennertz
 1978
 vergriffen
- 41 **Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
 Band 2
 Einfluß der Trinkgewohnheiten bestimmter Fahrergruppen auf die Verkehrssicherheit
 Gebauer, Büschges
 1976
 vergriffen

- 42 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit**
Band 3
Einfluß der Siedlungsentwicklung auf die Verkehrssicherheit
Henning, Uhlenbrock
1980
vergriffen
- 43 Wirksamkeit von Lichtsignalanlagen zur Sicherung von Bahnübergängen**
Erke, Wimber
1980
vergriffen
- 44 Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Wirksamkeit von Verkehrssicherheitsplakaten**
Teil 1 - 3
Graf, Keller
1980
- 45 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 3
Analyse der Unfalldaten
Theoretische Konzeption
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl
1980
vergriffen
- 46 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 4
Analyse der Unfalldaten
Untersuchungsjahr 1977
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl
1980
- 47 Zahl und Struktur der Führerscheininhaber in der Bundesrepublik Deutschland**
Hautzinger, Hunger, Frey
1980
vergriffen
- 48 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 5
Literaturauswertung über Ursachen der Alkoholdelinquenz im Straßenverkehr
Gebauer
1980
vergriffen
- 49 Einfluß von Radwegen auf die Verkehrssicherheit**
Band 1
Untersuchungen von Außerortsunfällen im Landkreis Karlsruhe und im Rhein-Neckarkreis
Köhler, Leutwein
1981
vergriffen
- 50 Innerstädtische Planung als Einflußgröße der Verkehrssicherheit**
Band 4
Sicherheit und Verhalten in verkehrsberuhigten Zonen
Eichenauer, Streichert, von Winning
1980
- 51 Repräsentativbefragung zur präklinischen Notfallversorgung**
Sorgatz, Riegel
1980
- 52 Lehrziele in der schulischen Verkehrserziehung**
Bestandsaufnahme und Klassifikation
Erläuterungen und Anhang A
Heinrich, Hohenadel
1981
vergriffen
- 52a Lehrziele in der schulischen Verkehrserziehung**
Bestandsaufnahme und Klassifikation
Anhang B
Heinrich, Hohenadel
1981
vergriffen
- 53 Informelle Zeichengebung im Straßenverkehr**
Merten
1981
- 54 Informationsverarbeitung und Einstellung im Straßenverkehr**
Bliersbach, Dellen
1981
- 55 Frage der Ausdehnung der Schutzhelmpflicht**
Krupp, Löffelholz, Marburger
1980
vergriffen
- 56 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 6
Beobachtung am Beispiel von Trinkmusterstudien
Schanz
1981
- 57 Maßnahmen zur Sicherung des innerörtlichen Fahrradverkehrs**
Henning, Schmitz, Faludi
1981
vergriffen
- 57a Maßnahmen zur Sicherung des innerörtlichen Fahrradverkehrs**
- Anlagen
Henning, Schmitz, Faludi
1981
vergriffen
- 58 Vier-Länder-Vergleich von Kenngrößen der Straßenverkehrssicherheit**
Japan, Großbritannien, Niederlande, Bundesrepublik Deutschland
1981
vergriffen
- 59 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 7
Medienanalyse
Schanz, Kutteroff, Groß
1981
- 60 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 8
Analyse der Unfalldaten
Untersuchungsjahr 1978
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl
1980

- 61 **Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 9
Analyse der Unfalldaten
Untersuchungsjahr 1979
Bomsdorf, Schmidt, Schwabl
1981
- 62 **Einfluß von Radwegen auf die Verkehrssicherheit**
Band 2
Radfahrerunfälle auf Stadtstraßen
Knoche
1980
- 63 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 7
Organisation und Kosten des Rettungsdienstes
Teil 1 und 2
Kühner
1981
- 64 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 8
Zu Kostenbegriffen im Rettungswesen
Kühner
1981
- 65 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
Tarife und Tarifsysteme im Rettungsdienst
Kühner
1981
- 66 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 10
Zur Anwendung des Simulationsmodells Rettungswesen
Anwendung in Karlsruhe
Schmiedel, Puhán, Siegener
1981
- 67 **Internationale Erfahrungen mit der Gurtanlegepflicht**
Marburger, Krupp, Löffelholz
1982
- 68 **Verkehrsbewährung in Abhängigkeit von Leistungsmotivation, Zielsetzungsverhalten und Urteilsfähigkeit**
Sömen
1982
- 69 **Methoden und Kriterien zur Überprüfung des Erfolges von Aufklärungskampagnen**
Pfaff
1982
- 70 **Ältere Menschen und Verkehrsaufklärung**
Huber
1982
- 71 **Kriterien für Gestaltung und Einsatz der Anlagen des Fußgängerquerverkehrs**
Rose, Schönharting, Uschkamp
1982
- 72 **Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 1
Einbahnstraßen
Ruwenstroth, Habermeier
1982
- 73 **Möglichkeiten zu einer Neugestaltung des Fahrerausbildungssystems**
Heinrich, Hundhausen
1982
- 74 **Fahrverhalten von Kraftfahrern bei der Begegnung mit Kindern nach der StVO-Änderung**
Kockelke, Ahrens
1982
- 75 **Wirkungszusammenhang Fahrer - Fahrzeug**
Ellinghaus
1982
- 76 **Interaktion von Kraftfahrzeuginsassen**
Färber, Pullwitt, Cichos
1982
- 77 **Umfang und Schwere dauerhafter Personenschäden im Straßenverkehr**
Krupp, Joo
1982
- 78 **Ermittlung der an Fahr-Prüfungsorte zu stellenden Anforderungen**
Hampel, Küppers
1982
- 79 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 11
Organisationsformen im Rettungsdienst
Kühner
1983
- 80 **Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 12
Dokumentationsstudie Rettungsdienst und Krankentransport
Bonn
1982
- 81 **Sicherheitsorientierte Ausbildung von Berufskraftfahrern**
Rüter
1983

vergriffen

vergriffen

vergriffen

vergriffen

vergriffen

vergriffen

vergriffen

vergriffen

vergriffen

- 82 Verhaltensorientierte Verkehrserziehung im Vorschulalter**
Limbourg
1983
- 83 Einflüsse von Fahrer- und Straßenmerkmalen auf die Fahrgeschwindigkeit in Ortschaften**
Haas, Herberg
1983
- 84 Medienangebote und Mediennutzung durch Kinder Orientierungsrahmen für Verkehrsaufklärung**
Hagen, Beike, Blothner, Kellner
1983
- 85 Funktion und Wirkung von Aufklebern an Personenkraftwagen**
Haas
1983 vergriffen
- 86 Streuung von Schutzkriterien in kontrollierten Aufprallversuchen gegen die starre 30-Grad-Barriere**
Färber
1983 vergriffen
- 87 Wirksamkeitsuntersuchung zum ADAC-Motorradsicherheitstraining**
Große-Bernd, Niesen
1983 vergriffen
- 88 Einfluß von Verkehrssicherheitsinformationen auf unfallbeteiligte Kraftfahrer**
Echterhoff
1983 vergriffen
- 89 Klassifikation und Gefährlichkeit von Straßenverkehrssituationen**
v. Benda, Graf Hoyos, Schaible-Rapp
1983
- 90 Untersuchung der Vorfahrtregelung "Rechts vor Links" unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit**
Kockelke, Steinbrecher
1983
- 91 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**
Band 1
Jeszl, Flögl, Hontschik, Rüter
1983
- 92 Junge Kraftfahrer in Japan**
Renge
1983
- 93 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 2:
Fußgängerzonen
Harder
1983
- 94 Beeinflussung von Lichtsignalanlagen durch Rettungsfahrzeuge im Einsatz**
Bossert, Hubschneider, Leutzbach, Mott, Swiderski, Zmeck
1983
- 95 Förderung des sozialen Verständnisses von Grundschulern im Straßenverkehr**
Baumgardt-Elms, Küting, Müller
1984
- 96 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 3:
Knotenpunkt
Angenendt
1984
- 97 Verkehrserziehung in der Sekundarstufe I**
Jensch, Schippers, Spoerer
1984
- 98 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 4:
Sicherung in verkehrsberuhigten Straßen
Adelt, Hofmanns, Kaulen, Richter-Richard
1984 vergriffen
- 99 Verkehrssicherheit in Wohngebieten**
Einflußgrößen, Bewertung und Planungshinweise
Cerwenka, Henning-Hager
1984
- 100 Einflußgrößen auf das nutzbare Sehfeld**
Cohen
1984
- 101 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 13
Ablauforganisation in Rettungsleitstellen
Witte
1984
- 102 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 10
Analyse der Unfalldaten
Untersuchungsjahr 1980
Bomsdorf, Schwabl
1984
- 103 Akzeptanz flächenhafter Verkehrsberuhigungsmaßnahmen**
Bechmann, Hofmann
1984
- 104 Fahrzeugwerbung und Verkehrssicherheit**
Inhaltsanalyse und Folgerungen
Pflafferott
1984

- 105 Untersuchungen zu Medikamenten und Verkehrssicherheit**
Norpoth
1984
- 106 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 5:
Radwegtrassen
Ruwenstroth
1984
- 107 Schutzkleidung für motorisierte Zweiradfahrer**
Danner, Langwieder, Polauke, Sporer
1984
- 108 Zum Einfluß zusätzlicher hochgesetzter Bremsleuchten auf das Unfallgeschehen**
Marburger
1984
- 109 Typisierung von Straßen im Innerortsbereich nach dem Nutzerverhalten**
Golle, Molt, Patscha
1985
- 110 Überprüfung des Unfallursachenverzeichnisses**
Erke
1985
- 111 Genauigkeit der amtlichen Straßenverkehrs-unfallstatistik**
Barg, Hautzinger, Ottmann, Potderin, Stenger
1985
- 112 Verkehrssicherheit von städtischen Altbau-gebieten**
Müller, Stele, Topp
1985
- 113 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**
Band 2
Otte, Suren
1985
- 114 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**
Band 3
Unfallanalyse
Beier, Heibling, Mattern, Schmidt, Schüler, Schuller, Spann
1985
- 115 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 11
Gesetzgebung, Polizeiliche Überwachung und Strafgerichtsbarkeit in der Bundesrepublik Deutschland
Kerner
1985
- 116 Die Häufigkeit von Verkehrssituationen**
von Benda
1985
- 117 Stichproben- und Hochrechnungsverfahren für Verkehrssicherheitsuntersuchungen**
Hautzinger
1985
- 118 Sicherheitsrelevante Ausstattung von Fahrrädern**
von der Osten-Sacken, Schuchard
1985
- 119 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 12
Die Entwicklung des Alkoholkonsums in der Bundesrepublik Deutschland
Persy
1985
- 120 Fußgängersicherheit an Haltestellen**
Rainer R. Hamann
1984
- 121 Sicherung liegendegebliebener Kraftfahrzeuge**
Willing
1985
- 122 Verletzung durch einen Kraftfahrzeugunfall als Ausgangspunkt für die Sicherheitswerbung**
Echterhoff
1985
- 123 Sichere Gestaltung markierter Wege für Fahrradfahrer**
Band 1
Angenendt, Hausen, Jansen, Wutschka
1985
- 124 Der Einfluß der Anpassungsfähigkeit des Auges auf die visuelle Wahrnehmung**
Hesse, Krueger, Zülch
1985
- 125 Flächenhafte Verkehrsberuhigung Unfallanalyse Berlin - Charlottenburg**
Brilon, Kahrmann, Senk, Thiel, Werner
1985
- 126 Unfälle beim Transport gefährlicher Güter auf der Straße 1982-1984**
Bressin
1985
- 127 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 14
Effektivität der Erste-Hilfe-Ausbildung
Seifrin, Schäfer, Zenk
1986

- 128 Untersuchungen zu "Alkohol und Fahren"**
Band 13
Orientierungs- und Verhaltensmuster der Kraftfahrer
Kretschmer-Bäumel, Karstedt-Henke
1986
- 129 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 15
Überprüfung von Erste-Hilfe-Kästen in Kraftfahrzeugen
Wobben
1986
- 130 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 16
Literaturanalyse "Wirksamkeit des Rettungswesens"
Garms-Homolová, Schaeffer, Schepers
1986
- 131 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 17
Unfallursachen bei Unfällen von Rettungsfahrzeugen im Einsatz
Schmidel, Unterkofler
1986
- 132 Bestandsaufnahme von Art und Dauer der Fahrerschulerausbildung.
Für die Fahrerlaubnisklassen 3, 1 und 1b**
Haas
1986
- 133 Verbrauch psychotroper Medikamente durch Studenten
Ergebnis einer Befragung**
Joó
1986
- 134 Analyse von Unfalldunkelziffern**
Lenhart, Siegner
1986
- 135 Flächenhafte Verkehrsberuhigung
Methodenstudie zur Gefahrenbewertung für verkehrsberuhigte Bereiche**
Fechtel, Ruske
1986
- 136 Geschwindigkeitsverhalten auf Mischflächen**
Ahrens, Kockelke
1986
- 137 Prüfverfahren zur Seitenkollision
Versuche mit der Krebsgangbarriere**
Püllwitt, Sievert
1986
- 138 Führung des Radverkehrs im Innerortsbereich**
Teil 6:
Gemeinsame Verkehrsflächen für Fußgänger und Radfahrer
Eger, Retzko
1986
- 139 Bewertung der Lichtsignalsteuerung mit Hilfe der Verkehrskonflikttechnik**
Hoffmann, Slapa
1986
- 140 Unfallsituationen und -folgen von Fahrradfahrern**
Alrutz, Otte
1986
- 141 Verbesserung der Sichtbedingungen aus Nutzfahrzeugen**
Henseier, Heuser, Krüger
1986
- 142 Regelabweichendes Verhalten von Fahrradfahrern**
Kuller, Gersemann, Ruwenstroth
1986
- 143 Untersuchung zur Auswirkung der vorübergehenden Anordnung von Tempo 100 auf Bundesautobahnstrecken im Rahmen des Abgas-Großversuchs auf das Unfallgeschehen**
Marburger, Meyer, Ernst
1986
- 144 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 18
Erste Hilfe in der Bundesrepublik Deutschland - Situationsanalyse -
Kuschinsky, Schmidel, Unterkofler
1986
- 145 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 19
Effizienz der Rettungsorganisation
Borjans
1986
- 146 Verkehrserziehung in der Primarstufe: Sozial-kognitive Anforderungen und Konzeption**
Küting
1986
- 147 Statistische Verfahren zur Analyse qualitativer Variablen**
Arminger, Küster
1986
- 148 Einführung in das Arbeiten mit GLIM zur Analyse mehrdimensionaler Kontingenztafeln mittels loglinearer und Logit-Modelle**
Ernst, Brühning
1987
- vergriffen

- 149 Analyse und Beseitigung von Unfallstellen im außerörtlichen Straßennetz**
Kraus, Trapp
1986
- 150 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**
Band 4
Helmvisiere
Buser, Christ, Jessl, Stangl
1987
- 151 Wirkung von Neuroleptika auf relevante Aspekte der Fahrtüchtigkeit bei schizophrener Patienten**
Grübel-Mathyl
1987
- 152 Datenbank internationaler Verkehrs- und Unfalldaten**
Brühning, von Fintel, Nußbaum
1987
- 153 Fahrerverhaltensuntersuchungen zur Verkehrssicherheit im Bereich von Ortseinfahrten**
Kockelke, Steinbrecher
1987
- 154 Bedeutung, Besonderheiten und Rekonstruktionen der Mehrfachkollisionen von Personenkraftwagen**
Appel, Otte, Schlichting
1987
- 155 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 20
Ermittlung abgestufter Richtwerte für die Bereitstellung von Fahrzeugen im Rettungsdienst
Lenhart, Puhan, Siegener
1987
- 156 Sicherheitswidrige und sicherheitsgemäße Reaktionen auf den eigenen Kraftfahrzeugunfall**
Echterhoff
1987
- 157 Fahrversuche und Labortests unter Einfluß von Diazepam**
Reker
1987
- 158 Untersuchungen zu Determinanten der Geschwindigkeitswahl**
Band 1
Auswertung von Geschwindigkeitsprofilen auf Außerortsstraßen
Bald
1987
- 159 Aktion "Minus 10 Prozent" in Österreich**
Risser, Michalik
1987
- 160 Technikwissen und Fahrverhalten junger Fahrer**
Küster, Reiter
1987
- 161 Straßenverkehrsbeteiligung von Kindern und Jugendlichen**
Wittenberg, Wintergerst, Passenberger, Büschges
1987
- 162 Bedeutung der Fahrstundenzahl für die Gefährdung von Fahranfängern - Methodenentwicklung und Ergebnisse -**
Haas
1987
- 163 Einsatzkriterien für Anlagen des Fußgängerquerverkehrs - Ergänzungsuntersuchung -**
Neumann
1987
- 164 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 21
Analyse und Beurteilung der Notfallrettung in Berlin
Garms - Homolová
1987
- 165 Ein Beitrag zur Beschreibung des Sicherheitsempfindens von Fußgängern auf innerstädtischen Straßen**
Ahrens
1987
- 166 Vorher/Nachher - Untersuchungen zu Umbaumaßnahmen an Ortseinfahrten im Kreisgebiet Neuss**
Kockelke, Rossbänder, Steinbrecher
1987
- 167 Methodik und Analyse von (simultanen) Wirksamkeitsuntersuchungen**
Brühning, Ernst, Arminger
1987
- 168 Blickverhalten und Informationsaufnahme von Kraftfahrern**
Cohen
1987
- 169 Untersuchungen zu Determinanten der Geschwindigkeitswahl**
Bericht 2
Streckencharakteristik und Geschwindigkeitswahl
Otten, Schroiff
1988

vergriffen

vergriffen

- 170 Wirksamkeit der Nachschulungskurse bei erstmals alkoholauffälligen Kraftfahrern**
- Bestandsaufnahme nach drei Jahren -
Stephan
1988
- 171 Verantwortliches Handeln im Straßenverkehr**
- Literaturstudie -
Schmidt
1988
vergriffen
- 172 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 22
Analyse und Beurteilung der Notfallrettung in Berlin
Stellenwert des NAW-Dienstes im Einsatzspektrum
des Notfallrettungsdienstes
Hütter
1988
- 173 Biomechanische Belastungsgrenzen**
Aktualisierte Literaturstudie zur Belastbarkeit des
Menschen beim Aufprall
Güllich
1988
- 174 Testverfahren zur Überprüfung des Einflusses
von Arzneimitteln auf die Verkehrssicherheit**
Psychologischer Schwerpunkt
Brückner, Peters, Sömen
1988
- 174a Testverfahren zur Überprüfung des Einflusses
von Arzneimitteln auf die Verkehrssicherheit**
Medizinischer Schwerpunkt
Staaq, Hobi, Berghaus
1988
- 175 Maßnahmen zur Verminderung von außerörtlichen
Nachtunfällen**
Rüth
1988
- 176 Wahrnehmungsbedingungen und sicheres
Verhalten im Straßenverkehr:
Situationsübergreifende Aspekte**
Grimm
1988
- 177 Wahrnehmungsbedingungen und sicheres
Verhalten im Straßenverkehr:
Wahrnehmung in konkreten Verkehrs-
situationen**
Leutzbach, Papavasiliou
1988
- 178 Die Berücksichtigung privater Nutzen und
Kosten bei der Bewertung von Verkehrs-
sicherheitsmaßnahmen**
Willeke, Lewen
1988
- 179 Abschätzung der langfristigen Entwicklung
des Unfallgeschehens im Straßenverkehr**
Corwenka, Mathes, Rommerskirchen
1988
vergriffen
- 180 Zur Bedeutung von Verkehrsraumkategorien
für Verkehrssicherheitsempfehlungen zum
Radfahren von Kindern**
Günther
1988
- 181 Sicherheitsbeurteilung kleiner Stadt - PKW**
Gaßmann, Klippert
1988
- 182 Quantifizierung der passiven Sicherheit**
Teil 1:
Pilotstudie
Kramer, Glatz, Lutter
1988
- 183 Vergleich der Verkehrssicherheit in der Bun-
desrepublik Deutschland und Großbritannien**
Leutzbach und andere
1988
- 184 Medikamente, Drogen und Alkohol bei ver-
kehrsunfallverletzten Fahrern**
Hausmann, Möller, Otte
1988
- 185 Curriculum zur Ausbildung motorisierter
Zweiradfahrer**
Flügel, Reiter
1988
- 186 Untersuchungen zum Verkehrsverhalten und
zur Verkehrssicherheit an Autobahnbaustellen**
Kockelke, Rossbander
1988
- 187 Das Unfallgeschehen bei Nacht
- Unfallhäufigkeit, Unfallrisiko und
Unfallstruktur -**
Brühning, Ernst, Schmid
1988
- 188 Schutzhelme für motorisierte Zweiradfahrer**
Band 5
Theoretische Simulation zur Verbesserung der Schutzwirkung
Öry, Köstner
1988
- 189 INVUD - Datenbank internationaler Verkehrs-
und Unfalldaten**
Entwicklungsstand Frühjahr 1989
Brühning, Dreissus, von Fintel
1989

- 190 Radfahren - aber sicher!**
Symposion der Deutschen Verkehrswacht
in Zusammenarbeit mit der Bundesanstalt für Straßenwesen
am 16./17. November 1987
1989
- 191 Sehvermögen von Pkw-Fahrern**
Eine empirische Untersuchung über die Tagesehschärfe und
die Dämmerungsehschärfe von Pkw-Fahrern aus dem
Kölner Stadtgebiet
Joo Röhrig
1989
- 192 Schutz von Kindern in Pkw**
Krüger
1989
- 193 Untersuchungen zu Determinanten
der Geschwindigkeitswahl**
Bericht 3
Situationsangemessene Geschwindigkeitswahl auf
Außerortsstraßen
Ruwenstroth, Kuller, Radder
1989
- 194 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 23
Analyse und Beurteilung der Notfallrettung in Berlin
Strukturelle Aspekte der Notfallversorgung durch Notarztwagen
1989
- 195 Verkehrsmobilität und Unfallrisiko
in der Bundesrepublik Deutschland**
Ergebnisbericht
Hautzinger, Tassaux
1989
- 195a Verkehrsmobilität und Unfallrisiko
in der Bundesrepublik Deutschland**
Tabellenanhang - Teil 1 -
Hautzinger, Tassaux
1989
- 195b Verkehrsmobilität und Unfallrisiko
in der Bundesrepublik Deutschland**
Tabellenanhang - Teil 2 -
Hautzinger, Tassaux
1989
- 196 Vergleich der Ergebnisse von
Feld- und Simulatorexperimenten
zum Überholverhalten von Kraftfahrern**
Otten, Habermehl
1989
- 197 Zur Sicherheitswirkung von Fahrradkellen**
Angenendt, Hausen
1989
- 198 Disco - Unfälle**
Marthiens, Schulze, Fiedler, Berninghaus, Csernak, Hoppe
1989
- 199 Fahrzeugtechnische Hilfen zur Einhaltung
von Sicherheitsabständen**
Nicklisch, Löffelholz
1989
- 200 Einfluß von Informationen
zur Verkehrssicherheit
auf unfallbeteiligte Kraftfahrer**
Spoerer
1989
- 201 Psychologische Formen des Umgangs
mit den neuen Fahrerlaubnisregelungen**
Vierboom
1989
- 202 Sichere Gestaltung markierter Wege
für Fahrradfahrer**
Band 2
Angenendt
1989
- 203 Verkehrsgerechte Lage von
Haltestellen im Straßenraum
unter dem Aspekt der Verkehrssicherheit**
Linnenberg
1989
- 204 The Pedestrian and City Traffic**
Hass - Klau
1989
- 205 Erfahrungen mit Tempo 30 - Regelungen
aus dem Betrieb von Bussen im ÖPNV**
Bruder, Fahl, Krämer, Luda, Leicher, Schünemann, Voss,
Wewers
1989
- 206 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**
Band 1
Maßnahmendokumentation Teil Buxtehude
Krause
1989
- 207 Untersuchungen zum Rettungswesen**
Bericht 24
Die Versorgung von Notfallpatienten durch den Rettungsdienst
der Region Franken
Schmiedel, Unterkofer
1989
- 208 Kriterien für Gestaltung, Einsatz und Sicher-
heit von alternativen Fußgängerüberwegen**
Wiebusch - Wothge
1989

- 209 Untersuchungen zum Rettungswesen**
 Bericht 25
 Planung, Durchführung und Finanzierung einer öffentlichen Aufgabe
 Dargestellt am Beispiel des Rettungsdienstes
 Kühner
 1989
- 210 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**
 Band 2
 Maßnahmendokumentation Teil Borgentreich
 Krause
 1990
- 211 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**
 Band 3
 Maßnahmendokumentation Teil Ingolstadt
 Krause
 1990
- 212 Untersuchungen zum Rettungswesen**
 Bericht 26
 Organisationsformen von Notarztssystemen
 Breuer
 1990
- 213 Auswirkungen geringer Alkoholmengen auf Fahrverhalten und Verkehrssicherheit**
 H.-P. Krüger, u. a.
 1990
- 214 Anforderungen an die Ausrüstung von Radfahrern unter dem Gesichtspunkt der Verkehrssicherheit**
 G. Boye
 1990
- 215 Hemmschwellen zur Hilfeleistung
 Untersuchung der Ursachen und Empfehlung von Maßnahmen zum Abbau**
 H.W. Bierhoff, R. Klein, P. Kramp
 1990
- 216 Testfahrten im Daimler-Benz Fahrsimulator unter Einfluß von Diazepam**
 B. Friedel, W. Käding, P. Klostermann u.a.
 1990
- 217 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**
 Band 4
 Bürgerbeteiligung
 Teschner, Topp, Heine, Krause
 1990
- 218 Tätigkeitsbezogene Anforderungen und Belastungen bei Berufskraftfahrern und ihre Beziehung zur Risikobereitschaft und Straßenverkehrssicherheit**
 Frieling, Bogedale, Kiegeland
 1990
- 219 Methodische Weiterentwicklung von Ansätzen zur Bewertung und Beurteilung von Unfallfolgen**
 Busch, Kistler
 1991
- 220 Statistische Methoden zur Auswertung der Erhebungen am Unfallort**
 Hautzinger
 1990
- 221 Verkehrs- und Unfallbeteiligung von Schülern der Sekundarstufe I**
 Zippel, u. a.
 1990
- 222 Flächenhafte Verkehrsberuhigung**
 Band 5
 Maßnahmendokumentation Berlin Moabit
 Krause
 1991
- 223 Untersuchungen zum Rettungswesen**
 Bericht 28
 Möglichkeiten zur Verbesserung der Laienhilfe bei Verkehrsunfällen
 Teil I und II
 Garms - Homolová, Schaeffer
 1991
- 224 Wirksamkeit von Kursen für wiederholt alkoholauffällige Kraftfahrer**
 Winkler, Jacobshagen, Nickel
 1991
- 225 Wirksamkeitskontrolle kommunaler Verkehrssicherheitsmaßnahmen**
 - Fahrradstraße Hansestadt Lübeck -
 Ruwenstroth, Radder
 1991
- 226 Untersuchungen zum Rettungswesen**
 Bericht 29
 Entwicklung und Perspektiven im Rettungsdienst
 Analyse des Rettungssystems im Saarland
 Puhon
 1991
- 227 Quantifizierung der passiven Sicherheit für PKW - Insassen**
 Appel, Kramer, Glatz, Lutter, Baumann, Weller
 1991
- 228 Ältere Menschen als Fußgänger im Straßenverkehr**
 Steffens, Wilmes, Gawatz
 1991

- 229 Verkehrssicherheitsanalyse des öffentlichen Nahverkehrs**
Roos, Dinter, Lau, Köhler
1991
- 230 Sozialpsychologisch bedingte Risiken im Straßenverkehr**
Hornke, Hausen, D. Dewald, H. Dewald
1991
- 231 Behandlungskosten von Unfallverletzten**
Baumann, Müller, Reuter, Riedel
1991
- 232 Sehfähigkeit und Wahrnehmungsvermögen im Straßenverkehr**
Hohmann
1991

Ab der laufenden Nr. 93 werden die Forschungsberichte des Bereiches Unfallforschung der Bundesanstalt für Straßenwesen zum Preis von DM 10,- (sehr umfangreiche Berichte DM 15,-) DIN A 4 - Format DM 20,- verkauft. Vorherige Hefte werden, soweit nicht vergriffen, zum Stückpreis von DM 5,- abgegeben. Die vergriffenen Veröffentlichungen können in der BAST eingesehen werden.

Bei Interesse am Dauerbezug besteht die Möglichkeit des Abonnements. Gegen Vorauszahlung eines Betrages von DM 100,- jährlich werden alle im betreffenden Jahr erscheinenden Hefte beider Reihen kostenfrei zugesandt. Einzelhefte und Abonnements sind zu beziehen durch:

Verlag G. Mainz, Neupforte 13, 5100 Aachen, Telefon 0241/27305.