

Sichtabstand bei Fahrten in der Dunkelheit

Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen

Mensch und Sicherheit Heft M 4

bast

Sichtabstand bei Fahrten in der Dunkelheit

von

Astrid Bartmann
Dirk Reiffenrath
Dr. Arthur M. Jacobs
Helmut Leder
Michael Walkowiak
Andrea Szymkowiak

Unter Mitarbeit
von

Martin Fischer
Claudia Groß und
Britta Kahmeyer

Institut für Psychologie
der RWTH Aachen

**Berichte der
Bundesanstalt für Straßenwesen**

Mensch und Sicherheit Heft M 4

bast

Die Bundesanstalt für Straßenwesen veröffentlicht Ergebnisse aus ihrer Arbeit, vor allem Forschungsvorhaben, in der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen**. Die Reihe besteht aus folgenden Unterreihen:

A – Allgemeines
B – Brücken- und Ingenieurbau
F – Fahrzeugtechnik
M – Mensch und Sicherheit
S – Straßenbau
V – Verkehrstechnik

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

Nachdruck und photomechanische Wiedergabe, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Die Hefte der Schriftenreihe **Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen** können direkt beim Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Am Alten Hafen 113-115, D-2850 Bremerhaven 1, Telefon (04 71) 460 93-95, bezogen werden.

Über die Forschungsergebnisse und ihre Veröffentlichungen wird in Kurzform im Informationsdienst **BASt-Info** berichtet. Dieser Dienst wird kostenlos abgegeben; Interessenten wenden sich bitte an die Bundesanstalt für Straßenwesen, Referat Öffentlichkeitsarbeit.

Impressum

Bericht zum Forschungsprojekt 8708:
Sichtabstand bei Fahrten in der Dunkelheit

Projektbetreuung:
Hans Hubert Meseberg, Sigrid Metz-Dörner,
Dr. Horst Schulze

Herausgeber:
Bundesanstalt für Straßenwesen
Brüderstraße 53, D-5060 Bergisch Gladbach 1
Telefon (0 22 04) 4 30
Telefax (0 22 04) 4 38 32

Redaktion:
Referat Öffentlichkeitsarbeit

Druck und Verlag:
Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10, D-2850 Bremerhaven 1
Telefon (04 71) 460 93-95
Telefax (04 71) 427 65

ISSN 0943-9315
ISBN 3-89429-307-1

Bergisch Gladbach, März 1993

Kurzfassung · Abstract · Résumé

Sichtabstand bei Fahrten in der Dunkelheit

Ziel des Projektes war die Untersuchung des Erkennungsabstandes bei Dunkelheit von für Landstraßen kritischen Bezugsobjekten. Für den experimentellen Untersuchungsansatz wurden wahrnehmungsrelevante Merkmale einer Nachtfahrt (Konfrontation mit Fußgängern und Radfahrern; Reflexionsgrad der zu erkennenden Objekte; mit bzw. ohne Vorwarnung vor der Konfrontation; gerade bzw. kurviger Streckenverlauf) variiert und in bezug auf ihren Einfluß auf die Erkennungsabstände (Abstand in m vom Erkennungsobjekt) untersucht. Gemessen wurden Tages- und Dämmerungssehschärfe, Kontrastsensitivität und Blendungsempfindlichkeit. Das Alter wurde als Schichtungsvariable berücksichtigt.

Entgegen der aus der Literatur abgeleiteten Annahme zeigten sich in den Sehtestwerten für die untersuchte Stichprobe keine Unterschiede zwischen älteren und jüngeren Versuchspersonen. Bei der Untersuchung des Erkennungsabstandes auf einer „Landstraße“ bei Nacht war hingegen für alle experimentellen Variablen ein Einfluß nachweisbar. Die Erkennungsabstände wurden durch den Faktor Erwartung um 20 m vergrößert. Hinsichtlich des Faktors Streckenverlauf zeigte sich eine deutliche Reduzierung der Erkennungsabstände um 36,3 m bei kurvigem Streckenverlauf. Die Bezugsobjekte wurden signifikant unterschiedlich schnell identifiziert. Schon für den hellen Fußgänger ist der ermittelte Erkennungsabstand zu gering, um einen möglichen Unfall zu vermeiden. Daneben wiesen die jüngeren Versuchspersonen keine bedeutsam größeren Erkennungsabstände auf als die älteren.

Es ergaben sich zudem keine signifikanten Korrelationen zwischen den verschiedenen Sehtests und den im Feld ermittelten Erkennungsabständen. Es wurde gefolgert, daß die derzeit eingesetzten Sehtests zu realitätsfremd sind, um valide Vorhersagen zu erlauben.

Night-Time Driving: Sight Distance

The objective of the research project was studying the night-time identification distance of critical reference objects on rural roads. For the experimental study the characteristics of night-time driving relevant to perception were varied (confrontation with pedestrians and bicyclists; degree of reflection of objects to be identified; with or without prior

warning about a confrontation; straight or winding stretch of road) in order to investigate their effect on identification distances (distance in m from the object to be identified). The following factors were measured: photopic and scotopic acuity, contrast sensitivity, sensitivity to glare. Age was considered as a stratification variable.

In contrast to the assumption derived from the study of the relevant literature, the eye test results for the sample tested showed no difference between elderly and younger test subjects. However, the study on the night-time identification distance on a „rural road“ confirmed the effect of all the variables studied. Due to the expectation factor, identification distances were increased by 20 m. As regards the factor road geometry, a clear reduction of identification distances by 36.3 m was found on winding stretches of road. The time needed to identify reference objects differed significantly. The identification distance even for pedestrians in light-coloured clothing is still too short to avoid a possible accident. Younger test subjects did not require considerably longer identification distances than elderly ones.

Furthermore, the research yielded no significant correlations between the various eye tests and the identification distances determined in field tests. It was concluded that the currently used eye tests bear too little relation to reality to permit valid predictions to be made.

La distance de visibilité aux trajets nocturnes

Ce projet a eu pour objectif d'étudier la distance d'identification d'objets de référence critiques sur des routes en rase campagne, par temps de nuit. Pour l'étude expérimentale, on a procédé à la variation de caractéristiques d'un trajet nocturne relatifs à la perception (confrontation avec piétons ou cyclistes; réflectance des objets perceptibles; avertissement ou non de la confrontation; tracés de route droits ou sinueux) dans le but d'examiner leur influence sur les distances d'identification (distance en m par rapport à l'objet à identifier). Les mesures ont porté sur l'acuité visuelle de jour et au crépuscule et sur la sensibilité aux contrastes et à l'éblouissement. L'âge a été pris en considération en tant que variable de stratification.

Contrairement à la supposition faite à base de la littérature spécialisée, les résultats des essais d'acuité visuelle n'ont pas révélé de différences entre les personnes plus âgées et les personnes plus jeunes de l'échantillon. Par contre, l'étude de la

distance d'identification sur une route en rase campagne par temps de nuit a prouvé une influence de toutes les variables étudiées. Dû au facteur attente, les distances d'identification augmentent de 20 m. Par rapport au facteur tracé de la route, une nette réduction des distances d'identification de 36,30 m a été observée lorsque le tracé présentait des courbes. Le temps nécessaire à l'identification des objets de référence a varié de façon significative. Même si un piéton est vêtu de couleur claire, la distance d'identification est trop courte pour éviter, le cas échéant, un accident. En outre, les personnes plus jeunes de l'échantillon n'ont pas montré des distances d'identification considérablement plus longues que les personnes plus âgées.

En plus, les différents tests d'acuité visuelle et les distances d'identification mesurées dans les essais sur le terrain n'ont pas montré des corrélations significatives. Nous en avons conclu que les tests actuellement en pratique sont trop loin de la réalité pour permettre des prévisions valables.

Inhalt	2	Versuchspersonen	23
	3	Vision-Tester: Tagessehschärfe	23
	3.1	Beschreibung des Testgerätes	23
Vorwort	9	3.2 Durchführung	24
	3.3	Auswertung	24
Teil I: Einleitung	9	3.4 Ergebnisse	24
1	9	4	Mesoptometer: Dämmerungssehschärfe
2	10	4.1	Gründe für die Messung der Dämmerungssehschärfe
3	11	4.2	Testbeschreibung
		4.3	Durchführung
		4.4	Auswertung
		4.5	Ergebnisse
3.1	11	5	Ginsburg-Charts: Kontrastempfindlichkeit
3.2	11	5.1	Theoretischer Hintergrund
		5.2	Testmaterial
		5.3	Durchführung
		5.4	Auswertung
		5.5	Ergebnisse
4	13	6	Diskussion der Sehtestverfahren
4.1	13	6.1	Tagessehschärfe
4.1.1	14	6.2	Ginsburg-Charts
4.1.2	15	6.3	Mesoptometer
4.1.3	15	7	Taskomat-Untersuchung
4.1.4	16	7.1	Einleitung
4.1.5	17	7.2	Versuchsaufbau
4.1.6	17	7.3	Intention der Untersuchungsmethode
4.2	17	7.4	Ergebnisse
4.2.1	17	7.4.1	Treffer und falscher Alarm
4.2.2	18	7.4.2	Mittlere Reaktionszeit (MRT)
4.2.3	18	7.4.3	Standardabweichung (STD)
4.2.4	19	7.4.4	Mittlere Linienabweichung (rms-score)
4.2.5	20	7.5	Diskussion
4.2.6	21	Teil III: Feldexperiment	34
4.2.7	21	1	Einleitung
5	22	2	Gestaltungskriterien der Versuchsanordnung
Teil II: Laboruntersuchungen	23	2.1	Bezugsobjekte
1	23	2.1.1	Einleitung
		2.1.2	Gestaltungsprinzipien der verwendeten Bezugsobjekte

2.1.3	Realisierung der Dummies.	35	7.3	Zur Rolle der gefahrenen Geschwindigkeit bei der Messung der Erkennungsabstände	53
2.2	Meßparcours.	36	7.4	Betrachtung von Geschwindigkeits- unterschieden in experimentellen Bedingungen.	55
2.2.1	Einleitung	36	7.4.1	Kognitive Erwartungshaltung	55
2.2.2	Auswahl der Strecke	36	7.4.2	Jüngere und ältere Versuchs- teilnehmer	55
2.2.3	Streckenbeschreibung.	37	7.4.3	Kurvige und gerade Strecken- abschnitte	55
2.2.4	Allgemeine Auswahl der Meßpunkte.	37	7.5	Subjektive Fahrsicherheit und Geschwindigkeit.	56
2.2.5	Streckencharakteristika	37	7.6	Homogenität der Gruppen.	57
2.2.6	Die verwendeten geraden Streckenabschnitte	38	7.7	Diskussion	57
2.2.7	Die kurvigen Strecken- abschnitte	39			
3	Methode	40	Teil IV: Vergleich der Labor- und Felddaten	58	
3.1	Versuchsplan	40	1	Einleitung	58
3.1.1	Unabhängige Variablen	40	2	Zielsetzung	58
3.1.2	Abhängige Variable	40	3	Ergebnisse.	59
3.1.3	Beschreibung der Variablen	40	3.1	Tagessehschärfe	59
3.2	Versuchsdurchführung	41	3.2	Kontrastsensitivität	59
3.2.1	Versuchspersonen.	41	3.3	Dämmerungssehschärfe	59
3.2.2	Versuchsablauf	42	4	Diskussion.	59
4	Auswertung	42	4.1	Tagessehschärfe	59
5	Ergebnisse des Feldexperiments.	43	4.2	Kontrastsensitivität	59
5.1	Haupteffekte	43	4.3	Dämmerungssehschärfe	59
5.1.1	Alter	43	5	Einfluß der Faktoren Strecken- verlauf und Erwartung auf den Zusammenhang der Labor- und Felddaten	60
5.1.2	Erwartung	43	5.1	Ziel	60
5.1.3	Streckenverlauf	44	5.2	Streckenverlauf	60
5.1.4	Bezugsobjekte.	44	5.3	Erwartung	61
5.2	Interaktionen.	44	5.4	Diskussion.	62
5.3	Diskussion	44	Teil V: Nachuntersuchung	62	
5.3.1	Alter	44	1	Einleitung	62
5.3.2	Erwartung	45	2	Methode	63
5.3.3	Streckenverlauf	45	2.1	Versuchsplanung	63
5.3.4	Bezugsobjekt	46	2.2	Versuchsplan	64
5.3.5	Streckenverlauf und Bezugsobjekt.	47	2.2.1	Unabhängige Variablen	64
6	Ergebnisse der Nachbefragung	47	2.2.2	Abhängige Variable	64
6.1	Einleitung	47	2.3	Stichprobenbeschreibung.	64
6.2	Personenmerkmale	48	2.4	Versuchsdurchführung	64
6.2.1	Item 1	48	3	Auswertung	65
6.2.2	Item 2	49			
6.2.3	Item 4	49			
6.3	Situative Merkmale	50			
6.3.1	Item 5	50			
6.3.2	Item 6	50			
6.4	Streckenmerkmale.	51			
6.5	Diskussion	51			
7	Geschwindigkeitsauswertung	53			
7.1	Einleitung	53			
7.2	Messung der gefahrenen Geschwindigkeit.	53			

4	Ergebnisse	65
4.1	Haupteffekte	65
4.2	Interaktionen	65
5	Diskussion	66
Teil VI: Diskussion und Empfehlungen		67
1	Ökologische Validität der vorliegenden Untersuchung	67
1.1	Fehlender Einfluß des Gegenverkehrs (Blendung)	67
1.2	Lokalisation des Bezugsobjekts	67
1.3	Wissen über das Auftreten eines kritischen Objektes.	67
1.4	Diskussion	68
2	Abschließende Diskussion der Ergebnisse und Maßnahme- empfehlungen	68
2.1	Einleitung.	68
2.2	Alterseinflüsse	68
2.3	Testverfahren zur Messung der Sehleistungen	69
2.4	Bedeutung kognitiver Faktoren	70
2.5	Untersuchung der kognitiven, perzep- tiven und motorischen Leistungs- fähigkeit	71
2.6	Bedeutung von Kurven.	71
2.7	Fußgänger	72
3	Zusammenfassung der angesprochenen Maßnahmen	72
Literatur		73
Anhang		79
A:	Laboruntersuchungen	80
B:	Feldversuch	84
C:	Korrelation zwischen Sehtests und Erkennungsabständen	90
D:	Nachuntersuchung.	92

Vorwort

Bei Tag können Fehlreaktionen des Kraftfahrers häufig auf die falsche Auswertung bzw. die falsche Auswahl der meist überreichlich vorhandenen optischen Informationen zurückgeführt werden (CLAYTON, 1976; SCHMIDT-CLAUSEN, 1982). Bei Dämmerung und Dunkelheit ist die Situation anders: Hier liegen die Gründe für Fehlverhaltensweisen der Verkehrsteilnehmer meist im Unterangebot bzw. in der Unklarheit der verfügbaren visuellen Informationen.

Ein Ziel des Projektes 8708 bestand in der Untersuchung von Determinanten des visuellen Informationsdefizits bei Nachtfahrten. Es sollte dabei der Erkennungsabstand von visuellen Bezugsobjekten, die das Fahrverhalten von Kraftfahrern extern steuern, bei Dunkelheit auf Landstraßen in Labor- und Feldversuchen ermittelt werden.

Die Arbeit beginnt mit einer Literaturübersicht über mögliche Einflußgrößen auf den Sichtabstand bei Fahrten in der Dunkelheit. Im zweiten Teil wird die Laboruntersuchung beschrieben, in der visuelle Parameter der Versuchspersonengruppen erhoben wurden. Der dritte Teil der Arbeit behandelt die im Feld durchgeführte Untersuchung von Erkennungsabständen von drei verschiedenen Bezugsobjekten unter Dunkelheitsbedingungen. Im vierten Teil erfolgt ein Vergleich der Labor- und Felddaten. Der darauffolgende fünfte Teil beschreibt eine psychophysische Messung von Erkennungsabständen unter laborähnlichen Bedingungen. Im sechsten Teil erfolgen die abschließende Diskussion und die Folgerungen aus den verschiedenen experimentellen Arbeiten.

Die Durchführung des Projektes wäre ohne die kooperative Mitarbeit der Versuchspersonen nicht möglich gewesen. Ihnen gebührt herzlichen Dank für ihre Einsatzbereitschaft und dafür, „die Nacht zum Tag“ gemacht zu haben.

Ohne die Hilfe vieler fleißiger Hände hätte die aufwendige Untersuchung auf dem Nürburgring bei Nacht nicht stattfinden können. Daher möchten wir uns bedanken bei Jürgen Fröhlich, Rolf Graf, Claus Neugebauer, Goetz Renner, Johannes Rimpler, Michael Sigmund, Oliver Sträter und Kerstin Warmbold. Für die Lösung technischer Probleme danken wir Herrn Dipl.-Phys. Sommer.

Dank für ihre Kooperation gebührt auch der Nürburgring AG, insbesondere Herrn Rosenzweig, Herrn Prof. Reim vom Lehrstuhl für Augenheilkun-

de der Medizinischen Fakultät der RWTH Aachen, der Firma Rodenstock und Herrn M. Heß vom Institut für Straßenwesen, Erd- und Tunnelbau der RWTH Aachen.

Für weitere fachliche Anregungen möchten wir uns bedanken bei Herrn Dr. P. Padmos, Frau Dr. A. Hohmann und Herrn PD A. S. Cohen.

Für die drucktechnische Gestaltung und Korrektur danken wir Herrn M. Ziefle.

Das Projekt hätte nicht durchgeführt werden können ohne die Unterstützung der Bundesanstalt für Straßenwesen: Herrn Dr. Kockelke, der das Versuchsfahrzeug für die umfangreichen Messungen zur Verfügung stellte, Herrn Meseberger und Herrn Roos für die Bereitstellung und Einweisung in die Lichtmeßhalle und insbesondere Herrn Dr. Schulze für seine Betreuung und sein großes Interesse an dem Forschungsvorhaben.

Teil I: Einleitung

1 Vorbemerkung

Im Verhältnis zur Fahrleistung kommt es bei Nachtfahrten weit häufiger zu Unfällen als bei Fahrten am Tage. Zudem sind die Folgen nächtlicher Unfälle schwerer einzustufen als die der Kollisionen, die am Tage auftreten.

Wird die visuelle Information betrachtet, die dem Fahrer zur Verfügung steht, so reduziert sich diese bei Nachtfahrten – im Vergleich zum Tage – erheblich.

Es stellt sich die Frage, inwiefern das resultierende Informationsdefizit zu der relativ hohen Anzahl schwerer Verkehrsunfälle bei Nacht in Beziehung steht. Neben Sehparametern spielen auch andere Faktoren, wie der Einfluß von Drogen (z. B. Alkohol), eine entscheidende Rolle.

Aufgrund der Komplexität dieser Faktoren erscheint es angemessen, zunächst den Einfluß einzelner Komponenten auf die Fahrleistung bei Nacht zu untersuchen, bevor deren Interaktionen erforscht werden.

Im Rahmen der vorliegenden Studie erfolgte eine Beschränkung auf die Untersuchung visueller Informationsdefizite.

Besonders auf Landstraßen ist die Anzahl der Un-

fälle, verglichen mit anderen Straßentypen, extrem hoch. Die Verkehrsbelastung auf Landstraßen betrug 1986 ca. 25 % der gesamten Verkehrsbelastung bei Nacht (TÜV Rheinland; Statistisches Bundesamt). Im gleichen Zeitraum geschahen etwa 35 % aller nächtlichen Unfälle auf Landstraßen. Besonders alarmierend ist die Tatsache, daß 50 % aller tödlichen Unfälle bei Nacht auf Landstraßen auftraten. Daher befaßt sich die vorliegende Untersuchung mit Nachtfahrten auf Landstraßen.

Obwohl die Wahrscheinlichkeit für Fußgänger und Radfahrer, in einen Verkehrsunfall bei Nacht verwickelt zu werden, nicht sehr hoch ist, sind die Konsequenzen eines Unfalls für diese beiden Gruppen von Verkehrsteilnehmern sehr schwerwiegend. Infolgedessen wurde eine Untersuchung des Sichtabstandes in bezug auf diese Verkehrsteilnehmer als wesentlich erachtet.

Ziel des Forschungsprojekts 8708 war demnach die Untersuchung des Erkennungsabstandes bei Dunkelheit von für Landstraßen kritischen Bezugsobjekten. Dabei sollten die bedeutsamen Einflußfaktoren des Erkennungsabstandes mit Hilfe von Labor- und Felduntersuchungen bestimmt werden, um auf diese Weise eine Grundlage für Kriterien und Maßnahmen zur Erhöhung der Verkehrssicherheit bei Nacht zu schaffen.

Im folgenden soll nach einer kurzen Einführung ein Überblick über Statistiken und Studien zum Zusammenhang zwischen Sehvermögen und Unfällen bei Dunkelheit gegeben werden. Anschließend folgt eine Darstellung der Ergebnisse der Literaturstudie über die wichtigsten Einflußvariablen des nächtlichen Sichtabstands.

2 Vorüberlegungen zum Thema Sichtabstand

Es ist problematisch, von dem Sichtabstand zu reden, da es einen einheitlichen, für unterschiedliche Bezugsobjekte, Personen und Situationen gültigen Sichtabstand nicht geben kann. Der Gesetzgeber versucht, die (oder besser gesagt: eine der) Ursache(n) des Sichtabstandes durch bestimmte Mindestanforderungen für die Scheinwerfer festzulegen; die Sichtbarkeit eines bestimmten Bezugsobjekts wird jedoch – gesetzlich kaum festlegbar – durch das Zusammenspiel einer Reihe von Faktoren bestimmt. Hier lassen sich zwei Hauptgruppen trennen:

Gruppe I:

Merkmale auf der REIZSEITE (Bezugsobjekt und Umfeld)

- I.1 Merkmale des Bezugsobjekts (Größe, Reflexionsgrad, Auffälligkeit, Auftretenshäufigkeit, Erwartungswert)
- I.2 Merkmale des Hintergrunds und der Situation (Kontrast, Scheinwerferkonfiguration, Straßenbeleuchtung, Blendungseffekte).

Gruppe II:

Merkmale auf der BEOBACHTERSEITE (Verkehrsteilnehmer)

- II.1 Perzeptiv: Sehvermögen (Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit, Blendungsempfindlichkeit)
- II.2 Motorisch: Reaktionsvermögen (allgemeine und situationsspezifische Reaktionszeiten, grob- und feinmotorische Fertigkeiten)
- II.3 Kognitiv: Auffassungs- und Verarbeitungsvermögen (allgemeine und situationsspezifische Belastbarkeit, Aufmerksamkeitsspanne, subjektive Einschätzung der Sicherheit, Erwartungen, Antizipationen)
- II.4 Motivational-emotional: Aktivationsvermögen (Aktivierungsgrad, Wachheitsgrad, Streßresistenz, Risikobereitschaft).

Es ergeben sich Interaktionsmöglichkeiten innerhalb und zwischen den Gruppen, die eigentlich eine dritte Gruppe bilden. Zudem können weitere externe Faktoren, wie Alkohol oder Drogen, auf manche der hier aufgeführten Unterfaktoren einwirken, die aber nicht Gegenstand dieses Projekts sind.

Um das allgemeine Konzept „Sichtabstand“ zu präzisieren, unterscheidet PADMOS (1986) drei Klassen von kritischen visuellen Elementen für die Verkehrssicherheit bei Dunkelheit, für die der Sichtabstand jeweils getrennt bestimmt werden sollte:

- (a) Objekte auf der Straße ohne Lichter oder zusätzliche Reflektoren: Fußgänger, Radfahrer ohne Licht, liegendegebliebene, unbeleuchtete Fahrzeuge, Tiere, Steine und sonstige unbeleuchtete Hindernisse
- (b) Geometrische Merkmale der Straße: Straßenverlauf, Markierungen, Kreuzungen, Kurvigkeit
- (c) Fahrabstand, Geschwindigkeit, seitliche Position von Fahrzeugen mit adäquater Beleuchtung.

Die vorliegende Untersuchung beschäftigt sich mit dem Sichtabstand von Objekten der Klasse (a) in

Abhängigkeit von bestimmten Einflußfaktoren der Gruppen I.1, I.2 und II.1 aus obiger Klassifikation.

3 Statistiken und Studien zum Zusammenhang zwischen Sehvermögen und Unfällen

Neben der Analyse von BRÜHNING et al. (1978) liefert das Jahrbuch des Statistischen Bundesamtes (1986, Fachserie 8, Reihe 3.3) wichtige Informationen zum Zusammenhang zwischen Sehvermögen und Unfallrate. Vorab muß gesagt werden, daß laut Angaben des TÜV Rheinland (1986) das Verkehrsvolumen für den Überlandverkehr auf Landstraßen bei Nacht lediglich 25 % des Gesamtverkehrsaufkommens von 1986 betrug. Demgegenüber stand jedoch eine erschreckende Zahl: fast jeder zweite (2316 von 5078) auf Landstraßen getötete Verkehrsteilnehmer verunglückte bei Nacht (s. Jahrbuch des Statistischen Bundesamtes 1986, Tab. S. 167). Eine detaillierte Beschreibung des Unfallgeschehens bei Nacht, bezogen auf das Jahr 1985, findet sich bei BRÜHNING et al. (1988).

3.1 Statistische Aussagen zu Unfällen auf Landstraßen

Die folgenden Aussagen beziehen sich ausschließlich auf Unfälle auf Landstraßen außerhalb von Ortschaften im Jahre 1986. Die Statistiken für Unfälle ohne und mit tödlichem Ausgang werden dabei getrennt behandelt. Bei Bearbeitung der Statistiken lagen neuere Daten noch nicht vor, so daß nur eine Auswertung der Statistik von 1986 erfolgen konnte.

- PKW-Insassen
Die meisten Unfälle bei Nacht, nämlich 41 944 von insgesamt 50 905 (also ca. 82 %), fielen in die Kategorie „PKW-Unfälle“. Etwa jeder zweite PKW-Insasse wurde infolge eines nächtlichen Unfalls tödlich verletzt (1596 von 3335).
- Motorradfahrer
Es verunglückten 1986 weniger Motorradfahrer bei Dunkelheit (25 %) als am Tage (74 %); 32 % (196 von 606) aller Unfälle mit Todesfolge, an denen Motorradfahrer beteiligt waren, geschahen bei Nacht.
- Fahrradfahrer
18 % der Unfälle mit Radfahrern geschahen 1986 bei Nacht (1373 von 7402). Nachts gingen

25 % der Unfälle (91 von 360) mit Radfahrerbeitteilung tödlich aus.

- Moped- und Mofafahrer
34 % (1295 von 3758) der Unfälle dieser Kategorie ereigneten sich bei Dunkelheit. Fast jeder zweite tödliche Unfall von Moped- und Mofafahrern (68 von 156) ereignete sich nachts.
- Fußgänger
Die für das vorliegende Projekt wichtigste Kategorie stellt die der Fußgänger dar. Die eine Hälfte der Unfälle mit Fußgängern (1563 von 3075) geschah 1986 bei Nacht, die andere bei Tage (1512). In mehr als zwei Drittel der Fälle (339 von 491) hatte der Unfall für den Fußgänger bei Nacht tödliche Folgen. Dieser hohe Anteil an Unfällen mit Todesfolge ist sicherlich zu einem großen Prozentsatz auf die fehlende passive Sicherheit des Fußgängers zurückzuführen.

Anhand der Daten des Jahres 1982 ermittelten HAUTZINGER & TASSAUX (1987) Risikowerte für Fußgänger (Verunglückte / 10⁶h Verkehrsteilnahme). Sie zogen den Schluß, daß „für Fußgänger die Verkehrsteilnahme bei Dunkelheit mit dem dreifachen Risiko gegenüber der Verkehrsteilnahme bei Helligkeit verbunden ist (Männer: Faktor 3.3; Frauen: Faktor 3.1)“ (S. 478).

Insgesamt – über die fünf Kategorien der Verkehrsteilnehmer hinweg – ereigneten sich 1986 36 % (50 905 von 140 480) aller Unfälle auf Landstraßen bei Dunkelheit. Der Anteil nächtlicher Unfälle an denjenigen mit tödlichem Ausgang betrug 50 %.

3.2 Zusammenhang zwischen Sehvermögen und Unfallrate

Oben genannte Zahlen verdeutlichen einerseits die der relativ niedrigen Unfallrate bei Nacht gegenüberstehenden hohen Risiken bei Dunkelheitsunfällen. Andererseits sagen diese Statistiken wenig über die tatsächlichen Ursachen dieser Unfälle aus: Nacht und Dunkelheit stehen nicht nur gleichbedeutend mit visuellen Informationsdefiziten, sondern sind oftmals auch mit gesteigertem Alkoholverbrauch, erhöhter Müdigkeit, Monotonie und verändertem Tag-/ Nacht- Rhythmus (Aktivierungsniveau) verknüpft.

Die Frage ist, ob sich trotzdem ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Sehdefiziten und Unfallrate bei Nacht belegen läßt.

Die einschlägigen Untersuchungen in der Literatur sind für die Beantwortung dieser Fragestellung nur begrenzt geeignet, da in den letzten 40 Jahren einerseits überwiegend Untersuchungen bzgl. Unfällen bei Tag durchgeführt und andererseits die Zahlen für Tag- und Nachtunfälle häufig nicht getrennt aufgeführt wurden.

Was obige Frage zum Zusammenhang zwischen Sehdefiziten und Unfallrate angeht, so weisen repräsentative Studien (COUNCIL & ALLEN, 1974: 52 000 Probanden; HILLS & BURG, 1977: 17 500 Probanden) – allerdings auf Tagunfälle bezogen – darauf hin, daß bestenfalls für die Altersgruppe über 50 Jahre ein schwacher Zusammenhang zwischen statischer bzw. dynamischer Tagessehschärfe und Unfallrate besteht ($r = .064$). Die Sehschärfe der Probanden erklärt jedoch nicht einmal 1 % der Varianz hinsichtlich der Unfallrate. Der Determinationskoeffizient r^2 liegt nur bei .004. Paradoxerweise liegen für Tagesfahrten viele Studien mit kleinen bis sehr kleinen Stichproben vor, deren Ergebnisse dahingehend interpretiert werden, daß Seh- und Wahrnehmungsdefizite ursächlich mit Unfällen in Verbindung stehen (s. HARMS, 1987).

Dabei dürfte es sich eher um komplexere Vorgänge des Sehens, Interpretierens (des Gesehenen) und situationsgerechten Reagierens handeln und weniger um elementare Defizite der Sehschärfe. So fanden etwa STAUGHTON & STORIE (1977) in einer detaillierten Analyse von 2036 untersuchten Unfällen, daß bei 49 % der Fälle „perzeptive Fehler“ am Unfall ursächlich beteiligt waren.

Tabelle 3.1 gibt eine Übersicht über diese Fehler beim Sehen, Wahrnehmen und Beurteilen.

Perzeptive Fehler (insgesamt)	49 %
– Ablenkung	16 %
– ungenügende Aufmerksamkeit	6 %
– falsche Interpretation	5 %
– „geschaut, ohne zu sehen“ („looked, but failed to see“)	17 %
– falsche Beurteilung von Abstand und Geschwindigkeit	5 %

Tabelle 3.1: Prozent der Unfallverursacher, die perzeptive Fehler gemacht haben (nach HILLS, 1980). Nur perzeptive Fehler, die 49 % der Gesamtfehler ausmachten, werden hier aufgeführt.

Interessant scheint nun eine genauere Analyse des

häufigsten Fehlertyps „geschaut, ohne zu sehen“. HILLS (1980) konnte drei Unterklassen dieses Fehlers identifizieren:

- (a) Elementare Sehfehler beim Fahrer (Kurzichtigkeit etc.)
- (b) Visuelle und perzeptive Defizite beim normal-sichtigen Fahrer:
 - Defizite beim visuellen Suchen und peripherem Sehen
 - Begrenzte Kontrastempfindlichkeit, Sehschärfe, etc.
 - Ungenügende Auffälligkeit des Bezugsobjekts
 - Aufmerksamkeitsdefizite
 - Falsche Erwartungen
 - Probleme beim Interpretieren des Gesehenen
- (c) Physische Behinderungen der Sichtbarkeit und Auffälligkeit:
 - reduzierte Sichtbarkeit durch Dunkelheit, Blendung, Regen, Nebel, etc.
 - verhinderte Sicht durch eigenes Fahrzeug, Mitfahrer oder andere Fahrzeuge
 - Sichtbehinderung durch Straßengeometrie, Objekte am Straßenrand, etc.

Diese Daten zeigen, wie komplex die Zusammenhänge zwischen Sehvermögen bzw. Informationsverarbeitungsprozessen und Unfallrate sind. Es verwundert deswegen nicht, wenn einzelne, sehr elementare Faktoren wie Sehschärfe als Prädiktoren der Bewährung im Straßenverkehr und der Unfallrate wenig geeignet sind.

In einer Studie für den TÜV Bayern stellte VON HEBENSTREIT (1985) dagegen fest, daß bei fast 20 % der Fahrer, die bei Nacht in eine Kollision mit anderen Verkehrsteilnehmern verwickelt waren, eine reduzierte Dämmerungsehschärfe vorlag. Bei 25 % der Fahrer wurde eine starke Blendungsempfindlichkeit festgestellt. Aus einer Untersuchung des TÜV Rheinland (DANNER, 1987) geht hervor, daß bei jedem zweiten nächtlichen Unfall die Fahrer zu spät gebremst hatten, was u. a. auf den Einfluß eines gewissen Überraschungsmoments aufgrund ungenügender Sicht zurückgeführt werden konnte. Auch gaben 14 % von 669 in Nachtunfälle verwickelte Fahrer an, von entgegenkommenden Fahrzeugen geblendet worden zu

sein – eine Zahl, die sich aufgrund des Risikos von Schutzbehauptungen nur begrenzt interpretieren läßt.

Eine ältere Studie von HAZLETT & ALLEN (1968) spricht ebenso für eine partielle Verursachung nächtlicher Unfälle durch Sehdefizite: 87 % der Fahrer gaben an, den Fußgänger beim Unfall „nicht rechtzeitig gesehen“ zu haben. 23 % gaben sogar zu Protokoll, ihn erst nach der Kollision wahrgenommen zu haben. Abgesehen davon, daß hier wieder Schutzbehauptungen in das Befragungsergebnis eingehen können, ist auch fraglich (s. Tab. 3.1), wie viele dieser 87 % bzw. 23 % in die Kategorie „geschaut, ohne zu sehen“ fallen und damit die Fragestellung verkomplizieren. PADMOS (1986) faßte die Ergebnisse von nur drei Studien zusammen, die sich ausführlich mit dem Auftreten kritischer visueller Elemente bei Nachtfahrten beschäftigt haben: Lediglich 27 % von 223 untersuchten Beinahe-Unfällen konnten auf visuelle Defizite aller Art (Blendung, Übersehen von Fußgängern, falsche Einschätzung der seitlichen Position bzw. der Geschwindigkeit des Fahrzeugs) zurückgeführt werden.

Schließlich gehen aus einer Studie von WALTON (1975; zit. nach PADMOS, 1986) zwei interessante Angaben hervor:

- In vielen der untersuchten Fälle hatte die schlechte Sichtbarkeit von Straßenmarkierungen und sonstigen geometrischen Straßenmerkmalen (s. o.) zur Folge, daß der Fahrer seine Aufmerksamkeit zu stark darauf richten mußte, sein Fahrzeug in der Spur zu halten. Geht man davon aus, daß dem Fahrer nur eine begrenzte Kapazität zur Verfügung steht, so könnte die Hinwendung zum Spurhalten des Fahrzeugs dazu führen, daß es zu einem Wahrnehmbarkeitsdefizit in anderen Bereichen (z. B. Wahrnehmung von Verkehrsteilnehmern) kommen könnte.
- Oft gaben die befragten Fahrer an, die Beleuchtung von Objekten des Umfelds habe durch Blendung oder Ablenkung die Fahrfertigkeit beeinträchtigt.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß ein nicht unbeachtlicher Teil der Unfälle bei Tag und bei Nacht ursächlich mit perceptiven Defiziten und Fehlern in Zusammenhang steht. Allerdings bedeutet hier der Begriff perceptiv keineswegs nur Sehvermögen im elementaren Sinne (Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit), sondern bezieht sich hauptsächlich auf komplexe Vorgänge der visuel-

len Informationsverarbeitung (visuelles Suchen, selektive Aufmerksamkeit, Erwartungen hinsichtlich des räumlich-zeitlichen Auftretens bzw. der Identität eines Objekts, Beurteilungsprozesse). Einerseits hat ein individueller Unfall normalerweise mehrere Ursachen: HILLS (1980) hält hier eine Zahl von 15 oder mehr unabhängigen Faktoren für nicht selten. Aufgrund eines einzigen elementaren Faktors (z. B. Sehschärfe) Unfälle treffend vorhersagen zu wollen, scheint deshalb ein bereits zu Beginn zum Scheitern verurteiltes Unternehmen zu sein. Andererseits sprechen jedoch das relative Unterangebot an visuellen Informationen sowie die erhebliche Reduktion der nächtlichen Unfälle als Resultat einer Beleuchtung der Autobahnen (GRAMBERG-DANIELSEN, 1967) bzw. die Statistiken von VON HEBENSTREIT (1985) dafür, daß bei Nacht einfachere und klarere Zusammenhänge zwischen Sehdefiziten und Unfallereignissen aufgedeckt werden können als bei Tage.

Trotzdem sollte versucht werden, in Zukunft auch komplexere Vorgänge des Interpretierens, selektiver Aufmerksamkeitsverteilung, Vigilanz und Verhalten in Streßsituationen – um nur einige zu nennen – mit in Untersuchungen einzubeziehen, um zu besseren Vorhersagen der unfallbedingenden Faktoren zu kommen. Daß dabei aus praktischen wie soziopolitischen Gründen nicht alle diese Vorgänge zum Erwerb der allgemeinen Fahrerlaubnis getestet werden können, schließt nicht aus, daß konkret darüber nachgedacht werden sollte, welche praktikablen Verfahren den üblichen Sehtest effizient und verkehrssicherheitsfördernd ergänzen können. Wie HILLS (1980) bemerkt, sind Unfälle allein schon wegen der großen Anzahl von Entscheidungen, die der Kraftfahrer treffen muß, unvermeidlich.

4 Einflußfaktoren des nächtlichen Sichtabstandes

Bei der Analyse der Einflußgrößen auf den Sichtabstand wird nach der in Kapitel 2 dargestellten Gruppierung vorgegangen.

4.1 Merkmale von Bezugsobjekt und Umfeld

Über einige wohldefinierte Eigenschaften, die die Sichtbarkeit und damit den Erkennungsabstand bestimmter Objekte bei Dunkelheit bestimmen,

liegen Untersuchungen vor, die im folgenden beschrieben werden sollen.

4.1.1 Größe und Helligkeit

HILLS (1976) untersuchte die Merkmale Größe und Helligkeit bei folgenden Objekten: rote Schlußlichter, Scheibe und Fußgänger-Dummy. An dieser Stelle soll lediglich auf drei wesentliche Punkte hingewiesen werden:

- Es besteht bei Logarithmisierung der Variablen eine einfache lineare Beziehung zwischen der Größe, der Leuchtdichte und dem Erkennungsabstand eines Objekts. Die Sichtbarkeit des Scheibenobjekts kann durch folgende Gleichung in Beziehung zu seinem Durchmesser gebracht werden:

$$\Delta L = (1 + (r_m/r))^2 \quad (1)$$

Hierbei ist ΔL der Kontrast zwischen Objekt und Hintergrund (Schwellenwert), r der visuelle Radius (in Winkelminuten) und r_m eine Konstante für bestimmte Bedingungen von Hintergrundleuchtdichte und retinaler Exzentrizität.

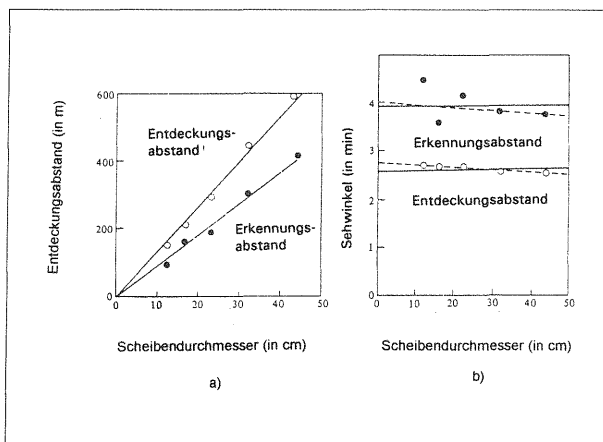


Abbildung 4.1: Sichtbarkeit von Scheibenreizen bei Straßenbeleuchtung:

- Variation des Entdeckungsabstands mit dem Scheibendurchmesser
- Variation des Sehwinkels für zwei Sichtbarkeitsniveaus:
 Straßenleuchtdichte = $0,8 \text{ cd/m}^2$
 Leuchtdichtefaktor der Scheiben = 18 %
 Kontrast = 0,58
 (nach HILLS, 1980, S. 190).

- Aus den Daten der Abbildung 4.1 läßt sich folgende Gleichung zum Zusammenhang zwischen dem Entdeckungsabstand (d) bzw. dem Erkennungsabstand (D ; in m) und dem Durchmesser der Scheibe (X ; in cm) schätzen. Die Gleichung ist aufgrund der zu groben Skalierung der HILLS'schen Daten nur approximativ.

$$\text{Entdeckungsabstand } d = 9,14X - .32 \quad (2)$$

$$\text{Erkennungsabstand } D = 13.7X - 6.1 \quad (3)$$

Die negativen Werte für die Ursprünge auf der Ordinate (die bei perfekter Linearität Null sein müßten) entstehen dadurch, daß für beide Gleichungen die Korrelation leicht unter 1.0 lag, eventuell auch bedingt durch nicht ganz exakte Schätzung. Diese Werte gelten für eine Straßenbeleuchtung von $0,8 \text{ cd/m}^2$, einen Reflexionsgrad der Scheibe von 18 % und einen Kontrast von $-0,58$. Eine Verdoppelung der Scheibengröße von ca. 12 cm auf ca. 24 cm führt also zu einer Vergrößerung des Entdeckungsabstands (d) um 125 m von ca. 175 m auf ca. 300 m. Die gleiche Verdopplung der Scheibengröße führt zu einem Anstieg des Erkennungsabstands (D) um 90 m von ca. 100 m auf ca. 190 m. Wie auch die unterschiedlichen Steigungsparameter der Gleichungen (2) und (3) zeigen, steigt der Erkennungsabstand deutlich schwächer mit der Vergrößerung des Scheibendurchmessers als der Entdeckungsabstand.

- Die Gleichungen (1) bis (3) beziehen sich laut HILLS (1976, 1980) auf höchst optimistische, weitgehend unrealistische Bedingungen, nämlich auf einen Fahrer, der das Bezugsobjekt (und damit seine charakteristischen Merkmale, Form und Farbe) gut kennt, der wachsam und vorbereitet ist, der zum richtigen Zeitpunkt in die richtige Richtung schaut, dessen visuelle Aufmerksamkeit nicht durch Distraktoren (das Bezugsobjekt direkt umgebende ablenkende Reize) beansprucht wird, der nicht unter einem besonderen Streß steht, usw. Die aus den Gleichungen ableitbaren Werte sind somit optimale Obergrenzen; für sicherheitstechnische Vorschriften sind jedoch realistische Untergrenzen erforderlich.

In diesem Zusammenhang ist auch die Untersuchung von SCHMIDT-CLAUSEN (1982) von Interesse, weil sie einen viel schwächeren Effekt der Objektgröße auf den Erkennungsabstand bei Dunkelheit beschreibt als die Studien von HILLS (1976; 1980). Allerdings sind die Ergebnisse von SCHMIDT-CLAUSEN (1982) nur begrenzt interpretierbar: Es gibt so gut wie keine Angaben zur verwendeten Methode (Prozedur, Umweltbedingungen, Operationalisierung des Erkennungsabstands, etc.), und die Mittelwertsunterschiede in den Daten sind nicht durch inferenzstatistische Verfahren abgesichert. Hinzu kommt eine sehr kleine Stichprobe von vier Probanden, was jedoch

durch eine vergleichsweise hohe Anzahl von Einzelmessungen pro Bedingung ($n = 100$) teilweise kompensiert wird. Schließlich schmälern, wie der Autor selbst anmerkt, sehr hohe Varianzen bzw. Streubreiten die Aussagekraft der Mittelwerte. SCHMIDT-CLAUSEN (1982) stellte fest, daß bei einer Verdoppelung der Objektgröße (Reflexionsgrad: 10 %) von 20×20 cm auf 40×40 cm die Mittelwerte (50 %) der Erkennbarkeitsentfernungen von ca. 51 auf ca. 66 m anstiegen. Verglichen mit den oben beschriebenen Daten von HILLS (1976, 1980) für Scheiben mit Durchmessern von 12 und 24 cm ist dies ein verschwindend geringer Effekt.

Angesichts der vielen Faktoren, welche Meßgenauigkeit, Vergleichbarkeit und Interpretierbarkeit dieser Daten einschränken, läßt sich mit einiger Vorsicht folgern, daß der Effekt der Objektgröße auf den Erkennungsabstand bei Dunkelheit unter Umständen gering ist. Die Gleichungen (2) und (3), die, wie betont, Obergrenzen angeben, werden durch die Daten von SCHMIDT-CLAUSEN (1982) nicht bestätigt. Über eventuelle Gründe für die Diskrepanz zwischen den HILLS'schen Daten und denen von SCHMIDT-CLAUSEN zu spekulieren, ist angesichts der fehlenden Angaben zu Methodik und Versuchsbedingungen in letzterer Studie wenig zweckmäßig.

4.1.2 Reflexionsgrad

Die vier einschlägigen, aktuellen Studien zu diesem Punkt stammen von HAZLETT & ALLEN (1968), SCHMIDT-CLAUSEN (1982), SHINAR (1984) und SHINAR (1985). Letztere, wohl informativste Untersuchung wurde bei Dunkelheit (mondlose, aber sternbeleuchtete Sommernacht) auf einer kaum befahrenen, asphaltbedeckten Landstraße (3-km-Abschnitt) mit einem Reflexionsgrad von 6 % durchgeführt. Wurde bei diesen Verhältnissen der Reflexionsgrad der Kleidung eines Fußgängers von 5 % auf 70 % erhöht, so stieg der Entdeckungsabstand bei Dunkelheit leicht, keineswegs aber statistisch bedeutsam, an: Unter beiden Reflexionsbedingungen lag er geringfügig über 100 m. Bei der verwendeten Fahrzeuggeschwindigkeit von 90 km/h reicht dies zwar im Mittelwert aus, um das Fahrzeug noch rechtzeitig zum Halten zu bringen (geschätzter Anhalteweg – 85,5 m), jedoch ist dazu eine Vollbremsung erforderlich. Allerdings würde ein großer Anteil der Fahrer, deren Sichtabstände unterhalb des Mittelwerts lagen, den Fußgänger zu spät entdeckt haben (s. SHINAR, 1985: Abb. 1, Bedingung E1, S. 331). In Übereinstimmung mit HAZLETT & AL-

LEN (1968) und SHINAR (1984) zeigt sich also, daß es für die Sicherheit von Fußgängern auf unbeleuchteten Landstraßen – unter normalen Bedingungen von räumlich-zeitlicher Unsicherheit – wenig effektiv ist, statt dunkler helle Kleidung zu tragen, was die übliche Meinung zu diesem Punkt relativiert (s. z. B. COHEN, 1986, S. 63). Wichtige Effekte ergaben sich allerdings beim Tragen von zusätzlichen Reflektoren („Katzenaugen“), jedoch nur unter der Bedingung, daß die Fahrer genau wußten, daß eine bestimmte Reflektorart das Bezugsobjekt Fußgänger signalisiert (SHINAR, 1985; s. auch Kap. 4.2.5).

Zu anderen Ergebnissen als SHINAR (1985) kommt hingegen SCHMIDT-CLAUSEN (1982), dessen Daten allerdings aufgrund der unter Kapitel 4.1.1 genannten Punkte nur mit Vorsicht zu interpretieren sind. SCHMIDT-CLAUSEN (1982) fand, daß bei einer Verdoppelung des Reflexionsgrades von 10 % (dunkel-grau) auf 20 % (hellgrau) der Erkennungsabstand für ein Test-Bezugsobjekt der Größe 40×40 cm, das auf dem rechten Fahrbahnrand erwartetermaßen auftauchte, von 58 m auf 73 m stieg. Bei Halbierung des Reflexionsgrades auf 5 % sank der Erkennungsabstand auf 25 m. Wird, aufgrund fehlender inferenzstatistischer Angaben, die große Streubreite dieser Daten (bezogen auf den 1 % bzw. den 95 %-Wert der Normalverteilung) berücksichtigt, so ergibt sich, daß der Erkennungsabstand für ein Objekt mit 10 %iger Reflexion zwischen 38 und 100 m liegt und der für 20 %ige Reflexion zwischen 48 und 115 m. Nur für eine Reflexion von 5 % – hier streut der gemessene Erkennungsabstand zwischen ca. 20 und 37 m – ist anzunehmen, daß der Abstand signifikant kleiner ist als bei den anderen Bedingungen.

Daß der Anstieg des Reflexionsgrads eines vergleichsweise großen Dummies um 65 % (SHINAR, 1985) keinen, derjenige eines mittelgroßen Objekts um 15 % (SCHMIDT-CLAUSEN, 1982) aber doch einen bedeutsamen Effekt auf den Erkennungsabstand haben kann, beweist nur, daß zum Thema Effekte des Reflexionsgrads auf den Erkennungsabstand noch weitere Untersuchungen – möglichst unter vergleichbaren, wiederholbaren Bedingungen – durchgeführt werden müssen, bevor verallgemeinerbare Aussagen mit gesetzmäßigem Charakter möglich sind.

4.1.3 Auffälligkeit

Wie HILLS (1980) selbst bemerkt, geben obige Sichtabstands-Gleichungen (1) bis (3), die für iso-

liert dargebotene Objekte bestimmt wurden, wenig Auskunft über die Auffälligkeit („conspicuity“) dieser Objekte. Das realitätsbezogeneres Konzept der Auffälligkeit eines Bezugsobjekts zieht – im Gegensatz zu dem der Sichtbarkeit – vor allem die Merkmale der Hintergrundobjekte und Distraktoren mit in Betracht (Auffallen heißt: sich vom Umfeld abheben).

Hierzu sind zwei Dinge zu bemerken:

- Auffälligkeit ist eine kontextabhängige Größe: ein Objekt kann in der einen Umgebung sehr auffällig sein und in der anderen vollkommen im Hintergrund verschwinden. Es ist somit außerhalb des Labors, zumindest bei Tage, praktisch unmöglich, zu verallgemeinerbaren, quantitativen Aussagen über die Auffälligkeit eines bestimmten Bezugsobjekts zu kommen (s. auch FRANK, 1987). Bei Tage ist die Auffälligkeit eines Bezugsobjekts vor einem bestimmten Hintergrund aufgrund des Überangebots an visuellen Informationen und der Vielfalt der Dimensionen (Farbe, Form, Größe, Bewegung, Musterung, Lage, Auftretenshäufigkeit, Erwartungswert), die zu einer Identifizierung eines Objekts führen können, ein komplexes Problem, mit dem sich die Informationsverarbeitungspsychologie seit langem intensiv auseinandersetzt. Bei Nacht vereinfachen die Verhältnisse das Problem, indem sie die Anzahl der Dimensionen bzw. Merkmale, die ein Objekt auffällig machen können, drastisch einschränken: wie HILLS (1980) schon bemerkt, sind es bei Nacht dieselben Hauptfaktoren, nämlich Kontrast, Größe, Umfeldbeleuchtung und Blendung, die sowohl die Sichtbarkeit als auch die Auffälligkeit eines Bezugsobjekts bestimmen.
- Die Auffälligkeit eines Objekts (etwa durch Reflektoren) schließt allerdings nicht immer aus, daß perzeptive Fehler gemacht und damit eventuell Unfälle verursacht werden: wenn z. B. die Probanden aufgrund ungenügender Vorkenntnis und Erfahrung falsche oder gar keine Assoziationen zwischen dem auffälligen Merkmal und dem dazugehörigen Bezugsobjekt haben (Problem der expectancy oder Erwartungen; s. SHINAR, 1985, s. auch Kap. 4.2.5). Die Kluft zwischen Auge und Gehirn, Sehen und Interpretieren, zwischen dem Aufnehmen und der Weiterverarbeitung von Wahrnehmungsinhalten, zwischen sensorischen und kognitiven Prozessen, spielt hierbei wiederum eine wichtige Rolle. Erst durch systematische Aufklärung und Vor-

bereitung der Verkehrsteilnehmer werden auffällige Objektmerkmale (z. B. Speichenreflektoren) zu verkehrssicherheitsfördernden Elementen (s. STOOVELAAR, 1987).

Da Aufmerksamkeit nicht als ein stabiles, invariables Phänomen angesehen werden kann, betrachten COLE & HUGHES (1984) die Auffälligkeit (conspicuity) eines Objektes nicht einfach als ein Attribut eines Objektes, sondern unterscheiden zwischen attention conspicuity und search conspicuity. Attention conspicuity bezieht sich auf die Eigenschaft eines Objekts, Aufmerksamkeit auf sich zu ziehen, wenn es nicht erwartet wird. Search conspicuity stellt dagegen ein Charakteristikum des Objekts dar, das es ermöglicht, es schnell und zuverlässig durch Suche zu lokalisieren. In einer Felduntersuchung stellten COLE & HUGHES (1984) fest, daß beide Arten der Auffälligkeit in systematischem Zusammenhang standen. Daneben fanden sie, daß Auffälligkeit weder stark vom Reflexionsgrad, noch von der Größe des Objekts abhing. Eine wesentliche Determinante der Auffälligkeit stellte der Winkel dar, mit dem ein Objekt aus der Sichtlinie entfernt aufgebaut worden war (s. auch Kap. 4.2.1).

4.1.4 Auftretenshäufigkeit und Unsicherheit

Die beiden nicht-visuellen Merkmale Auftretenshäufigkeit und Unsicherheit sind ebenfalls wichtig für die Sichtbarkeit von Objekten bei Dunkelheit. Es ist ein allgemeines psychologisches Prinzip, daß Reize mit hoher Auftretenshäufigkeit (bzw. hohem Bekanntheitsgrad) niedrige Erkennungsschwellen besitzen, und zwar sowohl zeitlich als auch räumlich. Verbindet sich der Faktor Auftretenshäufigkeit zudem mit dem Faktor räumlich-zeitliche Sicherheit, d. h. Vorhersagbarkeit von Ort und Zeitpunkt des Auftretens des Zielobjekts, so können erhebliche Veränderungen in den psychologischen Leistungsparametern bewirkt werden.

Über komplexe und oft schwierig operationalisierbare kognitive Prozesse, wie Erwartungen, Aufmerksamkeitsverteilung, Unsicherheit und Antizipationen, kann der Faktor Auftretenshäufigkeit direkt Wahrnehmung und Verhalten beeinflussen, gerade auch im Straßenverkehr. Ein Beispiel dazu: Wer auf der Pariser Stadtautobahn mit 100 km/h fährt und nicht mit dem – sehr seltenen – Ereignis rechnet, rechts von einem sehr dicht ans eigene Fahrzeug herankommenden Motorradfahrer überholt zu werden, der wird ihn auch später sehen als

derjenige, der auf solche Fälle bewußt achtet. Das innerhalb der Verkehrsforschung noch relativ neue und unbeachtete Konzept der Wahrnehmungspriorität wird an dieser Stelle angesprochen (s. STOOVELAAR, 1987). Die hier erwähnten Probleme werden ausführlicher in Kapitel 4.2.5 behandelt.

4.1.5 Scheinwerferkonfiguration

Die bereits zitierte Arbeit von SCHMIDT-CLAUSEN (1982) weist auf einen leichten Einfluß der Scheinwerferbauart (Rechteck- oder 7"-Scheinwerfer) auf den Erkennungsabstand hin: der 7"-Scheinwerfer vergrößerte den Abstand um ca. 15 m gegenüber dem Rechteckscheinwerfer. Die statistische Signifikanz des Effekts ist jedoch fraglich. Zudem ist eher die Verteilung der Lichtintensität als die Bauart der Scheinwerfer ein wichtiger Parameter, verbunden mit der vertikalen Zielrichtung des Scheinwerfers.

4.1.6 Blendungseffekte

SCHMIDT-CLAUSEN (1982) findet für ein Dummy-Objekt mit 10 % Reflexionsgrad, daß sich der Erkennungsabstand mit kleiner werdendem Begegnungsabstand d zu einem entgegenkommenden Fahrzeug verringert und im Bereich von ca. 50 m für einen auf der rechten Fahrbahnseite positionierten Dummy ergibt. Bei einem auf der linken Seite positionierten Objekt sinkt dieser Wert um die Hälfte auf ca. 25 m.

Bekannt ist auch, daß Blendung ebenso über den Rückspiegel negative Effekte auf die Sichtbarkeit von Bezugsobjekten haben kann (OLSON & SIVAK, 1984). Andererseits können entgegenkommende Fahrzeuge auch einen positiven Effekt ausüben, da durch sie Fußgänger als Silhouetten sichtbar werden können (s. FARBER & BHISE, 1975).

4.2 Merkmale des Verkehrsteilnehmers

Dem Ziel des Projekts 8708 entsprechend, werden hier hauptsächlich die unter Punkt II.1 in obiger Auflistung (s. Kap. 2) erwähnten perzeptiven Merkmale analysiert. Eine Ausnahme bildet der Faktor Erwartung, da er im Vorhaben spezifisch untersucht werden sollte.

4.2.1 Zum Zusammenhang zwischen Sehschärfe, retinaler Exzentrizität und Blickverhalten

Bei der Literaturstudie fiel auf, daß auch heute

noch in einer Reihe von Arbeiten zur Verkehrspsychologie von der Vorstellung einer Fovea als einer ca. 2° großen Zone mit homogener Sehschärfe ausgegangen wird. Daraus wird die Auffassung abgeleitet, daß Blickbewegungen dann nötig werden, wenn ein interessantes Objekt außerhalb dieser Zone auftaucht. Diese Vorstellung bedarf einer Korrektur. Wie verschiedene Autoren zeigen konnten (JACOBS (R. J.), 1979; OLZAK & THOMAS, 1986), gilt für photopische Sehbedingungen bis zu einer Exzentrizität von 20° folgende lineare Gleichung für den Zusammenhang zwischen retinaler Exzentrizität und Sehschärfe. Letztere wird dabei mittels genauer psychophysischer Methoden als kleinster noch auflösbarer Winkel r gemessen:

$$r(E) = r(0) (1 + mE) \quad (4)$$

Hierbei ist E die Exzentrizität in Grad, $r(0)$ das Auflösungsvermögen im Zentrum der Netzhaut (in Bogenminuten) und m ein Steigungsparameter, der in Abhängigkeit von der verwendeten Meßmethode und den Beleuchtungsverhältnissen variiert.

Interessanterweise ergibt sich aus dieser linearen Gleichung folgende non-lineare Gleichung, die die Auftretenswahrscheinlichkeit von Refixationen – das sind alle auf die Erstfixation eines visuellen Objektes folgenden Fixationen, die zu Erkennung des Objekts nötig sind – als Funktion des Abstands der Erstfixation von der optimalen Blickposition innerhalb des zu erkennenden Objekts angibt:

$$Y = a + b(X - c)^2 \quad (5)$$

Hierbei sind a , b , und c Parameter, die die Form der U-förmigen Kurve bestimmen und von den Reizbedingungen abhängen (s. McCONKIE et al., 1989; O'REGAN, 1981). Y stellt die Auftretenswahrscheinlichkeit von Refixationen und X den Abstand der aktuellen Fixation von der optimalen Blickposition (meist im Zentrum des Objekts) dar.

Diese Klarstellung ist auch für die Verkehrspsychologie von Bedeutung: das heißt, psychophysisch betrachtet ist es nicht möglich, die Fovea als eine Zone gleichmäßig scharfen Sehens darzustellen, innerhalb derer mehrere visuelle Objekte gleich gut und gleich schnell wahrgenommen werden können. Deswegen ist auch die verbreitete dichotomische Unterteilung des Blickfeldes in Fovea und Peripherie nicht nur vereinfacht (s. COHEN, 1984), sondern unter Umständen irreführend (s. JACOBS, 1986).

4.2.2 Zum Unterschied zwischen statischer und dynamischer Sehschärfe

Es gibt einige Hinweise darauf, daß die Sehschärfe für dynamische Objekte ein besserer Prädiktor der Unfallrate ist als die Sehschärfe für statische Objekte (s. z. B. HILLS & BURG, 1977). MOSER (1979) relativiert diese Aussage: Dynamische Sehschärfe sei keine konstante Größe, sondern hänge – neben den bekannten Faktoren, die auch die statische Sehschärfe beeinflussen – von der Blickrichtung und Geschwindigkeit des Testobjekts ab: bei Bewegung des Objekts in Blickrichtung z. B. scheinen dynamische und statische Sehschärfe gleich gute bzw. gleich schlechte Prädiktoren der Bewährung im Straßenverkehr zu sein.

Weiterhin wird die von HILLS & BURG (1977) getroffene Aussage dadurch relativiert, daß statische und dynamische Sehschärfe-Maße stark miteinander korrelieren (CRANCER & O'NEALL, 1969). Aussagen über Unterschiede in der Prädiktionsgüte von statischer und dynamischer Sehschärfe sind folglich nur dann als zuverlässig zu betrachten, wenn genaue Angaben über Richtung und Geschwindigkeit des Testobjekts sowie Korrelationen zwischen beiden Sehschärfemaßen in der Untersuchung getroffen werden. Solange allerdings nicht einmal die Meßverfahren für statische Sehschärfe standardisiert bzw. neuesten Erkenntnissen und Methoden der visuellen Psychophysik angepaßt sind (s. auch Kap. 4.2.3), ist das Erreichen dieses Zieles in Frage gestellt.

4.2.3 Dämmerungssehschärfe und Kontrastempfindlichkeit

An dieser Stelle ist die Schätzung AULHORNs (1980) von Bedeutung, daß die Dämmerungssehschärfe auf 20 % des Wertes der Tagessehschärfe reduziert ist. GRAMBERG-DANIELSEN (1984) schätzt, daß bei einem für den Straßenverkehr hohen Kontrast von 1:3 die Sehschärfe vom Normalwert 1,0 auf 0,55 sinkt und bei einem Kontrast von 1:1.1 sogar auf 0,08.

Werden AULHORNs Daten für foveal gemessene Sehschärfe in Gleichung (4) eingesetzt, so ergibt sich:

$$r(E) = r(0) (5 + mE) \quad (6)$$

Die Frage ist nun, ob bzw. inwieweit der Steigungs-Parameter m mit der Herabsetzung des Kontrasts variiert. Dadurch könnte abgeschätzt werden, wie stark Wahrnehmungsprobleme bzw. -ausfälle bei Dunkelheit mit steigendem Abstand

der zu erkennenden Objekte vom Blickpunkt des Probanden zunehmen. Bisher scheint dieses Problem jedoch ungelöst zu sein.

Werte der Tagessehschärfe sind dazu verwendet worden, den Erkennungsabstand für ein wohldefiniertes Einheitsobjekt sowie den nötigen Anhalteweg bzw. die zulässige Höchstgeschwindigkeit zu schätzen (COHEN, 1986). Werden COHENs Schätzungen mit obigen Schätzungen bezüglich einer Sehschärfereduktion bei Dunkelheit kombiniert, so ergibt sich z. B. folgende approximative Vorhersage:

Wird nach COHEN (1986) angenommen, der Erkennungsabstand für besagtes Einheitsobjekt betrage bei Normalsichtigen (Sehschärfe = 1.0) 100 m bei Tag, so liegt er laut AULHORN (1980) bei 20 m und nach GRAMBERG-DANIELSEN (1984) bei einem Kontrast von 1:3 bei 55 m in der Nacht. Ein Kontrast von 1:1.1 jedoch würde den Erkennungsabstand bei Dunkelheit nach letzterem Autor auf 8 m schrumpfen lassen.

Für einen Probanden wird in Abhängigkeit von seiner Sehschärfe (s. COHEN, 1986, S. 51) für die Berechnung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit bei Dunkelheit folgende Formel (näherungsweise linear) verwendet:

$$V = (57.6X + 28.6)/5 \quad (7)$$

Demnach ergäbe sich näherungsweise z. B. eine zulässige Höchstgeschwindigkeit bei Dunkelheit von ca. 18 km/h für einen Probanden mit normaler Tagessehschärfe.

Diese Beispiele zeigen deutlich die begrenzte Brauchbarkeit und Kombinierbarkeit von globalen Aussagen und approximativen Schätzungen über Variablen des Sehvermögens für Fragen der Verkehrssicherheit.

Beim Fahren in der Dunkelheit kommt es bei entfernten Objekten weniger darauf an, visuelle Details aufzulösen, als vielmehr die Objekte selbst so früh wie möglich vor ihrem Hintergrund zu entdecken. Deswegen sind obige Schätzungen des Erkennungsabstandes von Bezugsobjekten in Abhängigkeit von der Tagessehschärfe nur begrenzt, wenn überhaupt, für Nachtverhältnisse geeignet. Abbildung 4.2 (VOS, 1967) belegt anschaulich, wie wichtig es ist, sich bei Schätzung der Sehleistung bei Dunkelheit nicht allein auf Sehschärfeuntersuchungen von Probanden zu verlassen.

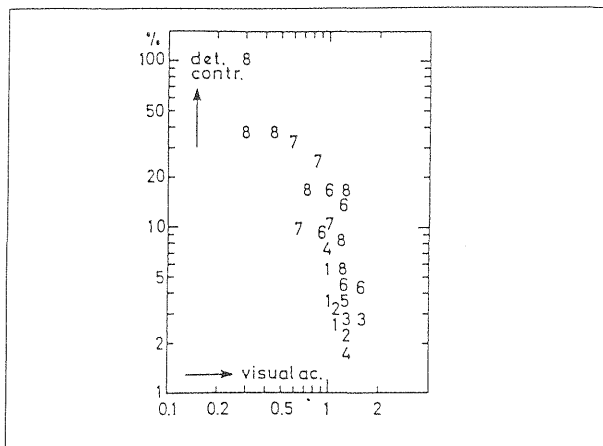


Abbildung 4.2: Beziehung zwischen Kontrastempfindlichkeit und Sehschärfe für Probanden unterschiedlichen Alters. Die Ziffern 1–8 bedeuten die Altersgruppen, z. B. heißt „7“: 70jährige Probanden (nach VOS, 1967, S. 223).

Trotz intensiver psychophysischer Forschung der letzten 20 Jahre auf dem Gebiet der Kontrastempfindlichkeit (z. B. CAMPBELL & ROBSON, 1986; OLZAK & THOMAS, 1986) liegen nur wenig Studien innerhalb der Verkehrspsychologie vor, die sich Methoden und Ergebnisse dieser Forschung zunutze machen. Klassische psychophysische Verfahren zur Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit mittels Sinus-Gitter-Stimuli werden wenig oder gar nicht eingesetzt. Wohl aus praktischen Gründen werden herkömmliche Sehschärfe-Tests (LANDOLT, SNELLEN) benutzt, bei denen lediglich die Hintergrundleuchtdichte variiert wird. Auch die obigen divergierenden Schätzungen der Reduktion der Tagessehschärfe bei Nacht weisen auf den großen Forschungsbedarf zu diesem Thema hin.

Ob Scheiben-Stimuli, Sinus-Gitter-Stimuli oder herkömmliche Optotypen mit verringertem Kontrast für Messungen der Kontrastempfindlichkeit bzw. Vorhersagen der Bewährungen im Straßenverkehr bei Dunkelheit geeignet sind, darüber bietet die Literatur wenig Informationen. Eine Quelle sei erwähnt: SHINAR (1985) findet Korrelationen von $r = .5$ zwischen der Kontrastempfindlichkeit und dem Erkennungsabstand. Die Kontrastempfindlichkeit wurde anhand von SNELLENS E mit variabler Hintergrundleuchtdichte bestimmt, allerdings ohne genauere Angaben zur Methodik – und dem Erkennungsabstand. Dies gilt jedoch nur für dunkel gekleidete Dummies (5 % Reflexion). Bei Benutzung von heller Kleidung (70 % Reflexion) verschwand der Zusammenhang, obwohl unter dieser Bedingung der Erkennungsabstand nicht signifikant anstieg.

Die Frage ist, ob der Zusammenhang bei Benutzung eines anderen Verfahrens zur Messung der Kontrastempfindlichkeit bzw. eines anderen Bezugsobjekts ebenfalls nicht gegeben wäre.

Um dieser Frage nachzugehen, wurde im vorliegenden Projekt versucht, verschiedene Methoden zur Bestimmung der Kontrastempfindlichkeit bzw. Dämmerungssehschärfe einzusetzen (z. B.: Ginsburg-Charts, Mesoptometer).

4.2.4 Sehfeld, Seh- und Wahrnehmungsspanne

Das Thema (nutzbares) Sehfeld hat innerhalb der experimentellen, perzeptiven und kognitiven Psychologie einen ebenso herausragenden Platz wie in der Verkehrspsychologie. Die Vielfalt der theoretischen und methodischen Ansätze hat jedoch zu einer kaum noch überschaubaren und erst recht nicht einheitlich operationalisierbaren Menge von Definitionen geführt. Angeführt seien hier nur Wahrnehmungsspanne, funktionelles visuelles Feld, Aufmerksamkeitsspanne, nutzbares Sehfeld, statische und dynamische Sehspanne, Auffälligkeitszone. Der detaillierten Analyse von COHEN (1984) zu diesem Thema seien folgende Informationen hinzugefügt:

O'REGAN (1979) sowie O'REGAN, LEVY-SCHOEN & JACOBS (1983) und JACOBS (1982; 1986 a, b) unterscheiden zwischen visibility und perceptibility, aus denen sich die variablen Größen Sehspanne und Wahrnehmungsspanne direkt operationalisieren lassen.

– Visibility

Die Sichtbarkeit eines Objekts an einer gegebenen Position innerhalb des Feldes ist die Wahrscheinlichkeit, dieses Objekt richtig zu erkennen, ohne daß irgendwelche Kontextinformationen (Hintergrundinformationen, Wissen um die Reizsituation, räumlich-zeitliche Erwartungen) benutzt werden können. Diese Größe hängt allein von den sensorischen Randbedingungen des Sehens und seinen psychophysischen Korrelaten ab, d. h. im wesentlichen von der Inhomogenität der Netzhaut und damit der Sehschärfe (s. Gleichung (4), Kap. 4.2.1) sowie von der lateralen Inhibition und damit der Konturinteraktion.

– Perceptibility

die Wahrnehmbarkeit eines Objekts an einer gegebenen Position im Feld ist die Wahrscheinlichkeit, dieses Objekt richtig zu identifizieren,

wenn Kontextinformationen aller Art benutzt werden können.

Ein Beispiel aus der Leseforschung soll diese Unterscheidung verdeutlichen. Wird ein bestimmter Buchstabe, dessen Identität der Proband nicht kennt, isoliert an einer nicht vorhersagbaren Exzentrizität (Abstand zum Blickpunkt) kurz dargeboten, so läßt sich seine Erkennungswahrscheinlichkeit sehr genau mit Hilfe von Gleichung (4) (s. Kap. 4.2.1) vorhersagen. Damit ist seine „Sichtbarkeit“ bestimmbar, gewöhnlich quantifiziert als seine „Sehspanne“, d. h. die maximale Exzentrizität, an welcher der Buchstabe noch mit einer Wahrscheinlichkeit von 50 % vor einem gegebenen Hintergrund richtig erkannt werden kann (JACOBS, 1986 b). Wird der gleiche Buchstabe nun an derselben Exzentrizität, aber innerhalb eines (Wort-) Kontextes dargeboten, so steigt die Wahrscheinlichkeit, ihn richtig zu identifizieren, signifikant an; d. h. seine ursprüngliche Sehspanne wird größer zur Wahrnehmungsspanne, weil der Proband Kontextinformation zur Unsicherheitsverringerung nutzen kann. Kognitive Prozesse können also Effekte sensorischer Grenzbedingungen kompensieren. Kontexteffekte können unter Umständen die von den sensorischen Randbedingungen diktierten Grenzen des nutzbaren Sehfelds erheblich verändern.

Es wäre jedoch falsch zu glauben, die Wahrnehmungsspanne sei generell und situationsunabhängig größer als die Sehspanne. Je nach Aufgabe und damit verbundenem „information load“, also kognitiver Beanspruchung in Abhängigkeit von der Informationsdichte und der Aufgabenschwierigkeit, kann auch der umgekehrte Fall eintreten. Es ist deswegen zu empfehlen, vor jeder Untersuchung zum Thema nutzbares Sehfeld nicht nur die Kontextbedingungen eindeutig zu definieren, sondern auch beide Größen (Seh- und Wahrnehmungsspanne) zu quantifizieren, z. B. anhand neuer adaptiver und deswegen ökonomischer Schwellenmeßverfahren (s. JACOBS, 1986 a, b).

4.2.5 Erwartungen, räumlich-zeitliche Unsicherheit und Wissen um Objektidentität

Der quantifizierbare Unterschied zwischen Seh- und Wahrnehmungsspanne leitet über zum Einfluß des nicht-visuellen, kognitiven Faktors Erwartungen (expectancy) auf den Erkennungsabstand von Objekten bei Dunkelheit. Ähnlich wie bei der Sehspanne steht für den Erkennungsabstand bereits seit den 40er Jahren fest, daß er stark von Kon-

textwissen bzw. daraus resultierenden Erwartungen abhängt. Die klassische Studie von ROPER & HOWARD (1938; zit. nach SHINAR, 1985) wies darauf hin, daß der Erkennungsabstand für erwartete Objekte doppelt so groß wie der für unerwartete sein kann. Die aktuellere Untersuchung von SCHMIDT-CLAUSEN (1982) ergab einen Unterschied im Erkennungsabstand von 26 m: ca. 58 m für erwartete, ca. 32 m für unerwartete Objekte. Hierbei war der Erwartungsgrad der Probanden dadurch operationalisiert worden, daß entweder bei jeder oder nur bei einer von mehreren Versuchsfahrten das Objekt tatsächlich auftauchte. Allerdings war den Versuchspersonen in jedem Fall bewußt, um welches Objekt es sich handeln würde.

SHINAR (1985) operationalisierte den Erwartungsgrad über unterschiedliche Grade an räumlich-zeitlicher Unsicherheit hinsichtlich des Auftretens des Bezugsobjekts (rechts, links oder Straßenmitte; zu Beginn oder während der Fahrt) und benutzte als Vergleichsbedingung eine Situation, in der die Probanden nicht wußten, ob das Objekt überhaupt auftauchen würde. Er fand, daß der Erkennungsabstand eindeutig mit dem Niveau der räumlich-zeitlichen Unsicherheit variierte. Wichtigstes Ergebnis war, daß lediglich in der Vergleichsbedingung der Erkennungsabstand für ein dunkel gekleidetes Dummy-Objekt kleiner war als der nötige Anhalteweg. Für die von SHINAR (1985) verwendeten Verhältnisse ist es also, bezogen auf das übliche Sicherheitskriterium Erkennungsabstand minus Anhalteweg > 0 , unwichtig, inwieweit die räumlich-zeitliche Unsicherheit des Fahrers reduziert wird, solange dieser nur weiß, daß er während der Fahrt auf einen Fußgänger-Dummy achten muß.

Die kritische Information, die zu rechtzeitiger Erkennung des Fußgängers führt, besteht anscheinend in der Sicherheit über das Auftauchen eines Fußgängers, weniger in der Sicherheit darüber, wo und wann dieser erscheinen wird. In der kognitiven Psychologie ist dieses Problem der Unsicherheit hinsichtlich der Identität bzw. des Auftauchens oder Nicht-Auftauchens eines Zielobjekts unter den Themen memory-search und visual-search untersucht (z. B. SANDERS, 1987). Es handelt sich um ein allgemeines Prinzip, daß die Leistungsparameter von Probanden als Funktion der Anzahl möglicher Zielobjekte, die entdeckt, erkannt oder lokalisiert werden müssen, darstellen. Oben erwähnte Studien hingegen verwenden immer nur das gleiche – und nur ein einziges – Zielobjekt. Es

war deswegen ein Ziel der vorliegenden Studie, zu versuchen, die Erwartungen der Probanden nicht nur über die zeitlich-räumliche Unsicherheit, sondern auch über die Unsicherheit bezüglich der Identität eines Zielobjekts (d. h. über die Anzahl möglicher Objekte, z. B. Dummy, Radfahrer, Hindernis) zu manipulieren und die Effekte auf den Erkennungsabstand zu untersuchen.

4.2.6 Blendungsempfindlichkeit

Eine ausführliche Darstellung zu diesem Punkt findet sich bei COHEN (1986). DANNER (1987) kommt aufgrund einer Analyse von Unfallstatistiken (Auffahrunfälle) zu folgendem Schluß: Bei 669 ausgewerteten Unfallberichten des TÜV Rheinland gaben 14 % der Fahrer an, von entgegenkommenden Fahrzeugen geblendet worden zu sein. Wie hoch der Anteil von Schutzbehauptungen bei diesen Berichten ist, ist allerdings schwer zu schätzen.

Was die Methodik der Blendungsempfindlichkeitsmessung anbelangt, so empfiehlt es sich laut OLSON & SIVAK (1984), nicht nur die objektive Blendempfindlichkeit über die Reduzierung visueller Leistungen bei Blendung, sondern auch die subjektive Empfindlichkeit über Skalierung zu quantifizieren (s. auch PULLING et al., 1980). Da in dieser Untersuchung die Probanden bereits bei objektiv schwachen Blendungsintensitäten starkes Unwohlsein empfanden – und zwar bei Blendungsdauern von drei Minuten – und dieses subjektive Erlebnis eventuell direkt Verkehrsverhalten beeinflussen kann, liegt hier ein potentiell wichtiger, aber noch wenig untersuchter psychologischer Einflußfaktor vor: Erlebte bzw. psychologische Blendung oder Unbehaglichkeitsblendung (discomfort glare). Letztere sollte immer kombiniert mit Messungen der objektiven bzw. physiologischen Blendempfindlichkeit (disability glare) bestimmt werden. Da in der vorliegenden Untersuchung auf eine Blendung im realen Feld aus Sicherheitsgründen verzichtet werden mußte, erfolgte keine Messung der subjektiven Blendungssensitivität.

4.2.7 Lebensalter

Der Einfluß des Lebensalters auf Sehschärfe, Kontrastempfindlichkeit und Blendungseffekte ist häufig untersucht worden. Im allgemeinen wurden deutliche Leistungsminderungen mit steigendem Alter hinsichtlich dieser visuellen Merkmale gefunden (s. Abb. 4.2; COHEN, 1986; HARMS, 1987; KELTNER et al., 1987). Dabei ist häufig unbeachtet

geblieben, daß mit steigendem Lebensalter eventuell weniger die rein visuo-sensorischen Leistungsparameter abnehmen als vielmehr die kognitiven. Die Ergebnisse der Gerontopsychologie weisen auf verminderte zentrale Verarbeitungskapazitäten (Gedächtnis, Auffassungsvermögen, kognitive Belastbarkeit) bei älteren Menschen hin, die zwar eventuell durch geringere Risikobereitschaft bzw. vorsichtigeres Verhalten im Straßenverkehr teilweise kompensiert werden können, nichtsdestoweniger jedoch bei zukünftigen Untersuchungen innerhalb der Verkehrspsychologie, neben Messungen der Veränderung sensorischer Kapazitäten mit dem Alter, berücksichtigt werden sollten (MÜLLER-LIMROTH, 1987).

Wichtig ist auch eine Empfehlung, die von KELTNER et al. (1987) veröffentlicht wurde: Bei der Erteilung der Fahrerlaubnis für ältere Personen sollte kein Alterskriterium, sondern vielmehr Kriterien hinsichtlich funktioneller Fertigkeiten herangezogen werden, da die altersabhängigen Leistungsveränderungen interindividuell sehr unterschiedlich einsetzen und fortschreiten. Bei Personen über 65 Jahren sollten seiner Meinung nach zudem periodisch (alle 1 bis 2 Jahre) sowohl Sehschärfe- als auch Sehfelduntersuchungen durchgeführt werden.

In vielen Ländern erfolgt eine Prüfung der Eignung von Fahrern in regelmäßigen Abständen. Dabei werden z. T. medizinische Untersuchungen, Wissens- und Straßen-Tests und auch Prüfungen der Sehleistungen durchgeführt. Diese Untersuchungen haben eine screening-Funktion, d. h. es sollen mit ihrer Hilfe Fahrer identifiziert werden, die ein hohes Unfallpotential aufweisen. Es ist jedoch zu fragen, ob die oben erwähnten altersbedingten Verschlechterungen bestimmter menschlicher Funktionen mit einem höheren Unfallrisiko einhergehen oder auf die tatsächliche Fahrleistung bezogen sind.

Einige Programme der Führerscheinverlängerung sind sowohl mit hohem administrativem als auch finanziellem Aufwand verbunden. Verschiedene Untersuchungen (z. B. CHRISTENSEN et al., 1976; KELSEY & JANKE, 1983; KELSEY et al., 1985) fanden jedoch keine Unterschiede bei Verkehrsverstößen oder Unfallzahlen zwischen Fahrern, die ihre Fahrerlaubnis nur auf dem Postweg erneuerten und denen, die sich einer genaueren Untersuchung unterziehen mußten.

ZAIDEL & HOCHERMAN (1986) führten eine umfangreiche Untersuchung der Effektivität eines auf

visuellen und medizinischen Tests basierenden Führerscheinerneuerungsprogrammes für alle älteren israelischen Fahrer ab einem Alter von 65 Jahren durch. Danach wurden nahezu alle Führerscheine erneuert. Fahrreinschränkungen bezogen sich meist auf das Tragen einer Brille beim Fahren. Ca. 7 % der Fahrer mußten aufgrund eines negativen Ergebnisses in dem Sehtestverfahren (statische Sehschärfe) nun eine Brille beim Fahren tragen. Bei einer Befragung einiger der Personen (n = 220), die nur noch mit korrigierter Sehschärfe fahren durften, gaben 12 % an, daß sie nicht mehr fahren (obwohl sie ihre Fahrerlaubnis erneuern ließen). Unter den Personen, die noch fahren, gaben 60 % an, kaum bei Nacht zu fahren.

Bei der Untersuchung von ZAIDEL & HOCHERMAN (1986), die 1980 durchgeführt wurde, machten Fahrer um 65 und älter 3,9 % der israelischen Fahrpopulation aus und waren für 2,7 % der Unfälle mit Verletzungsfolgen verantwortlich. Die Autoren folgerten, daß als Gruppe die älteren Kraftfahrer offensichtlich keine „Bedrohung“ für den Straßenverkehr darstellen. Die Ausgrenzung dieser Gruppe zur Durchführung von Sehtests und medizinischen Untersuchungen, deren Validität für die Verkehrssicherheit umstritten sei, stelle die Führerscheinerneuerungsverfahren in Frage.

Zu ähnlichen Schlußfolgerungen gelangen auch JOO & RÖHRIG (1989). Sie untersuchten das Sehvermögen (u. a. die Dämmerungssehschärfe) von Fahrern (n = 1086) bei allgemeinen Verkehrskontrollen im Raum Köln und stellten fest, daß zwei Gruppen von Kraftfahrern besonders oft über eine herabgesetzte Dämmerungssehschärfe verfügten: die älteren Fahrer (ab 64 Jahre) und die Brillenträger. Gerade diese beiden Gruppen schienen sich ihrer „Defizite“ bewußt zu sein. Sie gaben an, bei Dunkelheit deutlich weniger zu fahren als jüngere Kraftfahrer und Nicht-Brillenträger.

Die Autoren schlußfolgerten (1989, S. 35):

Solange nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden kann, daß visuelle Defizite Einflüsse auf die Zahl der Verkehrsunfälle haben – was nur durch langjährige prospektive Studien an größeren Stichproben von Verkehrsteilnehmern möglich wäre – so lange muß bezweifelt werden, daß ein regelmäßig zu wiederholender Sehtest die Kosten, den administrativen Aufwand und die Einbußen an Lebensqualität – sei es durch den erzwungenen Sehtest als solchen oder durch die Auflagen – rechtfertigt.

Ein weiterer, im Zusammenhang mit dem Einfluß des Lebensalters auf das Unfallgeschehen stehender Aspekt, wird von BRÜHNING et al. (1988) erwähnt. Sie untersuchten sehr detailliert das Unfallgeschehen bei Nacht und stellten u. a. fest, daß im Jahr 1985 der Anteil junger Fahrer (unter 25 Jahre) an Nachtunfällen bei 29,8 % lag. Obwohl diese Gruppe nur wenige Jahrgänge umfaßt, stellte sie 48,6 % aller an Nachtunfällen beteiligten Kraftfahrer. Die Gruppe der 65jährigen und älteren Fahrer stellte nur 1,4 % der an Nachtunfällen beteiligten Fahrer.

Da gerade die Gruppe der jungen Kraftfahrer über ein besseres Sehvermögen als ältere Fahrer verfügen soll, läßt sich ein direkter Zusammenhang zwischen Sehleistungen und Unfallereignis um so mehr in Frage stellen.

5 Abschließende Bemerkung

Wie COHEN (1986) es formuliert, ist bei Tagfahrten der Engpaß, der zu Unfällen führt, das Gehirn, bei Nacht jedoch das Auge. Die Ergebnisse der vorliegenden Literaturstudie weisen darauf hin, daß dies vereinfacht ausgedrückt ist. Auffälligstes Resultat stellen sicher die komplexen Interaktionen – auch bei Nacht – zwischen Gehirn und Auge, zwischen kognitiven Prozessen (z. B. Erwartungen) und visuo-sensorischen Faktoren (z. B. Reflexionsgrad) dar, die es berechtigt erscheinen lassen, den Sichtabstand bestimmter Bezugsobjekte nicht nur an der Dämmerungssehschärfe der Probanden, sondern auch – wie in dem Vorhaben des Projektes 8708 geplant – an deren Erwartungen bzw. Antizipationen zu relativieren (s. SHINAR, 1985).

Der Engpaß Auge – und das bedeutet in dem vorliegenden Projekt vor allem die Dämmerungssehschärfe – scheint nur unter ganz bestimmten Bedingungen, die oft notwendigerweise im Experiment vereinfacht und teilweise realitätsfremd sind (SCHMIDT-CLAUSEN, 1982), einen Teil der Varianz hinsichtlich des Sichtabstandes zu erklären (SHINAR, 1985). Diesen experimentellen Ergebnissen stehen beunruhigende Statistiken gegenüber, die die Variablen Dämmerungssehschärfe, Blendungsempfindlichkeit und Alter als Ursache für Dunkelheitsunfälle wahrscheinlich machen. Die Gründe für diese Diskrepanz zwischen experimenteller Forschung und statistischen Schlußfolgerungen gilt es, in der nun darzustellenden Untersuchung herauszuarbeiten.

Teil II: Laboruntersuchungen

1 Einleitung

Für das Führen eines Kraftfahrzeuges bei Dunkelheit ist das mesopische Sehvermögen von entscheidender Bedeutung, d. h. der Fahrer muß relativ schwache Helligkeitsunterschiede so früh wie möglich erkennen. In den Anforderungen für Führerscheinbewerber wird jedoch nicht das mesopische Sehen getestet, sondern lediglich die Tagessehschärfe. Werden allerdings die Ergebnisse, z. B. des TÜV Bayern (1986), betrachtet, nach denen bei jedem fünften Fahrer, der beruflich Personen oder Güter beförderte und in einen Unfall verwickelt war, eine stark reduzierte Dämmerungsehschärfe festgestellt wurde, so stellt sich die Frage, inwieweit eine Untersuchung der Tagessehschärfe für Führerscheinbewerber allein ausreicht.

In den Laborversuchen wurden daher verschiedene Sehleistungsparameter der Versuchspersonen (Vpn) erhoben:

Neben dem Sehtest für die Überprüfung der Tagessehschärfe, die mit dem TITMUS-Vision-Tester (1977) vorgenommen wurde, wurde eine Untersuchung der Dämmerungsehschärfe mit dem Mesoptometer II nach AULHORN und REINER (1988) durchgeführt. Außerdem wurde die Kontrastempfindlichkeit mit dem VISTECH-Kontrastempfindlichkeits-Testsystem, Modell 6500, Ginsburg-Charts (GINSBURG, 1984), gemessen.

Die statistische Auswertung der Ergebnisse erfolgte für die Labordaten über das Statistikprogramm StatView (V1.0, MACINTOSH) mit Hilfe von Produkt-Moment-Korrelationen. Zum besseren Verständnis der Ergebnisse sei darauf hingewiesen, daß bei einseitiger Testung eine Irrtumswahrscheinlichkeit von 5 % für die Korrelation $r = -.425$ unterschritten wird. Das negative Vorzeichen verdeutlicht dabei die grundlegende Hypothese, daß mit zunehmendem Lebensalter die Sehleistung abnimmt.

2 Versuchspersonen

Da es Hinweise in der Literatur (z. B. AULHORN & HARMS, 1970; VOS, 1967; OWSLEY & SLOANE, 1987) auf die Verschlechterung des Sehvermö-

gens mit zunehmendem Lebensalter gibt, wurden sowohl für die Laborversuche als auch für den Feldversuch zwei Versuchspersonengruppen mit jeweils $n = 8$ Personen ausgewählt. In der einen Gruppe lag das Durchschnittsalter bei 52,7 Jahren (min. 50, max. 60), in der anderen bei 26,6 Jahren (min. 24, max. 30). Die beiden Gruppen setzten sich aus jeweils vier Frauen und vier Männern zusammen.

Auswahlkriterien waren für beide Gruppen der Führerscheinbesitz (Klasse 3) seit wenigstens fünf Jahren und eine Tagessehschärfe von mindestens 0,7 im Vision-Tester (gemäß den Anforderungen für Führerscheinbewerber).

Allgemein muß allerdings darauf hingewiesen werden, daß es sich aus folgenden Gründen um eine selektive Stichprobe handelt:

- Es sollten gleich viele männliche und weibliche Kraftfahrzeugführer in beiden Altersgruppen untersucht werden.

Der Anteil älterer Frauen in der Bevölkerung, die einen Führerschein besitzen, ist im Vergleich zu gleichaltrigen Männern bedeutend geringer. In dieser Hinsicht ist die Stichprobe der Frauen in der vorliegenden Untersuchung selektiv.

- Da den Teilnehmern die Nordschleife des Nürburgrings als Rennstrecke vertraut war, ist davon auszugehen, daß nur Personen sich zur Teilnahme bereit erklärten, die von ihrem fahrrischen Können auch bei Nacht überzeugt waren.
- Außerdem ist davon auszugehen, daß keine Personen sich freiwillig für die Untersuchung zur Verfügung stellten, die an sich Sehdefizite bei Nachtfahrten wahrnehmen.

3 Vision-Tester: Tagessehschärfe

3.1 Beschreibung des Testgerätes

Bei dem TITMUS-Vision-Tester handelt es sich um ein stereoskopisches Präzisionsgerät zur Messung der visuellen Leistungsfähigkeit bei Tageslicht. Das amerikanische Gerät wurde laut Hersteller entwickelt, um mit möglichst geringem Zeitaufwand diejenigen Mitglieder einer Population zu selektieren, deren Tagessehschärfe unter dem Durchschnittsstandard liegt. Dabei weisen die Vertreter ausdrücklich darauf hin, daß der TITMUS-Vision-Tester lediglich Leistungsmaße beim

Sehen liefert, bei auftretenden Defiziten aber keine diagnostischen Aussagen erlaubt, d. h. sich nicht mit der jeweiligen Ursache des Defizits beschäftigt.

Der TITMUS-Vision-Tester ist leicht transportabel und vor Ort einsetzbar. Bei der Messung der Sehschärfe kann der Proband sowohl stehen als auch sitzen. Im Fall unserer Untersuchung stand das Gerät auf einem Tisch, die jeweilige Versuchsperson saß vor dem Testgerät.

Die einfache Bedienung erlaubte eine Testzeit von nur ca. 5 min pro Person.

Es können zwei Testtypen durchgeführt werden: ein Nah- und ein Ferntest. Beim Ferntest werden die Sehzeichen in einer Entfernung von 6,096 m, beim Nahtest in einer Entfernung von 0,36 m dargeboten. Zusätzlich wird eine dem natürlichen Sehen entsprechende Sehwinkeladjustierung vorgenommen. Bei unserer Untersuchung wurde nur die Ferntestversion durchgeführt. Bei dieser werden die Testzeichen in einem Winkel von annähernd 15° unter dem Horizont präsentiert.

3.2 Durchführung

Dem Probanden wurden nacheinander 14 Dias dargeboten. Auf jedem Dia wurden vier Ringe gezeigt, von denen drei unterbrochen (Landolt C) waren und einer geschlossen. Abbildung 3.1 zeigt die verwendeten Testreize für die Fern-Bedingung. Dabei waren die Testreize für das rechte und das linke Auge identisch, so daß angenommen werden kann, daß es zur Verschmelzung zu einem Gesamtbild kam.

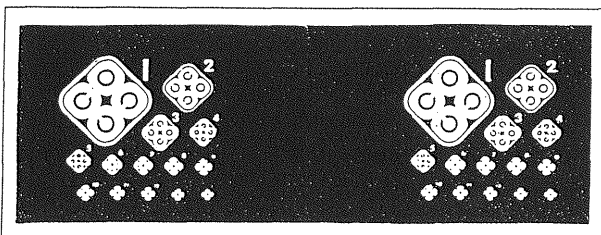


Abbildung 3.1: Testreize des TITMUS-Vision-Testers

Die Aufgabe des Probanden bestand darin, jeweils den vollständigen (nicht unterbrochenen) Ring zu entdecken und dessen Position zu benennen. Als Positionen des zu entdeckenden Ringes kamen oben, unten, rechts und links in Frage.

Die Prozedur wurde beendet, wenn die Versuchsperson zwei aufeinanderfolgende falsche Antworten gab.

3.3 Auswertung

Die letzte korrekte Antwort der Versuchsperson (Vp) wurde in einem Formblatt (s. Anh. A) vermerkt. Die Anzahl der richtig erkannten vollständigen Ringe ergab einen Tagessehschärfewert für die jeweilige Versuchsperson. Eine Umrechnungstabelle für andere, äquivalente Werte befindet sich jeweils am Fuß des Formblattes.

3.4 Ergebnisse

Mit Hilfe des TITMUS-Vision-Testers wurde die Tagessehschärfe der Versuchsteilnehmer bestimmt. Abbildung 3.2 zeigt die Verteilung der Testergebnisse.

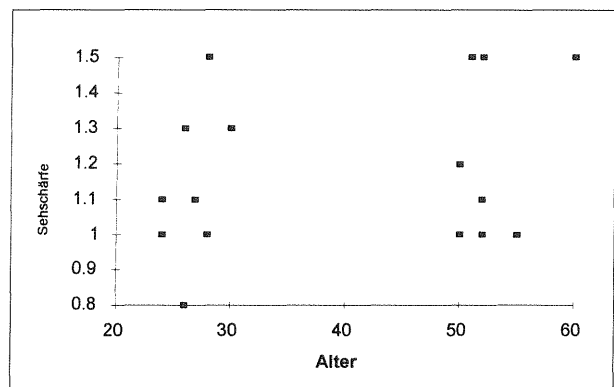


Abbildung 3.2: Verteilung der Meßergebnisse für die Tagessehschärfe in Abhängigkeit vom Alter der Vpn

Anhand der Abbildung wird deutlich, daß lediglich eine Versuchsperson einen Wert unterhalb des Visus von 1,0 aufwies (0,8), damit jedoch immer noch über dem für Führerscheinbewerber festgelegten Kriterium von 0,7 lag.

Auf der Grundlage der untersuchten Stichprobe wurde kein signifikanter Zusammenhang ($r = .264$; n.s.) zwischen den Sehschärfewerten und der Altersvariable festgestellt (s. Anh. A).

4 Mesoptometer: Dämmerungssehschärfe

4.1 Gründe für die Messung der Dämmerungssehschärfe

Mit zunehmendem Alter des Menschen setzt eine Medientrübung ein, die zu einer schnelleren Abnahme der Dämmerungssehschärfe im Vergleich zur Tagessehschärfe führt. Dies gilt besonders bei Blendlichteinwirkung im nächtlichen Straßenver-

kehr. Laut WEALE (1963) überträgt der dioptrische Apparat eines 60jährigen nur noch ca. ein Drittel der Lichtmenge, die das Auge eines 20jährigen überträgt. Es sollte allerdings beachtet werden, daß WEALE (1975) auch als erster darauf hinwies, daß die Abnahme der Sehschärfe mit dem Alter weniger auf Deformationen des dioptrischen Apparats als vielmehr auf einen kumulativen Verlust von Zellen auf verschiedenen Ebenen des visuellen Systems zurückgeht.

Im Gegensatz zur Tagessehschärfe steht bei der Bestimmung der Dämmerungssehschärfe weniger das Auflösungsvermögen im Vordergrund als das Erkennen schwacher Kontraste bei gegebenem Adaptationsniveau (Lichtunterschiedsempfindlichkeit). Daher können mit einem Prüfgerät zur Messung der Tagessehschärfe keine Aussagen über die Dämmerungssehfähigkeit gemacht werden. Besonders für die vorliegende Untersuchung war es wichtig, Parameter wie die Dämmerungssehschärfe zu berücksichtigen.

4.2 Testbeschreibung

Bei dem Mesoptometer II handelt es sich um eine Weiterentwicklung des in den sechziger Jahren entwickelten Mesoptometers (AULHORN, HARMS und Fa. OCULUS, 1970; 1988). Nach Angaben der Hersteller ist es möglich, mit diesem Gerät die Dämmerungssehschärfe und die Blendungsempfindlichkeit von Probanden zu prüfen.

Es können acht verschiedene Kontraststufen bei unterschiedlich einstellbaren Umfeldhelligkeiten getestet werden.

Das Dämmerungssehvermögen wird mit und ohne Blendung überprüft, wobei die Stärke der Blendung je nach Umfeldleuchtdichte variiert.

4.3 Durchführung

Nach der schriftlichen Instruktion (s. Anh. A) der Versuchsperson wurde der Versuchsraum völlig verdunkelt. Laut Angaben des Herstellers des Mesoptometers II soll der Proband vor Versuchsbeginn 5 min an die Dunkelheit adaptieren. In unserer Untersuchung wurde als Adaptationszeit 10 min gewählt, da bei älteren Versuchspersonen mit einer längeren Dunkeladaptation gerechnet werden muß. Danach wurde mit dem eigentlichen Testen der Dämmerungssehschärfe begonnen. War der Proband Brillenträger, erfolgte die Untersuchung mit Brille.

Insgesamt wurde die Dämmerungssehschärfe der Probanden unter vier Bedingungen getestet:

- (a) Umfeldleuchtdichte 0,1 cd/m², ohne Blendung
- (b) Umfeldleuchtdichte 0,1 cd/m², mit Blendung
- (c) Umfeldleuchtdichte 0,032 cd/m², ohne Blendung
- (d) Umfeldleuchtdichte 0,032 cd/m², mit Blendung

Für jede dieser Bedingungen wurden Landolt-C-Ringe in acht verschiedenen Kontraststufen dargeboten.

Im Gerät eingestellte Deckzahl	Kontrast (relativer Unterschied zwischen Umfeld und Optotyp)	Landolt-Ring dunkler als Testfeld um...
8	1 : 23	95.6 %
7	1 : 5	80 %
6	1 : 2.7	63 %
5	1 : 2	50 %
4	1 : 1.67	40 %
3	1 : 1.47	32 %
2	1 : 1.25	20 %
1	1 : 1.14	12.3 %

Tabelle 4.1: Die beim Mesoptometer II verwendeten Kontrastverhältnisse (aus: Bedienungsanleitung zum Mesoptometer II, 1988, S. 11, 19; 1 = geringster Kontrast, 8 = stärkster Kontrast)

Die Versuchsperson sollte während der Untersuchung angeben, an welcher der möglichen Stellen sich die Öffnung des Landolt-Ringes befand. Hierbei bestanden folgende sechs Möglichkeiten: oben, unten, rechts oben, links oben, rechts unten, links unten.

In den Bedingungen ohne Blendung (a, c) wurden pro Kontraststufe hintereinander sechs Landolt-Ringe mit unterschiedlichen Öffnungen dargeboten, wobei die Reihenfolge der Ringe für jede Versuchsperson in gleicher Reihenfolge vorher zufällig festgelegt worden war (s. Anh. A). Durch die Zufallsreihenfolge sollte ein Auswendiglernen der Testabfolge verhindert werden. Durch Eindrücken des entsprechenden Drehknopfes wurde der Landolt-Ring durch eine vorgeschobene Blende abgedeckt, so daß der Proband die Drehrichtung nicht verfolgen konnte. Es wurde in allen Bedingungen jeweils bei der Kontraststufe acht begonnen.

In den Bedingungen mit Blendung (b, d) wurde der Landolt-Ring nur in vier Variationen dargeboten – oben, rechts oben, unten, rechts unten –, da die Öffnung zum Blendlicht (linke Seite) hin weitaus schwieriger zu erkennen ist. Um zu vermeiden, daß der Proband direkt nach dem Einschalten des Blendlichts in die Lichtquelle schaut und sich so ausblendet, wurden vorher zwei rote Fixierpunkte dargeboten. Die Versuchsperson wurde gebeten, sich auf das Testfeld zwischen diesen Punkten zu konzentrieren.

Die Bedingungen a und b (Umfeldleuchtdichte $0,1 \text{ cd/m}^2$) wurden nacheinander ohne Pause durchgeführt. Nach einer kurzen Pause zur Erholung des Probanden wurden die Bedingungen c und d (Umfeldleuchtdichte $0,032 \text{ cd/m}^2$) getestet. In den Bedingungen ohne Blendung mußte die Antwort des Probanden nach spätestens 10 sec gegeben werden. War dies nicht der Fall, wurde der nächste Ring gezeigt. In den Blendungsbedingungen bestand keine Zeitbegrenzung.

Konnte die Versuchsperson nach eigener Auskunft die Öffnung des Landolt-Ringes nicht mehr erkennen bzw. war ihre Antwort falsch, wurde zunächst noch ein weiterer Ring dargeboten. War auch dieser für die Versuchsperson nicht mehr erkennbar bzw. nicht korrekt, wurde zur nächsten Bedingung übergegangen.

4.4 Auswertung

Da keine Normtabelle für das weiterentwickelte Mesoptometer II existiert, erfolgte eine Beschränkung auf das bloße Auszählen der pro Kontraststufe richtig erkannten Ringe. Für die Auswertung findet sich lediglich der Hinweis des Herstellers, daß bei der Grunduntersuchung für Führerscheingutachten bei einer Umfeldleuchtdichte von $0,032 \text{ cd/m}^2$ ohne Blendung pro Kontraststufe nur jeweils vier Landolt-Ringe angeboten werden, wovon die Versuchsperson jeweils drei korrekt erkennen soll. Bei diesem Vorgehen werden nur die Kontraststufen 8 bis 5 dargeboten. Die Kontraste 7 bzw. 6 werden als Grenzwerte für Führerscheinklasse 3 bzw. 2 (lt. verkehrsophthalmologischem Ausschuß) angeführt.

Für die Grunduntersuchung bei Dauerblendung werden wiederum vier Landoltringe bei den Kontraststufen 8, 7, 6 und 5 dargeboten, wovon drei pro Stufe richtig erkannt werden müssen. Die Grenzwerte laut verkehrsophthalmologischem Ausschuß bestehen ebenfalls aus Kontraststufe 7 (Führerscheinklasse 3) bzw. 6 (Führerscheinklasse 2).

Da das Ziel der vorliegenden Untersuchung nicht in der Prüfung der Führerscheintauglichkeit lag, sondern in einer Differenzierung zwischen den untersuchten Altersgruppen, wurden die oben dargestellten Kriterien angehoben. In jeder Bedingung wurden die Testreize bei allen acht Kontraststufen dargeboten. Außerdem mußte die Versuchsperson in den Bedingungen ohne Blendung die Öffnung des Landoltringes in allen sechs möglichen Positionen (nicht nur, wie vorgeschrieben, in vier) erkennen.

4.5 Ergebnisse

Mit Hilfe des Mesoptometers II sollte die Dämmerungssehschärfe und die Blendungsempfindlichkeit der Versuchsteilnehmer erhoben werden. Auch hier zeigte sich, entgegen der aus der Literatur abgeleiteten Annahme, keine signifikante Korrelation zwischen der Dämmerungssehschärfe / Blendungsempfindlichkeit und den beiden Altersgruppen (s. Tab. 4.2).

Leuchtdichte	Alter	
	ohne Blendung	mit Blendung
0.1 cd/m^2	$r = -.72$; n.s.	$r = -.05$; n.s.
0.03 cd/m^2	$r = .107$; n.s.	$r = .059$; n.s.

Tabelle 4.2: Zusammenhang zwischen Dämmerungssehschärfe, Blendungsempfindlichkeit und Alter (Produkt-Moment-Korrelation)

Die sehr niedrigen Korrelationen sind sicherlich auch zum Teil auf den geringen Stichprobenumfang zurückzuführen. Allerdings war unter den gegebenen Rahmenbedingungen (hoher Zeit-, Kosten- und Personalaufwand) eine umfangreichere Erhebung nicht möglich.

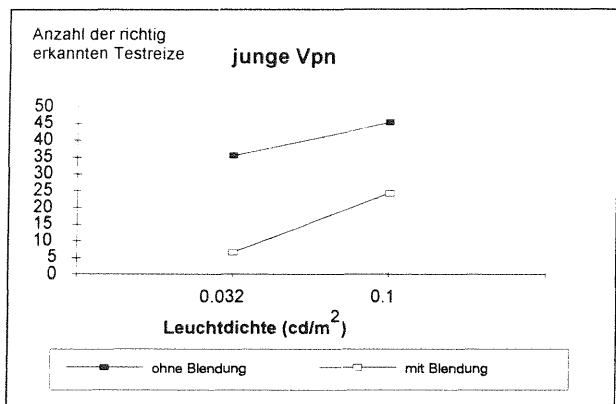


Abbildung 4.2: Meßwerte für die Dämmerungssehschärfe und Blendungsempfindlichkeit in Abhängigkeit vom Alter für die Gruppe der jungen Vpn

Die Abbildungen 4.2 und 4.3 stellen die unterschiedlichen Meßergebnisse für die beiden Altersgruppen für die Dämmerungsempfindlichkeit, gemessen mit dem Mesoptometer II, dar.

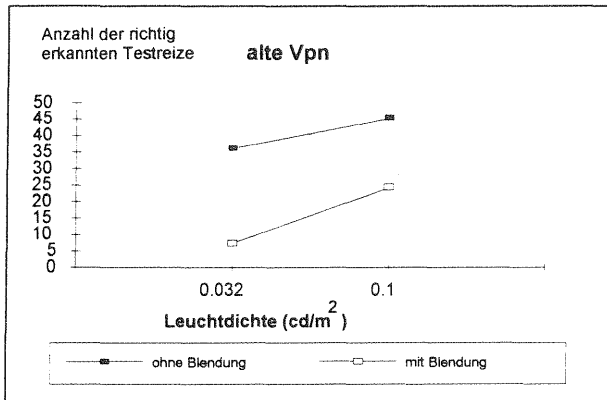


Abbildung 4.3: Meßwerte für die Dämmerungssehschärfe und Blendungsempfindlichkeit in Abhängigkeit vom Alter für die Gruppe der alten Vpn

Dies ist insbesondere für die Bedingung mit Blendung überraschend, da aufgrund der altersbedingten Linsenrübung die Streuung des Lichts im Auge zunimmt und somit zu erhöhten Blendungseffekten führen sollte (s. Kap. 4.1).

5 Ginsburg-Charts: Kontrastempfindlichkeit

Das Führen von Kraftfahrzeugen in der Dunkelheit stellt besondere Anforderungen an das visuelle System des Fahrzeugführers. Die reduzierten Beleuchtungsverhältnisse erlauben in der Regel keine Differenzierung von Detailinformationen. Deshalb ist besonderes Gewicht auf die Fähigkeit des Fahrzeugführers zur Differenzierung bloßer Helligkeitsunterschiede zu legen. Genau hier setzt die Kritik an traditionellen Sehtests an, bei denen allein die Fähigkeit zur Detailanalyse untersucht wird: Bei den Landolt-Optotypen z. B. muß die kleine Öffnung in einem Ring entdeckt werden (Landolt C).

Wie GINSBURG (1986, S. 35 ff.) ausführt, sind die Standarduntersuchungen sensitiv für die visuelle Sehschärfe, nicht aber für die Fähigkeit zur Analyse von Helligkeitsunterschieden. Daraus ergibt sich, daß die gezielte Variation von Helligkeitsunterschieden bei der Untersuchung des visuellen Systems eines Fahrzeugführers entscheidende zusätzliche Informationen zu liefern verspricht. Als Optotypen werden aus diesem Grund Sinusgitter,

also helle und dunkle Streifen mit festgelegtem Abstand, präsentiert (Ginsburg-Charts). Der theoretische Hintergrund dieses Vorgehens wird im folgenden beschrieben.

5.1 Theoretischer Hintergrund

Die Informationsaufnahme und -verarbeitung im visuellen System des Menschen wird in der modernen Psychophysik als ein Prozeß der Ortsfrequenz-Analyse modelliert (z. B. GINSBURG, 1986). Ausgangspunkt für diese Betrachtungsweise waren zum einen physiologische Befunde zur Erregungsausbreitung im visuellen Cortex (MAFFEI & FIORENTINI, 1973), zum anderen die Theorie linearer Systeme und deren Transformationsformalismen (z. B. GASKILL, 1978).

Der Grundgedanke des Modells der Analyse von Ortsfrequenzen zur Erzeugung visueller Information läßt sich am besten in Analogie zur Funktionsweise des menschlichen Gehörs verstehen. Dieses Sinnesorgan erhält als Input Luftschwingungen, die über das Trommelfell und die Gehörknöchelchen zur Schnecke vermittelt werden; in diesem Organ befindet sich, umgeben von einer Flüssigkeit, die Basilarmembran mit den Sinneszellen (sog. Haarzellen).

Für den Analogieschluß entscheidend ist die Tatsache, daß diese Haarzellen frequenzspezifisch reagieren; die auf die Flüssigkeit übertragene Druckwelle wandert mit zunächst steigender Amplitude an den Haarzellen entlang und baut sich vor dem runden Fenster am Ende der Schnecke wieder ab. Je nach Frequenz des Inputsignals erreicht diese Welle ihr Maximum auf der Höhe jeweils spezifischer Haarzellen, die dann erregt werden und die Frequenzinformation durch ihre Erregung repräsentieren (Einortstheorie, vgl. z. B. SCHMIDT, 1973).

Beim visuellen System des Menschen werden die Inputsignale von den Zellen der Retina aufgenommen und über den Sehnerv, das Chiasma Opticum und die lateralen Kniehöcker zum gestreiften Cortex (Area 17) übertragen. Dort befinden sich Detektorzellen mit einer maximalen Sensibilität für bestimmte Hell-Dunkel-Abstufungen, die auch als ortsfrequenz-spezifisch eingestellte Kanäle des visuellen Systems bezeichnet werden.

Mit dieser Bezeichnung wird die Verbindung zur Theorie linearer Systeme gezogen, die eine Beschreibbarkeit jedes Systeminputs durch eine Linearverknüpfung von Sinuskurven postuliert (Prin-

zip der Fourier-Analyse, d. h. Annäherung an eine beliebige Zielvorgabe durch immer höherfrequente Sinusschwingungen). Unbekannte Reize können somit systematisch beschrieben werden.

Demnach findet bei der visuellen Informationsverarbeitung in mehreren voneinander unabhängigen Kanälen mit je spezifischer Bandbreite eine Inputbeschreibung statt. Diese Transformation von Helligkeitswerten in ortsfrequenzbezogene Repräsentationen wird anschließend zu einer komplexen Wahrnehmung integriert.

5.2 Testmaterial

Als Testmaterial zur Bestimmung der individuellen Kontrast-Sensitivitäts-Funktionen dienen die von GINSBURG (1984) vorgestellten Sehtafeln, die als Optotypen Sinusgitter-Stimuli enthalten.

Ein Ginsburg-Chart enthält 57 kreisförmige Testreize (Durchmesser 7,62 cm) in einer Anordnung von sechs Zeilen mit je acht Testflächen und je einer vorangestellten Probefläche. Darunter befinden sich zentriert die drei übrigen, ebenfalls als Proben dienenden, Flächen. In diesen Flächen sind jeweils Streifenmuster abgebildet, deren Ortsfrequenz, Kontrast und räumliche Orientierung systematisch variieren. Die Ortsfrequenz (Häufigkeit des Wechsels von hellen und dunklen Streifen auf einer vorgegebenen Fläche, also Zyklen pro Grad) nimmt für jede neue Zeile zu (1,5, 3, 6, 12, 18 Zyklen pro Grad des visuellen Feldes), die Orientierung jedes Musters beträgt 15°, 0° oder -15° in zufälliger Abfolge. Die Kontrastwerte der Testreize variieren ebenfalls zufällig zwischen Nullkontrast und Kontrasten knapp über bzw. unter der Sehschwelle in Stufen von 0,1 logarithmierten Einheiten.

5.3 Durchführung

Die Ginsburg-Charts wurden in der vorgeschriebenen Entfernung von 3,04 m vom Probanden aufgestellt; die gleichmäßige Beleuchtung wurde entsprechend den Instruktionen überprüft und gegebenenfalls korrigiert. Den Versuchspersonen wurden nacheinander drei Tafeln dargeboten. Ihre Aufgabe bestand darin, die Orientierung jedes einzelnen Testreizes zu erkennen.

5.4 Auswertung

Für jeden Probanden wurde pro Zeile jeder Testtafel die Anzahl der richtig erkannten Testflächen festgestellt. Diese Werte wurden auf dem entspre-

chenden Formblatt zur Ermittlung der Kontrast-Sensitivitäts-Funktion eingetragen (s. Anh. A).

5.5 Ergebnisse

Die mit Hilfe der Ginsburg-Charts erhobenen Daten dienen zur Erfassung der Kontrastempfindlichkeit. Dabei zeigte sich, ebenso wie bei den Ergebnissen für die Tagessehschärfe, daß entgegen den ursprünglichen Annahmen die erkennbaren Unterschiede zwischen den älteren und jüngeren Versuchsteilnehmern nicht signifikant waren. Abbildung 5.1 zeigt die gemittelten Meßergebnisse für beide Stichproben (s. auch Anh. A).

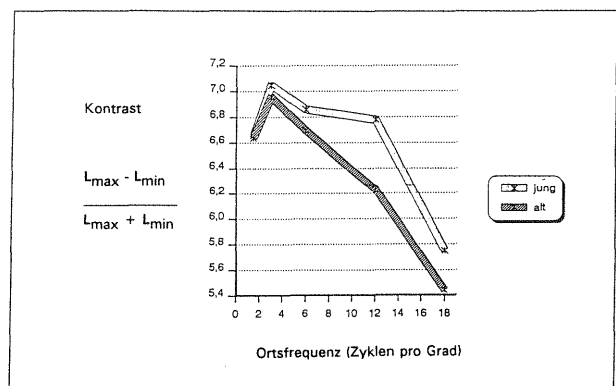


Abbildung 5.1: Mittelwerte für die Kontrastempfindlichkeit über die untersuchten Ortsfrequenzen in Abhängigkeit vom Lebensalter

Dabei wird der Kontrast nach GINSBURG (1984) als die durch die Summe der maximalen und der minimalen Beleuchtung dividierten Differenz der beiden Werte errechnet.

Dabei zeigen sich folgende Korrelationen zwischen Altersgruppe und Ortsfrequenzen:

Ortsfrequenz 1,5 : $r = .045$; n.s.
 Ortsfrequenz 3 : $r = -.099$; n.s.
 Ortsfrequenz 6 : $r = -.134$; n.s.
 Ortsfrequenz 12 : $r = -.423$; n.s.
 Ortsfrequenz 18 : $r = -.135$; n.s.

Aufgrund der von GINSBURG (1984) untersuchten Altersstichproben wäre hier ein Unterschied zwischen den beiden Altersgruppen, vor allem für die niedrigen Ortsfrequenzen, zu erwarten gewesen. Dieser Unterschied trat, wie in Abbildung 5.1 deutlich wird, in der vorliegenden Stichprobe nicht auf. Dieser fehlende Unterschied könnte auf das relativ niedrige Durchschnittsalter der älteren Stichprobe zurückgeführt werden. Allerdings war eine Erhöhung des Durchschnittsalters, wie bereits erwähnt, nicht möglich, da sich ältere Kraftfahrer nicht zu der Untersuchung bereit erklärten. Dabei

zeigte der Verlauf der Einzelwerte eine Abnahme der Sehleistung für höhere Ortsfrequenzen. Dies wird auch für die von GINSBURG untersuchte Eichstichprobe erkennbar. Dagegen zeigte sich diese Abnahme der Sehleistung, im Unterschied zu den Ergebnissen von GINSBURG, nicht für die niedrige Ortsfrequenz von 1,5.

6 Diskussion der Sehtestverfahren

Für alle erhobenen Sehparameter (Tagessehschärfe, Dämmerungsehschärfe, Kontrastsensitivität und Blendungsempfindlichkeit) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der älteren und der jüngeren Versuchspersonengruppe. Im folgenden werden die Ergebnisse in den einzelnen Sehtestverfahren getrennt diskutiert.

6.1 Tagessehschärfe

Lediglich eine Versuchsperson wies einen geringeren Visus (0,8) als 1,0 auf. Dabei lag auch dieser Visus über dem gesetzlich festgelegten Wert von 0,7. Vor dem Hintergrund neuester Forschungsergebnisse (HOHMANN, 1991) muß jedoch davon ausgegangen werden, daß der gesetzlich festgelegte Richtwert von 0,7 unter wissenschaftlichen Gesichtspunkten zu gering ist, um ausschließen zu können, daß „viele Menschen mit nicht optimaler Sehschärfe“ (HOHMANN, 1991, S. 5) am Straßenverkehr teilnehmen. HOHMANN schlägt aus diesem Grund vor, einen Visus von 1,0 zu fordern.

Der fehlende Unterschied zwischen älteren und jüngeren Probanden ist insofern überraschend, da ursprünglich davon ausgegangen werden mußte (z. B. HARMS, 1979), daß ältere Versuchsteilnehmer schlechtere Sehleistungen aufweisen als jüngere. Aber auch neuere Untersuchungen widersprechen der bislang vorherrschenden Annahme einer Verschlechterung der Sehschärfe ab ca. 50 Jahren (z. B. ADAC, 1989). Danach treten deutlichere Unterschiede erst ab einem Alter von 65 Jahren auf.

6.2 Ginsburg-Charts

Auch bei den Ginsburg-Charts zeigten sich keine Unterschiede in den Meßwerten zwischen den beiden Altersgruppen.

Wie bereits in Kapitel 5.5 angedeutet, hätte zumindest mit einem Unterschied im Bereich der niedri-

gen Ortsfrequenzen gerechnet werden können (GINSBURG, 1984). Da dieser nicht eingetreten ist, ist zu erwarten, daß, wenn die Ginsburg-Charts eine Vorhersage der Sehleistungen im Feld erlauben, auch bezüglich der Erkennungsabstände keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Altersgruppen auftreten dürften.

6.3 Mesoptometer

Wie in den anderen Testverfahren wurde ebenfalls bei der Messung der Dämmerungsehschärfe (Mesoptometer II) kein signifikanter Unterschied in den Testwerten zwischen älteren und jüngeren Probanden festgestellt.

AULHORN & HARMS (1970) nehmen an, daß Verschlechterungen des mesopischen Sehens im Alter zum einen durch eine Verminderung des Lichteinfalls ins Auge und bzw. oder zum anderen durch übermäßige Lichtzerstreuung im Auge (Blendung) hervorgerufen werden können. Die Ergebnisse dieser Untersuchung zeigten jedoch keine Unterschiede zwischen den beiden Stichproben in den verschiedenen Bedingungen (mit und ohne Blendung bei einer Hintergrundleuchtdichte von 0,1 und 0,032 cd/m²). Damit konnten die von AULHORN & HARMS (1970) gefundenen Abfälle in der Dämmerungsehschärfe für die vorliegende Stichprobe nicht repliziert werden.

Es ist an dieser Stelle darauf hinzuweisen, daß das von uns verwendete Mesoptometer II eine Weiterentwicklung des ursprünglichen Mesoptometers nach AULHORN & HARMS (1970) darstellt. Die im vorliegenden Versuch festgestellten fehlenden Altersunterschiede bezüglich der Dämmerungsehschärfe könnten somit auch in den unterschiedlichen Testverfahren begründet sein, zumal eine Validierung des Mesoptometer II noch nicht erfolgt ist.

AULHORN & HARMS (1970) versuchten, Normwerte für die Dämmerungsehschärfe für verschiedene Altersgruppen zu ermitteln. Laut verkehrsophthalmologischem Ausschuß muß der Führerscheinbewerber bzw. -inhaber die Kontraste 7 (Kontrastverhältnis 1:5; Führerscheinklasse 3) bzw. Kontraststufe 6 (Kontrastverhältnis 1:2,7; Führerscheinklasse 2) erkennen (s. auch Teil II, Kap. 4.4). Nach AULHORN (schriftliche Mitteilung) können die Normen, ermittelt mit dem ursprünglichen Mesoptometer, auch auf die Weiterentwicklung des Testverfahrens (Mesoptometer II) angewendet werden. Dies ist insofern fraglich, da das Mesoptometer II ein vom Aufbau anderes Gerät (keine Pro-

jektion der Items in den Raum) als das ursprüngliche Mesoptometer darstellt. Zweitens liegt, wie oben erwähnt, noch keine Validierungsstudie zum Mesoptometer II vor. Aus diesem Grunde wurde in der vorliegenden Untersuchung auf die Auswertung unserer Ergebnisse mit Hilfe der Normentabelle des ursprünglichen Mesoptometer zunächst verzichtet.

Bei der Auswertung stand die Frage im Vordergrund, inwieweit dieses Verfahren zur Differenzierung der untersuchten Stichprobe beiträgt. Deshalb wurde das Vorgehen bei der Durchführung des Verfahrens abgeändert. Laut Hersteller soll der Untersucher pro Kontraststufe den Landolt-Ring viermal anbieten, wovon der Stimulus dreimal korrekt erkannt werden muß. Da jedoch sechs verschiedene Stellungen des Ringes möglich sind, wurde das Kriterium angehoben, um das Ziel der Differenzierung zwischen den Altersgruppen möglichst genau untersuchen zu können (s. Teil II, Kap. 4.4). Daß sich selbst für diese erweiterte Testform keine Unterschiede in den Ergebnissen zwischen den Altersgruppen zeigen, spricht für die Zuverlässigkeit der vorliegenden Resultate.

Vorausgesetzt, die untersuchten Sehparameter erlauben eine Vorhersage von Erkennungsabständen bei Nachtfahrten, sollten sich in der Feldstudie keine altersbedingten Unterschiede zeigen.

7 Taskomat-Untersuchung

7.1 Einleitung

Da mit dem hier verwendeten Taskomaten eine im Vergleich zu den Sehtests komplexere Versuchsanordnung gewählt wurde, soll zunächst der Untersuchungsaufbau Taskomat (vgl. BOER, 1985) beschrieben werden. Erst danach folgt eine Darstellung der Intention, die zur Einbeziehung des Taskomaten in die Reihe der Voruntersuchungen führte. Hier wird auch die Bedeutung dieser labor-experimentellen Untersuchungsmethode für die Fahrsituation des Fahrzeugführers erläutert. Abschließend folgt die Darstellung und Diskussion der Ergebnisse.

7.2 Versuchsaufbau

Eine Spurhalteaufgabe (tracking) sowie eine Gedächtnisaufgabe wurden durch einen computer-gestützten Versuchsaufbau (Taskomat) realisiert. Die notwendige Software wurde vom niederländischen Institut for Perception, TNO (Soesterberg),

entwickelt. Während der Untersuchung saßen die Teilnehmer mit ca. 60 cm Sehabstand vor einem Computermonitor TAXAN KX 12. Die rechte Hand bediente einen horizontal beweglichen Hebel, und mit der linken Hand mußte über einen Druckknopf zur Erfassung der Reaktionszeit (response button) auf Zielreize reagiert werden. Für Linkshänder konnte die Anordnung entsprechend verändert werden.

In der Tracking-Aufgabe sahen die Probanden eine unregelmäßig geformte Linie, die sich vom oberen Bildschirmrand in Richtung Bildschirmmitte bewegte. Dort befand sich ein tracking gate, bestehend aus einer 22 mm langen Linie, in deren Mitte sich eine 6,5 mm breite Öffnung (gate) befand. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand darin, die Öffnung durch Manipulation des Hebels auf der Linie zu halten. Dabei war das tracking gate lediglich in horizontaler Richtung beweglich.

Die Geschwindigkeit, mit der sich die Linie vom oberen Bildschirmrand in Richtung Bildmitte bewegte, betrug 2,5 cm/sec. Die Zeit vom Erscheinen eines Linienpixels (ein Pixel entspricht einem Bildpunkt) bis zum Erreichen des tracking gate (preview) betrug 2400 m/sec. Zwei Durchgänge zu je 7 Minuten wurden von jeder Versuchsperson absolviert. Fehlerwerte (Abweichung der Linie vom Zentrum des tracking gate in mm) wurden mit zwei Werten pro Sekunde automatisch aufgezeichnet.

Aus 16 Konsonanten (B, C, D, F, G, J, K, L, M, N, O, P, R, S, T, W, X) wählte das Programm für jeden Durchgang per Zufallsziehung zwei Buchstaben aus, die von den Teilnehmern als Zielreize zu merken waren. Die jeweils verbleibenden Buchstaben fungierten als Distraktoren (irrelevante Konsonanten), die in zufälliger Folge zwischen die Zielreize gestreut wurden. Die Auftretenswahrscheinlichkeit eines Zielreizes betrug .25, wobei im Mittel alle 5,8 sec ein Konsonant im Bild erschien. War der dargebotene Konsonant ein Zielreiz, mußte die Versuchsperson mit der linken Hand den Druckknopf betätigen. Damit wurde die Reaktionszeit der Versuchsperson erfaßt.

Um darüberhinaus eine kontinuierliche mentale Belastung herzustellen, mußte der Proband die Anzahl der dargebotenen Zielreize in jedem Durchgang zählen. So entsteht eine kontinuierliche mentale Beanspruchung, da die Zielreize durch inneres Nachsprechen im Kurzzeitgedächtnis präsent zu halten waren (rehearsal).

Jeder Zielreiz wurde pro Durchgang neunmal dar-

geboten. Treffer (richtiges Erkennen eines Zielreizes), falscher Alarm (fälschliche Identifikation eines Distraktors als Zielreiz) und die Reaktionszeit für die Identifikation eines Zielreizes wurden automatisch registriert.

7.3 Intention der Untersuchungsmethode

Mit dem Taskomaten wurde in die Reihe der Laborversuche eine Methode mit einbezogen, die perzeptive, motorische und kognitive Aufgabenkomponenten innerhalb eines integrativen Ansatzes in ihren Auswirkungen auf das Leistungsverhalten der Probanden untersucht. Im Rahmen der verkehrspsychologischen Forschung stellt der Taskomat somit ein neues Verfahren dar. Durch seine komplexe Aufgabenanordnung ermöglicht er – im Gegensatz zu den verwendeten Sehtests – die gleichzeitige Einbeziehung unterschiedlicher Aspekte des Fahrverhaltens.

Die Aufgabenkomponenten bestanden aus

- tracking,
- Signalentdeckung und -identifikation,
- Gedächtnisaufgabe.

Diese Aufgabenteile mußten simultan von der Testperson bearbeitet werden (simultane Mehrfachaufgabe). Über EDV wurden online die Verhaltensmaße der Person aufgezeichnet.

Eine theoretische Analyse des Verhaltens unter Belastung durch simultane Mehrfachaufgaben ist bereits in zahlreichen Arbeiten der laborexperimentellen Forschung vorgenommen worden (WICKENS, 1976; SANDERS, 1979; WICKENS, SANDRY & VIDULICH, 1983; NAVON, 1984; SANDERS & DONK, 1986; NEUMANN, 1987.). Es liegt also ein gut untersuchtes experimentelles Paradigma der psychologischen Forschung vor.

Durch die Bearbeitung aktuell ausgeführter Handlungen wird zentrale Verarbeitungskapazität (WICKENS, 1984) beansprucht. Darüber hinaus muß Kapazität für die Koordination der unterschiedlichen Aufgaben (MORAY, 1967: task coordination) und für die fortwährende Informationsaufnahme und -verarbeitung (KAHNEMAN, 1973: monitoring) zur Verfügung stehen.

Die realisierten Aufgabenkomponenten weisen dabei Parallelen zur Fahraufgabe eines Fahrzeugführers auf. Simultan zum tracking, als erste Approximation an das Spurhalten, und den damit ver-

bundenen perzeptiven und motorischen Anforderungen müssen ständig weitere Reize aus der Umwelt aufgenommen werden. Diese werden hinsichtlich ihrer Bedeutsamkeit überprüft. So findet ein Baum am Straßenrand gegenüber einem am Straßenrand spielenden Kind wenig Beachtung, während der gleiche Baum an einer Schule Aufmerksamkeit auf sich zieht, da dann eher mit hinter ihm verborgenen Kindern zu rechnen ist. Parallel zu antizipativen informationsverarbeitenden Prozessen (Vorausberechnung eines Kollisionspunktes) müssen Reaktionen vorbereitet oder durchgeführt werden (Bsp.: Fuß vom Gas).

Im Gegensatz zu der Aufgabenkomponente mit hohem kognitiven Anteil (Gedächtnisaufgabe) stellt das tracking eine Aufgabe mit deutlicher motorischer Komponente dar. Perzeptive und motorische Prozesse greifen dabei ineinander (Auge-Hand-Koordination). Ergebnisse der Gerontopsychologie weisen auf ein Nachlassen der exakten motorischen Steuerung (Feinmotorik) mit zunehmendem Lebensalter hin. Deshalb erscheint die a-priori-Hypothese zulässig, für diesen Aufgabenteil keinesfalls eine bessere Leistung der älteren Probanden gegenüber den jüngeren zu erwarten.

In der vorliegenden Untersuchung sollte die Eignung des Taskomaten als diagnostisches Mittel in der Straßenverkehrsforschung betrachtet werden. Wie bereits geschildert, besteht eine strukturelle Analogie zwischen dem Anforderungsprofil einer Fahraufgabe und einer simultanen Mehrfachaufgabe am Taskomaten. Darüber hinaus können für alle Aufgabenkomponenten Verhaltensmaße erhoben werden (s.u. Kap. 7.4).

Die erhobenen Daten sollen daraufhin untersucht werden, ob sie einen Zusammenhang mit den im Feldversuch registrierten Verhaltensdaten aufweisen. Die Betrachtung der externen Validität soll die Repräsentativität des Laborversuches für das Fahrverhalten überprüfen. Darüber hinaus sind über eine interne Analyse differentielle Aspekte hinsichtlich der Unterscheidbarkeit der beiden Versuchsgruppen aufzuklären.

7.4 Ergebnisse

Folgende Verhaltensmaße stehen für die Auswertung zur Verfügung.

– Treffer

Richtig identifizierte Konsonanten des memory sets. Zwei unterschiedliche Konsonanten, die jeweils neunmal in einem experimentellen Durch-

gang dargeboten wurden, ergeben die Zahl von 18 möglichen Treffern.

- **Falscher Alarm**
Fälschlicherweise als Zielreize identifizierte Distraktoren, auf die eine motorische Reaktion abgegeben wird. Es wurden dreimal so viele Distraktoren (54) wie Zielreize dargeboten.
- **Mittlere Reaktionszeit (MRT)**
Als Reaktionszeit wurde die Zeit vom Erscheinen eines Zielreizes bis zum Tastendruck der Versuchsperson am Druckknopf erhoben. Die Reaktionszeit wurde über die Anzahl der Treffer gemittelt.
- **Standardabweichung (STD)**
Als Maß für die Leistungskonstanz der Versuchspersonen wurde die Standardabweichung der MRT berechnet.
- **Mittlere Linienabweichung (root mean square – rms)**
Mit einer Frequenz von 10 Hz wurde die Abweichung der Linie vom Zentrum des tracking gate bestimmt. Jeweils fünf Werte wurden zu einem rms-Wert zusammengefaßt, so daß zwei Meßwerte pro Sekunde anfielen. Für jeden experimentellen Block wurde ein mittlerer rms-Wert (in mm) bestimmt.

Für jede Gruppe liegen die Daten von sieben Personen aus dem Teilnehmerkreis der späteren Feldstudie vor. Die statistischen Auswertungen wurden mit dem Programmpaket SPSS/PC+ (V3.3) vorgenommen.

In Tabelle 7.1 werden die Ergebnisse für die Signalentdeckungsaufgabe für die Experimentalgruppen (jüngere und ältere Personen) abgebildet.

Personengruppe	Reaktionen	davon falsche	Auslassungen	falscher Alarm
jüngere Vpn	252	4	2	2
ältere Vpn	257	7	1	6

Tabelle 7.1: Gedächtnisaufgabe

In Tabelle 7.2 sind die Daten für die beiden Versuchsgruppen hinsichtlich MRT, STD und rms dargestellt. Dazu wurden die Daten aus den beiden Durchgängen zunächst pro Person gemittelt und danach eine Mittelung pro Gruppe vorgenommen. Die Rohdaten sind für beide Durchgänge und Gruppen im Anhang A dargestellt. Die Ergebnisse für jede Variable werden im folgenden getrennt besprochen.

Gruppe	MRT	STD	rms-Wert in mm
jüngere Vpn	713	178	3.3
ältere Vpn	696	210	5.1
DIFFERENZ	17 n.s.	32 n.s.	1.8* p < .05

Tabelle 7.2: Gegenüberstellung der Altersgruppen hinsichtlich mittlerer Reaktionszeit (MRT), Standardabweichung der Reaktionszeit (STD) und mittlerer Linienabweichung (rms-Wert)

7.4.1 Treffer und falscher Alarm

In der überwiegenden Mehrzahl der experimentellen Durchgänge wurden alle Zielreize richtig identifiziert. Drei Personen zeigten je Durchgang eine Auslassung (keine Reaktion auf den Zielreiz). Von diesen Personen stammt eine aus der Gruppe der älteren Versuchsteilnehmer.

Insgesamt acht Teilnehmer verursachten einen falschen Alarm (fälschliches Interpretieren eines Distraktors als Zielreiz), von diesen stammten sechs aus der Gruppe der älteren Teilnehmer (zur Verdeutlichung s. Tab. 7.1). Dies entspricht 2,3 % der Reaktionen bei älteren, und 0,8 % der Reaktionen bei jüngeren Teilnehmern.

252 richtige Reaktionen waren möglich. Durch das Vorhandensein falscher Alarme ist ein Überschreiten dieser Zahl möglich. In Anbetracht der hohen Zahl abzugebender Reaktionen kann die äußerst geringe Zahl der aufgetretenen Fehler auf zufällige Faktoren zurückgeführt werden. Wegen der geringen Differenz vier falscher Alarme muß für beide Personengruppen das gleiche Entscheidungskriterium angenommen werden.

7.4.2 Mittlere Reaktionszeit (MRT)

Aus Tabelle 7.2 ist zu ersehen, daß die Mittelwerte der beiden Stichproben mit einer Differenz von 17 m/sec praktisch unterschiedslos sind. Zur Verdeutlichung kann der Standardschätzfehler für die beiden Mittelwerte berechnet werden (vgl. BORTZ, 1979, S. 114). Für den Mittelwert der jüngeren Personen (713 m/sec) beträgt dieser 58 m/sec, für die älteren Personen (696 m/sec) lassen sich 71 m/sec bestimmen. Aufgrund des sich daraus ergebenden weiten Überschneidungsbereiches aus den beiden Variationsbreiten ist die Mittelwertsdifferenz von 17 m/sec bedeutungslos.

7.4.3 Standardabweichung (STD)

Ein differenzierteres Bild zeigt Tabelle 7.2 hinsicht-

lich der mittleren Standardabweichung. Um die direkte Vergleichbarkeit der Streuungswerte zwischen jüngeren und älteren Versuchsteilnehmern herzustellen, wird der Variabilitätskoeffizient V nach PEARSON (vgl. CLAUSS & EBNER, 1985, S. 96) berechnet. Im Variabilitätskoeffizienten wird der Streuungswert in Prozenten des Mittelwertes der zugehörigen Verteilung ausgedrückt. Hier erreichte die Gruppe der jüngeren Teilnehmer 25 % und die der älteren 30,2 %. Dieser Unterschied wird mit Hilfe eines F-Tests auf statistische Signifikanz geprüft werden.

Da keine a-priori-Hypothesen formuliert werden konnten, wurde zweiseitig getestet. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied ($C = .72$ bei $F_{(.05;6,6)} = .23$). Die Prüfgröße C liegt somit deutlich über dem kritischen F-Wert, so daß der Unterschied zwischen den beiden Streuungsmaßen als zufällig bedingt betrachtet werden muß.

7.4.4 Mittlere Linienabweichung (rms-score)

Hier bestand ein Unterschied von 1,8 mm (vgl. Tab. 7.2) zwischen den Gruppen zugunsten der jüngeren Versuchsteilnehmer, d. h. die ältere Gruppe zeigte gegenüber der jüngeren eine um 54 % vergrößerte Abweichung von der Tracking-Linie. Dieser Unterschied wurde mit Hilfe des MANN-WHITNEY-U-Tests auf seine statistische Bedeutsamkeit geprüft. Die zu testende Nullhypothese lautet: Beide Versuchsgruppen entstammen der gleichen Population mit übereinstimmenden Erwartungswerten. Aus den oben unter Kapitel 7.3 gemachten Ausführungen zur Intention der Untersuchungsmethode läßt sich die Alternativhypothese zweier unterschiedlicher Populationen mit höherem Erwartungswert hinsichtlich des rms-Mittelwertes für die Gruppe der älteren Personen ableiten (einseitige Fragestellung).

Für den Test ergibt sich eine Prüfgröße $U = 10$. Bei einseitiger Fragestellung zeigte sich ein signifikanter Unterschied ($p < .05$). Die Unterschiedlichkeit der beiden Experimentalgruppen im „tracking“ kann somit als statistisch gesichert betrachtet werden.

7.5 Diskussion

Die Ergebnisse der Taskomat-Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Hinsichtlich perzeptiv-informationsverarbeitender Prozesse (Gedächtnisaufgabe) muß von der Unterschiedslosigkeit der beiden Untersuchungsgrup-

pen ausgegangen werden. Werden hingegen motorische Komponenten in die Aufgabe miteinbezogen, ergibt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Experimentalgruppen. Die motorischen Anteile der Gedächtnisaufgabe (Druckknopf betätigen) sind dabei als vernachlässigbar einzustufen.

Gedächtnisaufgabe	tracking
Informationsaufnahme-visuell	Informationsaufnahme-visuell
kognitive Verarbeitung	motorische Steuertätigkeit

Tabelle 7.3: Gegenüberstellung der Aufgabenanteile (s. Text)

Diese beiden Aufgabenteile unterscheiden sich hinsichtlich der Handlungsziele (Identifikation von Zielreizen und Aktualisieren des Gedächtnis-Sets gegenüber Nachführen des tracking gate), die zum einen den kognitiven Verarbeitungsmodus und zum anderen einen kognitiv-motorischen Verarbeitungsmodus (Auge-Hand-Koordination) erfordern.

Eine mögliche Erklärung für die Unterschiedslosigkeit der Leistung beider Versuchsgruppen in der Gedächtnisaufgabe wäre die mangelnde Trennschärfe des realisierten Schwierigkeitsgrades. Es wäre durchaus denkbar, daß bei einer Erweiterung des Gedächtnis-Set auf mehr als zwei Konsonanten auch in der Gedächtnisaufgabe eine Differenzierung zwischen jüngeren und älteren Verkehrsteilnehmern möglich ist. Eine Adjustierung der Gedächtnis-Set-Größe zur Maximierung der Trennschärfe ist jedoch für diese Applikation noch nicht vorgenommen worden und würde eine eigene Versuchsserie erfordern.

Das schlechtere Abschneiden der älteren Versuchsteilnehmer in der Tracking-Aufgabe kann theoretisch zwei Ursachen haben: Zum einen die mangelnde Aufgabenkoordination (KAHNEMAN, 1973: task coordination) von tracking und Gedächtnisaufgabe, zum anderen das Nachlassen der Fähigkeit zur exakten motorischen Steuerung infolge des biologischen Alterungsprozesses.

Es erscheint plausibel, die Erklärung einer mangelnden Aufgabenkoordination zurückzuweisen. Hier findet sich keine Erklärung für selektive Effekte auf das tracking, ohne daß Leistungen des anderen Aufgabenteils (Gedächtnisaufgabe) beeinträchtigt werden. Deshalb wird dies als erster Hin-

weis für Unterschiede in der Exaktheit der motorischen Reaktion interpretiert.

Ob sich dieser Sachverhalt in der Straßenverkehrssituation als verhaltenswirksam erweist, muß durch weitere Analysen geklärt werden. Der Einsatz von Fahrsimulatoren wäre hier denkbar.

Innerhalb der vorliegenden Untersuchung wird versucht, diese Frage mit einem Vergleich der im Feldversuch gewonnenen Daten zu beantworten. Dabei ist ein Zusammenhang zwischen im tracking gemessenen Leistungsverhalten und der im Feldversuch erhobenen Erkennungsabstände nicht zu erwarten.

Die Erkennungsaufgabe weist eher eine Ähnlichkeit mit der Gedächtnisaufgabe des Taskomaten auf: Anstelle zweier Konsonanten müssen drei Typen von kritischen Bezugsobjekten identifiziert werden.

In erster Linie ist jedoch ein Zusammenhang der Tracking-Daten mit dem Geschwindigkeitsverhalten im Feld zu untersuchen. Wenn das tracking externe Validität für Aspekte des Fahrverhaltens beansprucht, dann für den Aspekt des Spurhaltens. Hier würde eine Analyse der Korrekturbewegungen am Lenkrad weiterhelfen. Leider lag die Berechnung eines Abweichungsmaßes für das Spurhalten unter den im Feld realisierten Bedingungen außerhalb des technisch Möglichen.

Aus dieser Schlußfolgerung läßt sich jedoch auch ein kompensatorisches Verhalten der älteren Versuchsteilnehmer in Form einer reduzierten Geschwindigkeit ableiten. An dieser Stelle sei auf die Diskussion der Nachbefragungsdaten (s. Teil III, Kap. 6) hingewiesen, die zu ganz ähnlichen Schlußfolgerungen führt. Deshalb scheint es angemessen, für die Gruppe der älteren Versuchsteilnehmer zumindest nicht mit einer höheren gefahrenen Geschwindigkeit zu rechnen. Eine tiefergehende Analyse dieses Sachverhalts erfolgt in Teil III, Kap. 7.

Teil III: Feldexperiment

Im Rahmen der vorliegenden Feldstudie wurde der Einfluß mehrerer Variablen auf die Erkennungsabstände bei Nachtfahrten auf Landstraßen untersucht. Auf Seiten des Fahrers wurden dabei Alter, perzeptive und kognitive Faktoren erhoben bzw. variiert. Die dargebotenen Stimuli unterschieden sich nach Objekttyp (Radfahrer und Fußgänger),

Reflexionsgrad der Bezugsobjekte und Streckenverlauf.

1 Einleitung

Ziel der Feldstudie war eine Untersuchung möglicher Einflußgrößen auf die Erkennungsabstände bei Nachtfahrten auf Landstraßen. Dabei wurden relativ stabile Variablen der visuellen Informationsverarbeitung erfaßt. Als abhängige Variable diente die Registrierung des Erkennungsabstandes, da nur von diesem auf eine abgeschlossene Identifikation des Bezugsobjektes geschlossen werden kann.

Ausgehend von der Tatsache, daß 90 % der Informationsaufnahme über den visuellen Kanal erfolgt, erscheint es schlüssig, Wahrnehmungsdefizite bei der Analyse von Verkehrsunfällen zu berücksichtigen. Gegen diese Annahme sprechen jedoch empirisch gewonnene Daten, die keinen Zusammenhang zwischen Wahrnehmungsdefiziten und Unfällen aufweisen (z. B. HILLS & BURG, 1977). Problematisch sind diese Studien insofern, als daß sie die Unterscheidung zwischen Tag- und Nachtfahrten außer acht lassen. Diese Differenzierung ist jedoch wichtig, da der Kraftfahrer am Tage einem Überfluß, bei Nacht einem Mangel an visueller Information ausgesetzt ist. Daraus läßt sich schließen, daß elementare perzeptive Faktoren bei Nachtfahrten größere Bedeutung erlangen als am Tage. In Teil II wurden die verwendeten Indizes der Sehleistung beschrieben. Daß perzeptive Faktoren mit dem Lebensalter korrelieren können, wurde auch im Feldexperiment durch den Faktor Alter der Versuchspersonen berücksichtigt.

Zusätzlich fand auf der Fahrerseite der Faktor Erwartung Beachtung. Er trägt dem Umstand Rechnung, daß sich der Erkennungsabstand vergrößert, wenn sich die zeitlich-räumliche Unsicherheit hinsichtlich des Auftretens eines Objektes verringert (HILLS, 1980; SHINAR, 1985; SCHMIDTCLAUSEN, 1982).

Bezogen auf die verwendeten Stimuli, Radfahrer- und Fußgängerattrappen, wurden spezifische Eigenschaften der Objekte selbst und der Meßstrecke variiert. Um den Einfluß des Reflexionsgrades der Kleidung auf den Erkennungsabstand zu ermitteln, wurde die Oberflächenleuchtdichte der Fußgängerattrappen in zwei Ausprägungen gewählt (57,6 % und 4,92 %). Dies entspricht einem Verhältnis von mehr als 11:1. Für die Radfahrer

konnte auf eine solche Variation verzichtet werden, da die gesetzlich vorgeschriebene Beleuchtungseinrichtung (Rücklicht, Reflektoren) des Fahrrades über den Reflexionsgrad der Kleidung dominieren.

Für den spezifischen Einfluß der Streckencharakteristika, kurvige bzw. gerade Streckenabschnitte, wurden die Plazierungen der Stimuli an der Strecke systematisch ausgewählt und variiert.

Im folgenden werden hierfür gewählte Gestaltungskriterien der Versuchsanordnung beschrieben.

2 Gestaltungskriterien der Versuchsanordnung

2.1 Bezugsobjekte

2.1.1 Einleitung

Für die Durchführung des Hauptversuches wurden aus Sicherheitsgründen als Bezugsobjekte Attrappen, sogenannte Dummies, verwendet. Aufgrund der Ergebnisse eines Vorversuches, Hinweisen aus den bisher vorliegenden Forschungsergebnissen und den ausgewerteten Unfallstatistiken wurden für den Feldversuch Dummies von Fußgängern und Radfahrern als Bezugsobjekte erstellt. Dabei wurden je drei helle und drei dunkle Fußgängerdummies, sowie drei Radfahrerdummies benutzt.

2.1.2 Gestaltungsprinzipien der verwendeten Bezugsobjekte

Die Dummies sollten in Größe und Aussehen der Statur eines Erwachsenen gleichen. Für die Fußgängerdummies wurden Vorderansichten gewählt, was dem Erscheinungsbild eines am Straßenrand gehenden, entgegenkommenden Fußgängers entspricht. Darüberhinaus schreibt die Straßenverkehrsordnung diese Art des Gehens am rechten Fahrbahnrand vor. Mit derselben Begründung wurden für die Radfahrer Rückenansichten gewählt.

Die Konstruktion der Dummies sollte folgenden Kriterien genügen:

- Die Dummies sollten erkennbar und eindeutig einem tatsächlichen Bezugsobjekt in Farbe, Größe und Silhouette entsprechen.
- Jeder Dummy sollte einer experimentellen Bedingung eindeutig zugeordnet werden, d. h.

sich zweifelsfrei in den wechselnden Bedingungen Radfahrer/Fußgänger und hell/dunkel unterscheiden.

- Sie sollten den zu erwartenden Durchführungsansprüchen genügen, d. h.:
 - wetterfest bezüglich Feuchtigkeit und Wind
 - standfest auf Rasen und Asphalt
 - leicht transportabel und
 - mit einem Zeitaufwand von wenigen Minuten und einem Personalaufwand von maximal zwei Personen installierbar sein.
- Sie sollten über die verschiedenen Bedingungen und innerhalb jeweils einer Bedingung genormt sein, d. h. die Möglichkeit bieten, Variationen wie helldunkel zu realisieren, in anderen Eigenschaften wie Körpergröße und anatomischen Parametern aber konstant bleiben. Auf die Entsprechung zu realen Personen wurde bei der Konstruktion durch Messungen an erwachsenen Männern Rechnung getragen.

2.1.3 Realisierung der Dummies

Zur Erfüllung der oben genannten Gestaltungsprinzipien wurde jeder Dummy aus einem zweiteiligen Styroporkorpus und einem verbindenden Metallstück konstruiert. Die Bodenbefestigung bestand aus einem schwarz eingefärbten Gasbeton und verbindenden Eisenstangen.

Die technische Konstruktion der Haltevorrichtung wird in Abbildung 2.1 dargestellt.

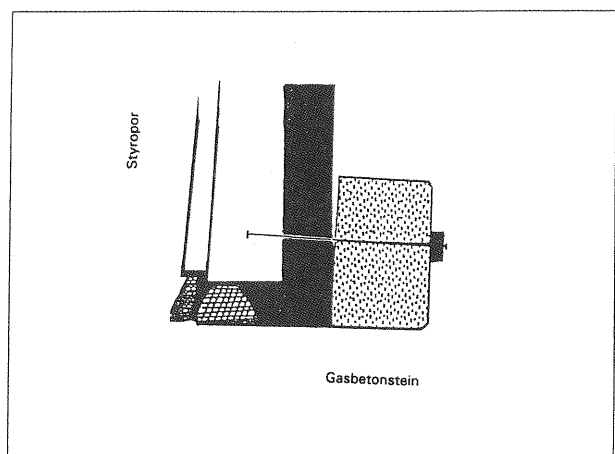


Abbildung 2.1: Technische Konstruktion der Haltevorrichtung

Die Farbe der Dummies wies in der Dunkel-Bedingung einen Leuchtdichtefaktor von 4,92 % auf, in

der Hell-Bedingung dagegen von 57,6 %. Dies entspricht einem Verhältnis von 11,71:1.

Abbildung 2.2 und 2.3 zeigen die Fußgängerat-
trappen in Vorder- und Seitenansicht.

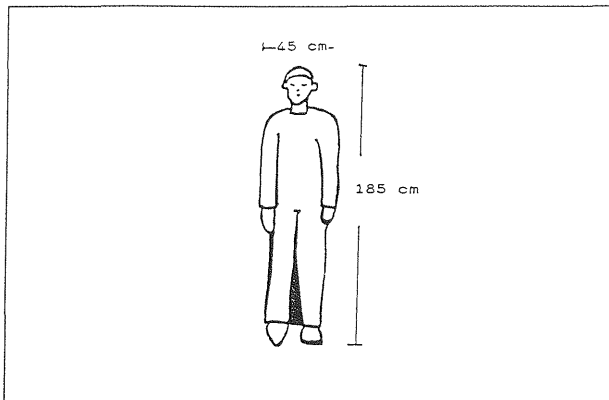


Abbildung 2.2: Vorderansicht des Fußgängerdummies

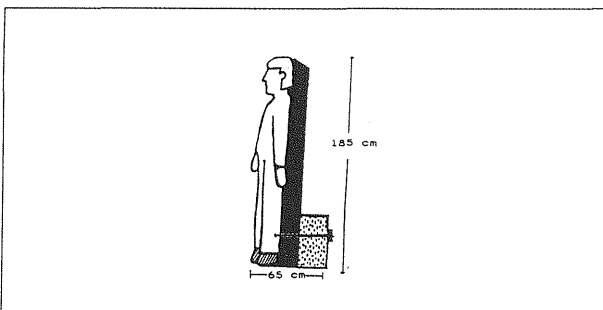


Abbildung 2.3: Seitenansicht des Fußgängerdummies

Die Abbildung 2.4 zeigt eine Photographie des dunklen Fußgängerdummies.

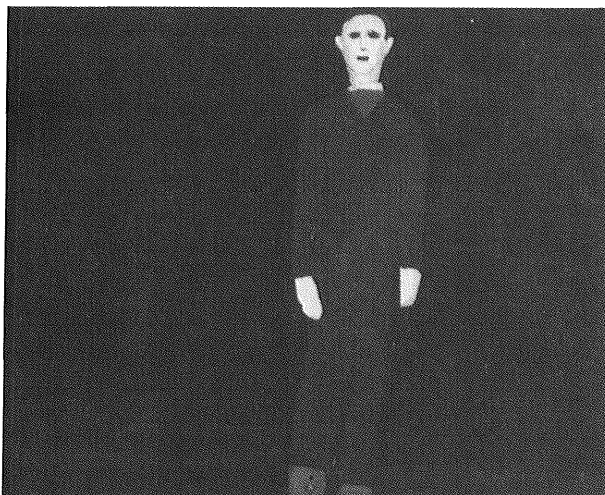


Abbildung 2.4: Photographische Darstellung der Vorderansicht des visuellen Bezugsobjektes Fußgänger, dunkel

Abbildung 2.5 stellt die Konstruktionszeichnung der Radfahrerdummy als Rückenansicht (die der Versuchsperson zugewandte Seite) dar.

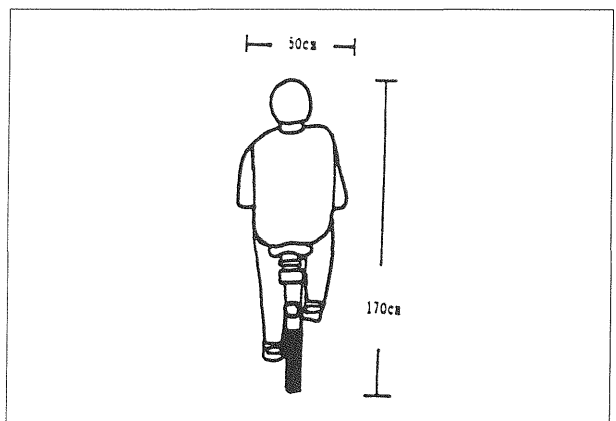


Abbildung 2.5: Radfahrerdummy

Abbildung 2.6 zeigt ein Photo des Radfahrerdummies.

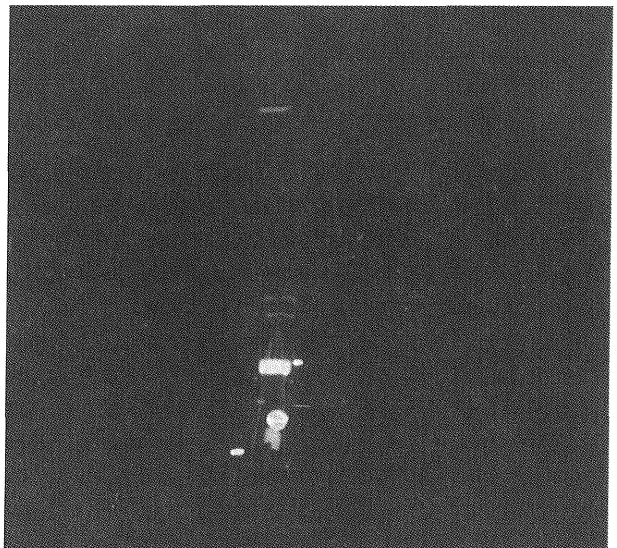


Abbildung 2.6: Photographische Darstellung der Rückenansicht des Radfahrerdummies

2.2 Meßparcours

2.2.1 Einleitung

Der Feldversuch wurde auf der Nordschleife des Nürburgrings durchgeführt. Die Nordschleife liegt in den Höhenlagen der Eifel, unweit der Ortschaften Nürburg und Adenau. Die Auswahl der Strecke fand in Abstimmung mit dem Auftraggeber statt. Die Strecke selbst besteht aus einem Rundkurs mit der Länge von 20,8 km.

2.2.2 Auswahl der Strecke

Ziel der Untersuchung war es, nächtliche Sichtabstände beim Fahren auf Landstraßen zu ermitteln. Um die Sicherheit der Versuchspersonen und die Kontrolle der Versuchsbedingungen zu gewährleisten, wurde die Nordschleife des Nürburgrings –

eine Strecke mit Landstraßencharakter – als Versuchsstrecke ausgewählt. Die Strecke ist in den Nachtstunden der Öffentlichkeit nicht mehr zugänglich. Dies verhinderte Gefährdungen durch andere Verkehrsteilnehmer, zusätzlich diente dieser Umstand sowohl der Kontrolle als auch der Minimierung der Störvariablen, wie z. B. Blendung durch entgegenkommende Fahrzeuge. Darüber hinaus konnten sowohl nichtbeteiligte Dritte als auch die Dummies geschützt werden. Mit der Benutzung der Nordschleife sollten auftretende Lärmbelastigungen gegenüber Anwohnern minimiert werden. Außerdem konnte durch die Entscheidung für den Nürburgring auf die Inanspruchnahme sonstiger Institutionen (z. B. Polizei, Straßenverkehrsämter) aufgrund ansonsten notwendiger Absperrmaßnahmen verzichtet werden, was bei der Benutzung einer öffentlichen Landstraße unvermeidlich gewesen wäre.

Zusätzliche Argumente für die Nordschleife waren das Vorhandensein von Räumlichkeiten sowohl für die Versuchsteilnehmer während des Versuchs, als auch Unterbringungsmöglichkeiten für die Dummies und Reflektoren während der versuchsfreien Zeit.

Abweichungen der gewählten Versuchsstrecke von normalen Landstraßen bestehen insofern, als daß keine Verkehrsschilder zu finden sind. Wie bei einigen Landstraßen auch fehlen zudem die Mittelmarkierungs- und die Seitenbegrenzungslinien. Kurven werden hingegen anders als auf üblichen Landstraßen gekennzeichnet, nämlich durch rot-weiße Markierungen.

2.2.3 Streckenbeschreibung

Die Strecke des Nürburgrings besteht aus einem 20,8 km langen Rundkurs. Die Straßenbreite liegt auf geraden Streckenabschnitten bei 6 bis 7 m. In Kurvenabschnitten und am Start- und Zielpunkt ist sie gelegentlich breiter. Durch die geographische Lage bestehen zwischen verschiedenen Streckenabschnitten zum Teil erhebliche Steigungsunterschiede.

Die 1927 erbaute Strecke dient der Durchführung von Automobilsportveranstaltungen und als Versuchsstrecke für Testreihen aus den Bereichen Fahrzeugtechnik und Straßenverkehr. An veranstaltungsfreien Tagen ist sie für den Publikumsverkehr geöffnet. Der Eigner ist die Nürburgring AG.

Ein vollständiger Streckenplan der Nordschleife Nürburgring befindet sich im Anhang B. Ausschnitte

aus diesem Plan werden in den Kapiteln 2.2.6 und 2.2.7 dargestellt und besprochen.

2.2.4 Allgemeine Auswahl der Meßpunkte

Die Auswahl der als Meßpunkte benutzten Stellen fand im Vorfeld der Untersuchungen anhand des folgenden Kriterienschlüssels statt:

- (a) die berücksichtigten Abschnitte sollten möglichst eben sein
- (b) sie sollten bezüglich der Randbebauung und des Hintergrundes typisch für Landstraßen sein, d. h. keine für Landstraßen untypischen Richtungs- und Verkehrszeichen aufweisen
- (c) sie sollten in ihrer Anordnung genügend Abstand von einem Meßpunkt zum nächsten aufweisen
- (d) für die kurvigen Abschnitte sollten nur Rechtskurven in Betracht gezogen werden, um den Effekt der Kurvigkeit wegen der geringen Anzahl der Meßpunkte kontrolliert untersuchen zu können.

Nach einer Einordnung aller in Frage kommenden Streckenabschnitte anhand der genannten Kriterien durch die Versuchsleiter in eine der drei Güteklassen (gut-mäßig-schlecht) wurden aus der ersten Güteklasse die letztendlichen Meßpunkte nach Kriterium (c) und der durch den Versuchsplan vorgegebenen Abfolge der Variablen Kurvig-Gerade ausgewählt.

2.2.5 Streckencharakteristika

Der Faktor Streckencharakteristik im Hauptversuch wurde in zwei Ausprägungen variiert. Es wurden entweder eindeutig gerade oder kurvige Streckenabschnitte verwendet, um den Einfluß des Streckenverlaufs auf die Erkennungsabstände zu untersuchen. Dabei wurde davon ausgegangen, daß die Geometrie der Straße (Verlauf kurvig; Randbebauung) einschränkend auf die Sichtbarkeit der Bezugsobjekte wirkt, d. h., daß bei kurvigen Abschnitten kürzere Erkennungsabstände zu erwarten sind.

Abbildung 2.7 zeigt den Streckenplan der Nordschleife Nürburgring mit den verwendeten Meßpunkten. Dabei symbolisiert ein Kreis (o) einen Meßpunkt an einem geraden Streckenabschnitt, ein Dreieck (Δ) einen Meßpunkt an einem kurvigen Streckenabschnitt. Die Bedeutung der römischen Ziffern ist aus Tabelle 2.1 abzulesen.

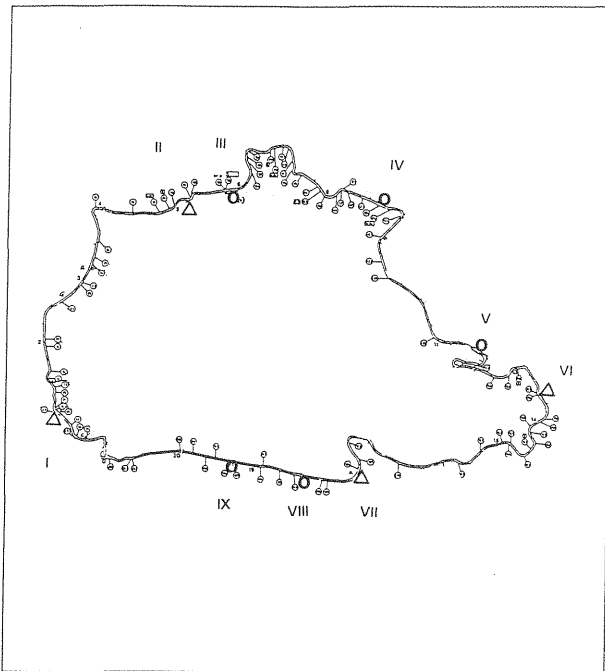


Abbildung 2.7: Streckenplan des Nürburgrings und der Meßpunkte

In Tabelle 2.1 werden den Meßpunkten der Abbildung 2.7 die verschiedenen Bezugsobjekte so zugeordnet, wie sie im Hauptversuch realisiert wurden.

Meßpunkt	Strecke	Objekt	Reflexionsgrad
I	Kurve	Fußgänger	dunkel
II	Kurve	Fußgänger	hell
III	Gerade	Fußgänger	dunkel
IV	Gerade	Radfahrer	dunkel
V	Gerade	Fußgänger	hell
VI	Kurve	Radfahrer	dunkel
VII	Kurve	Fußgänger	dunkel
VIII	Gerade	Fußgänger	hell
IX	Gerade	Radfahrer	dunkel

Tabelle 2.1: Meßpunkte und Bezugsobjekte

2.2.6 Die verwendeten geraden Streckenabschnitte

Als Meßpunkte der Realisierung „gerader Streckenverlauf“ wurden solche Streckenabschnitte ausgewählt, die

(a) möglichst horizontal angelegt waren und

(b) die einen geraden Abschnitt vor dem Dummy von mindestens 300 m Länge aufweisen sollten.

Es wurde darauf geachtet, daß die Sichtbarkeit der Dummies durch die Randbebauung nicht beeinträchtigt wurde.

Die Abbildungen 2.8 bis 2.12 zeigen die verwendeten Abschnitte bei Tageslicht.

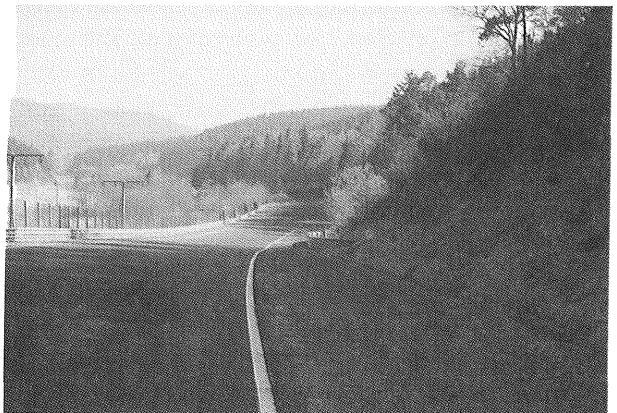


Abbildung 2.8: Meßpunkt III, Gerade, Fußgänger dunkel, Streckennummer 101

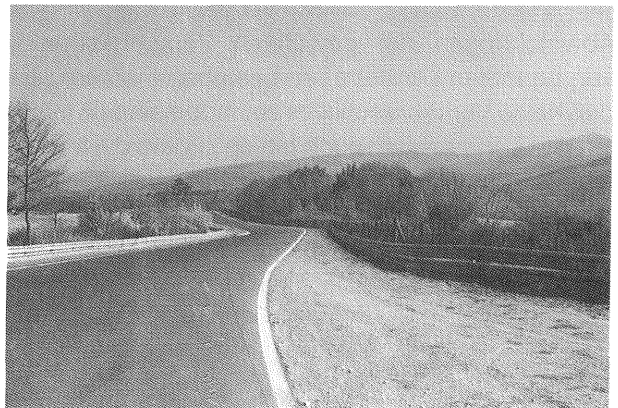


Abbildung 2.9: Meßpunkt IV, Gerade, Radfahrer, Streckennummer 123



Abbildung 2.10: Meßpunkt V, Gerade, Fußgänger hell, Streckennummer 138

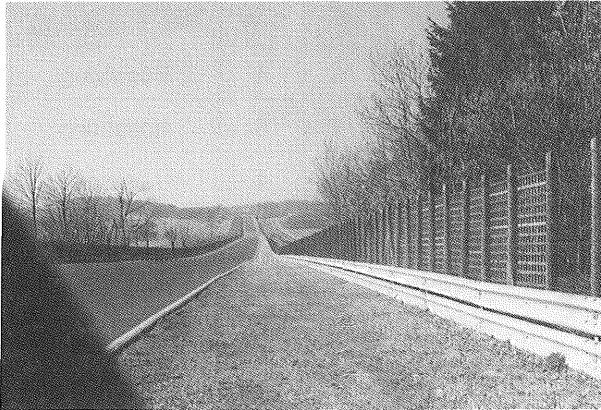


Abbildung 2.11: Meßpunkt VIII, Gerade, Fußgänger hell, Streckennummer 190

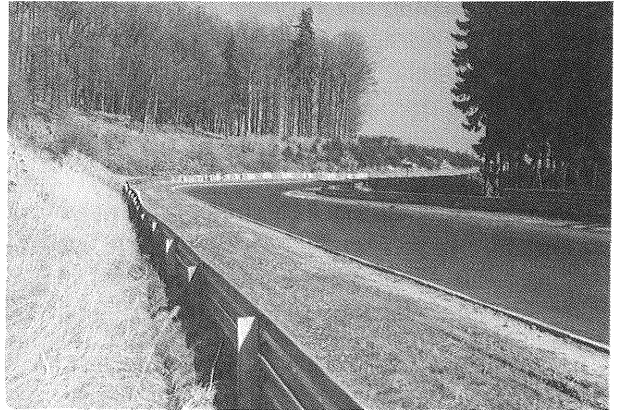


Abbildung 2.14: Meßpunkt II, Kurve, Fußgänger hell, Streckennummer 99

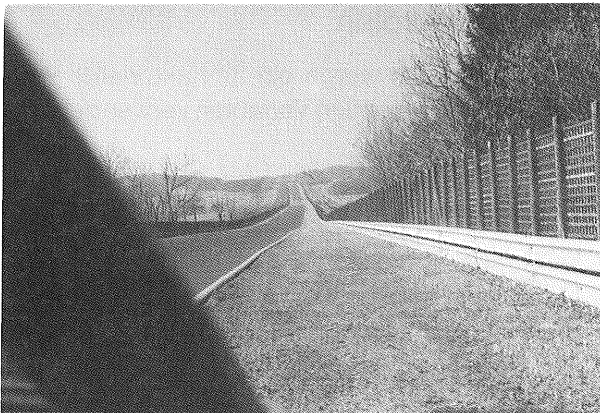


Abbildung 2.12: Meßpunkt IX, Gerade, Radfahrer, Streckennummer 192



Abbildung 2.15: Meßpunkt VI, Kurve, Radfahrer, Streckennummer 154

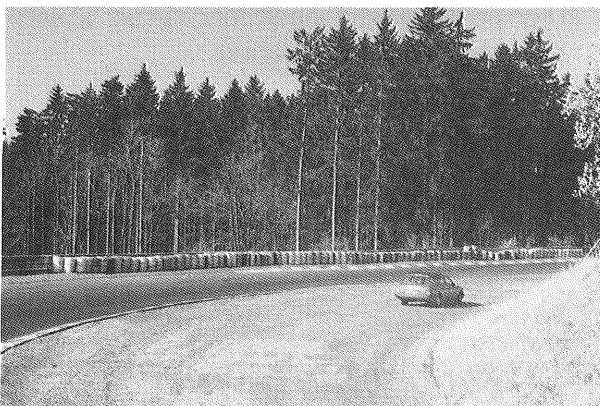


Abbildung 2.13: Meßpunkt I, Kurve, Fußgänger dunkel, Streckennummer 69



Abbildung 2.16: Meßpunkt VII: Kurve, Fußgänger dunkel, Streckennummer 185

2.2.7 Die kurvigen Streckenabschnitte

Als Meßpunkte für die Bedingung „kurviger Streckenverlauf“ wurden solche Streckenabschnitte ausgewählt, die wiederum

- (a) möglichst horizontal angelegt waren,
- (b) aber im Verlauf einer Rechtskurve liegen sollten.

Dabei fiel die Wahl auf solche Abschnitte, die die Sichtbarkeit der Bezugsobjekte einschränkte. Der Verlauf der Kurve sollte an die Fahrer keine außergewöhnlichen Anforderungen bezüglich der Fahrzeuglenkung stellen.

Die Abbildungen 2.13 bis 2.16 zeigen Photographien der verwendeten Abschnitte bei Tageslicht.

Da die Sichtbarkeit der Bezugsobjekte durch die Geometrie der Kurven und die vorhandenen Randbebauung beeinflusst wird, erfolgten zusätzliche Messungen an den kurvigen Streckenabschnitten. Zuerst wurde der Punkt bestimmt, von dem aus der Dummy bei optimaler Beleuchtung, d. h. bei Tageslicht, zum ersten Mal vollständig gesehen werden konnte (in Abb. 2.17 der Punkt P). Ausgehend von diesem Punkt wurden mit Hilfe eines Meßbrades zwei Messungen durchgeführt:

- Die von Punkt P bis zum Dummy auf der Fahrbahn (rechte Fahrspur) zurückzulegende Strecke (in Abb. 2.17 mit S bezeichnet)

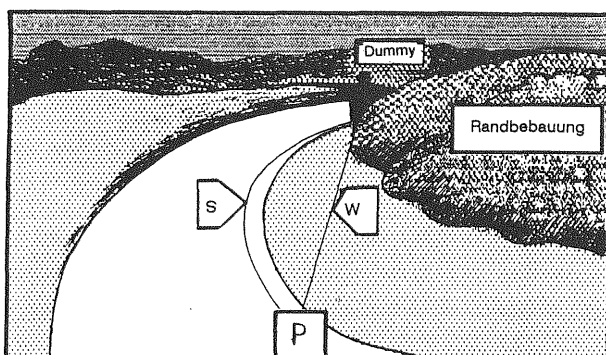


Abbildung 2.17: Kurvenmessungen
S = Straßenweite W = Sichtweite
P = erster Punkt, von dem aus der Dummy gesehen werden kann

- Die direkte Strecke von Punkt P bis zum Dummy, was der Sichtverbindung entspricht, deren Verlauf von der Randbebauung beeinflusst wird. Dieser Wert entspricht der Sichtweite für die Bezugsobjekte (in Abb. 2.17 die Strecke W) und somit dem Wert, der aufgrund der Kurvengeometrie als maximal für den jeweiligen Meßpunkt erwartet werden sollte, wenn davon ausgegangen wird, daß der Scheinwerferkegel des Fahrzeugs beim Eintritt in die Kurve diese tangential ausleuchtet.

Die Differenz der Werte entspricht dem Gewinn, den der Fahrer bei kurvigem Verlauf für die Sichtbarkeit der Bezugsobjekte durch die Ausleuchtung des Kurvenverlaufs haben könnte.

In Abbildung 2.17 wird das Vorgehen mit den bereits erklärten Abkürzungen illustriert.

Die Ergebnisse der Messungen für die vier verwendeten Kurven sind in Tabelle 2.2 dargestellt.

Meßpunkt	W	S	S-W	Randbebauung
I	70	75	5	Böschung
II	68	74	6	Böschung
VI	40	44	4	Wald
VII	42	45	3	Wald

Tabelle 2.2: Ergebnisse der Kurvenmessungen (in m; S = Straßenweite, W = Sichtweite, P = erster Punkt, von dem aus der Dummy gesehen werden kann)

3 Methode

3.1 Versuchsplan

Beim Feldversuch wurde ein fünffaktorieller Versuchsplan mit folgenden Variablen verwendet:

$$S_{16} \times A_2 \times E_2 \times O_3 \times V_2.$$

Dabei bedeutet:

- S = Versuchspersonen
- A = Alterstufen
- E = Kognitiver Faktor
- O = Objekte
- V = Streckenverlauf

3.1.1 Unabhängige Variablen

- Alter
in den beiden Abstufungen Jung (24 bis 30 Jahre) und Alt (ab 50 bis 60 Jahre).
- Streckencharakteristik
in den Abstufungen kurvig und gerade,
- Art des Bezugsobjektes
in den Abstufungen Radfahrer, Fußgänger hell und Fußgänger dunkel
- Antizipationsmöglichkeit von Bezugsobjekten (Erwartung)
in den Abstufungen erwartet und unerwartet.

3.1.2 Abhängige Variable

Als abhängige Variable diente der jeweils ermittelte Erkennungsabstand. Er wurde als verbale Benennung des Objektes nach abgeschlossener Identifikation erhoben.

3.1.3 Beschreibung der Variablen

Im folgenden werden die Variablen und deren Realisierung getrennt beschrieben.

Die Bedingung der verschiedenen Alterstufen Alt-Jung wurde schon bei der Auswahl der Versuchspersonen berücksichtigt. So wurden für die Bedingung Alt laut der zur Teilnahme aufrufenden Zeitungsanzeige nur solche Personen geworben, die das fünfzigste Lebensjahr überschritten hatten. Nach vorheriger Festlegung wurden für die Stichprobe der jungen Fahrer nur Personen bis zum dreißigsten Lebensjahr berücksichtigt.

Die Bedingung erwartet bzw. unerwartet bezieht sich auf die Möglichkeit der Versuchspersonen, das Auftauchen eines Bezugsobjektes am Fahrbahnrand zu antizipieren. Im Hauptversuch wurden die verschiedenen Ausprägungen realisiert, indem der Versuchsperson beim ersten Durchgang (Rundfahrt Nordschleife) keine Angaben über die auftretenden Objekte gegeben wurden. Hierzu sei auch auf die im Anhang B befindliche Instruktion verwiesen. Da im zweiten Durchgang den Versuchspersonen das Auftreten eines Objektes vom Versuchsleiter verbal angekündigt wurde, handelt es sich in diesem Durchgang um die Realisierung einer Erwartet-Bedingung. Die Ankündigung des Versuchsleiters war für alle Objekte gleich, enthielt also keinen Hinweis auf die Identität des Objektes und wurde in zufälliger Weise ca. 400 bis 500 m vor dem Auftauchen des Objektes gegeben.

Die Realisation der Bedingung Hell-Dunkel bezieht sich auf die Oberflächenqualitäten der verwendeten Attrappen und wurde in Kapitel 2.1.3 dargestellt.

Ebenso wie der Reflexionsgrad wurde auch die Variation der verschiedenen Bezugsobjekte in Kapitel 2.1.3 beschrieben.

Die experimentelle Variable Kurvig-Gerade bezieht sich auf die spezifischen Streckenabschnitte, an denen die Bezugsobjekte postiert waren. Ihre Variation wurde in Kapitel 2.2.4 dargestellt.

3.2 Versuchsdurchführung

Die Versuchsfahrten fanden in einem Videomeßfahrzeug der Bundesanstalt für Straßenwesen statt. Es handelte sich dabei um einen Personenkraftwagen des Typs Ford Granada, Ausführung LS, 2773 ccm, 135 PS, ausgestattet mit asymmetrischem Abblendlicht.

Die Daten des Versuches wurden mit verschiedenen Meßeinrichtungen erhoben, die im folgenden beschrieben werden.

Durch eine auf das Dach des Versuchsfahrzeuges montierte Videokamera wurde die Versuchsstrecke aufgezeichnet. Gleichzeitig wurde mit einem Mikroprozessor die Geschwindigkeit (in km/h) und die zurückgelegte Strecke (in m) mit einer Frequenz von 10 Hz (pulse code modulation technique) auf U-matic Videokassetten aufgezeichnet. Zusätzlich konnte auf einer freien Spur des Videobandes ein Signal (S1) eines an einem Kopfhörerbügel befestigten Mikrophons (Voice key) aufgenommen werden. Das Signal bestand in einer verbalen Äußerung der Versuchsperson und diente der Markierung des Zeitpunktes, an dem die Versuchsperson angab, ein Bezugsobjekt identifiziert zu haben.

Darüberhinaus wurde beim Passieren eines Bezugsobjektes ein Signal (S2) aufgezeichnet, das mit Hilfe einer an der rechten Seite des vorderen Stoßfängers installierten Lichtschranke und einem hinter dem Dummy installierten Reflektor gewonnen wurde.

Aus der Differenz der beiden Signale, S1 und S2, wurde der Erkennungsabstand ermittelt.

Um zu vermeiden, daß es bei einem Ausfall der Lichtschranke (z. B. durch Beschlagen des Reflektors) zu einem Datenverlust kam, wurde zusätzlich manuell ein Signal beim Passieren des Bezugsobjektes vom Versuchsleiter ausgelöst. Dieses wurde ebenfalls auf der Tonspur des Videobands aufgezeichnet. In Abbildung 3.1 wird das Schema des Meßprinzips dargestellt.

Eine genauere Beschreibung des Videomeßfahrzeuges der Bundesanstalt für Straßenwesen ist bei KOCKELKE (1980) und DANSBACH (1986) nachzulesen.

3.2.1 Versuchspersonen

Als Versuchspersonen dienten die Teilnehmer der in Teil II beschriebenen Laboruntersuchung.

3.2.2 Versuchsablauf

Der Versuch fand vom 3. bis 26. Oktober 1988 statt.

Pro Versuchstag konnten wegen des erforderlichen Aufwandes maximal vier Versuchspersonen an dem Versuch teilnehmen.

In einer ersten Phase nach Einbruch der Dunkelheit, frühestens um 19.00 Uhr (MEZ), wurde mit den Versuchspersonen in Begleitung eines Versuchsleiters eine Probefahrt mit dem Ziel der Strecken- und Fahrzeuggewöhnung durchgeführt.

Erst nach der Beendigung dieser ersten Phase wurde von weiteren Versuchsleitern die Strecke präpariert: An vorher festgelegten Stellen wurden die dem Versuchsplan entsprechenden Dummies aufgebaut und hinter jedem Dummy ein Reflektor im Boden verankert, der das Lichtschrankensignal auslösen sollte.

In der zweiten Phase des Versuches folgte die erste Versuchsfahrt. Dabei befanden sich zwei Versuchsleiter und die Versuchsperson im Versuchsfahrzeug. Die Instruktion wurde durch den beifahrenden Versuchsleiter gegeben. Darin wurde die Versuchsperson aufgefordert, nur das Abblendlicht zu benutzen. Der im Fond sitzende Versuchsleiter überwachte die Meßeinrichtungen und notierte Besonderheiten, wie z. B. fehlende oder falsche Signalaufzeichnungen, in einem Versuchsprotokoll. Dabei wurde auch vermerkt, ob die Objektbezeichnung der Versuchsperson korrekt gewesen war.

Die Versuchsperson hatte die Aufgabe, sobald sie ein Bezugsobjekt identifizieren konnte, dieses zu benennen. Dadurch wurde über das kopfhörergebundene Mikrophon (Voice-key) ein Sprachsignal (S1) in die mitlaufende Magnetspur gesetzt.

Beim Passieren des Dummies wurde sowohl das Lichtschrankensignal (S2) als auch, zur Absicherung, das von Hand ausgelöste Lichtzeichen durch den auf dem Beifahrersitz befindlichen Versuchsleiter auf das Videoband aufgezeichnet.

Abbildung 3.1 verdeutlicht die Abläufe beim Passieren eines Dummies.

Nach dem Abfahren der Versuchsstrecke durch vier Versuchspersonen (vier Rundfahrten) wurde in einer weiteren Phase dieselbe Prozedur noch einmal wiederholt. Allerdings wurde den Versuchspersonen im zweiten Versuchsdurchgang das Auftauchen der Objekte vorher angekündigt. Der Ab-

stand der Ankündigung variierte von Objekt zu Objekt von ca. 300 bis 400 m, um antizipierendes Verhalten bezüglich der genauen Position des Bezugsobjektes zu vermeiden. Die Ankündigung des Versuchsleiters enthielt keinen Hinweis auf die Identität des Objekts.

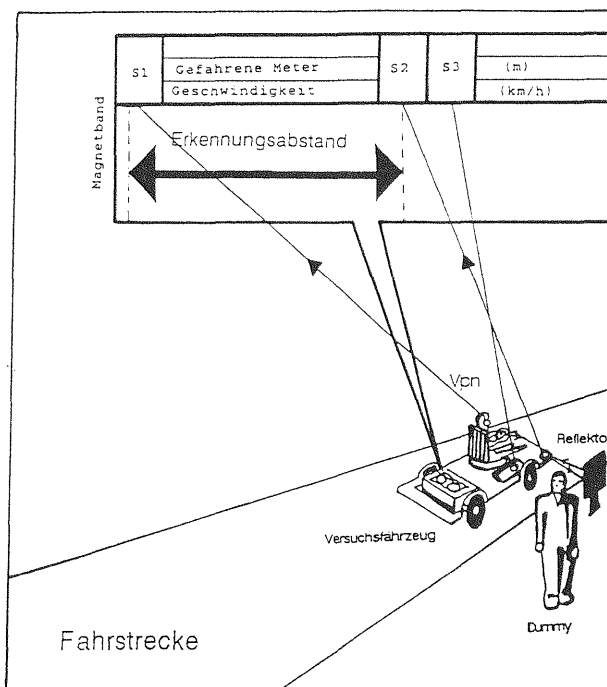


Abbildung 3.1: Ablaufschema der Messungen

Im Anschluß an jede Fahrt wurde von einem weiteren Versuchsleiter eine schriftliche Nachbefragung durchgeführt (s. Teil III, Kap. 6).

Alle am Versuch nicht unmittelbar beteiligten Versuchspersonen und Versuchsleiter hielten sich während des Versuches in einem Aufenthaltsraum am Start-Ziel-Punkt der Nordschleife auf und wurden dort betreut.

4 Auswertung

Die Auswertung der Videomeßbänder wurde bei der Bundesanstalt für Straßenwesen vorgenommen.

Die Rohdaten wurden im Rechenzentrum der Bundesanstalt für Straßenwesen auf Magnetbänder übertragen. Diese überspielten Daten enthielten Informationen über Versuchsnummer, Versuchspersonennummer, Zeitverlauf, Geschwindigkeit (in km/h), zurückgelegte Strecke (in m), Brems- und Beschleunigungsdaten, Lenkwinkel und Zusatzinformationen (Voice key, Lichtsignalcodierung).

Die Daten standen in einer Häufigkeitsrate von 10 Hz zur Verfügung, was bei einer gefahrenen Geschwindigkeit von 50 km/h einer Auflösung von 1,38 m pro Datenzeile entspricht. Da bei einer Streckenlänge von 20,8 km pro Person und Bedingung ca. zwei Millionen Datenzeilen angefallen wären, wurden nur die für die vorliegende Untersuchung relevanten Streckenabschnitte, nämlich 500 m vor bis 200 m nach jedem Meßpunkt, ausgewertet.

Erkennungsabstände wurden als Differenzwerte aus dem Voice key-Signal (S1) und dem Reflektorsignal (S2) berechnet (s. Kap. 3.2.2).

Wie unter Kapitel 3.2.2 schon ausgeführt, wurde beim Passieren eines Bezugsobjektes zusätzlich ein manuelles Signal vom Versuchsleiter ausgelöst und auf dem Videoband markiert. So war es möglich, bei Ausfall des Reflektorsignals den Erkennungsabstand dennoch zu errechnen. Mit Hilfe einer Einzelbildauswertung konnte eine genaue Synchronisation der Daten vorgenommen werden. Dies führte zu einer Minimierung der Zahl der Datenausfälle.

5 Ergebnisse des Feldexperiments

Im Rahmen einer fünf-faktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren Alter (A), Erwartung (E), Streckenverlauf (V) und Bezugsobjekt (B) wurden die Erkennungsabstände für 16 Versuchspersonen (S) erhoben. Die Auswertung erfolgte mit Hilfe des Programmpakets SPSS/PC+ (V3.3).

5.1 Haupteffekte

5.1.1 Alter

Der Faktor Alter (A) wurde durch die Bildung zweier Altersklassen (jung: 24–30 Jahre, alt: 50–60 Jahre) operationalisiert. Dabei sollte sich eine Verringerung der Erkennungsabstände für die ältere Versuchspersonengruppe zeigen. Die Ergebnisse der Varianzanalyse ergaben allerdings, daß dieser Faktor sich nicht signifikant auf die Erkennungsabstände auswirkte ($F = 1.454$; n.s.). Die jungen Versuchspersonen wiesen, entgegen den Erwartungen der Literaturanalyse, aber in Übereinstimmung mit den Meßdaten des Laborversuchs, keine bedeutsam größeren Erkennungsabstände auf als die älteren Versuchsteilnehmer.

Abbildung 5.1 stellt die Erkennungsabstände und Standardabweichungen für beide Gruppen dar (s. auch Anh. B).

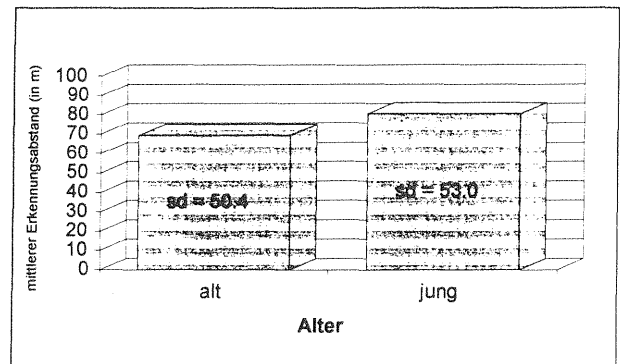


Abbildung 5.1: Mittlere Erkennungsabstände und Standardabweichungen der älteren und jüngeren Versuchsteilnehmer

5.1.2 Erwartung

Der Faktor Erwartung (E) wurde über zwei Stufen variiert (unerwartet: keine Antizipation des Bezugsobjektes; erwartet: Antizipation des Bezugsobjektes).

Aufgrund bisher vorliegender Forschungsergebnisse (z. B. SCHMIDT-CLAUSEN, 1982) sollte sich ein bedeutsamer Unterschied zwischen der Bedingung „mit Erwartung“ im Vergleich zur Bedingung „ohne Erwartung“ zeigen.

Die Varianzanalyse bestätigte diese Annahme ($F = 16,623$; $p < .005$). In der „erwartet“-Bedingung waren die gemessenen Abstände deutlich größer als in der „unerwartet“-Bedingung.

Abbildung 5.2 bildet die Ergebnisse für diese Versuchsbedingung ab.

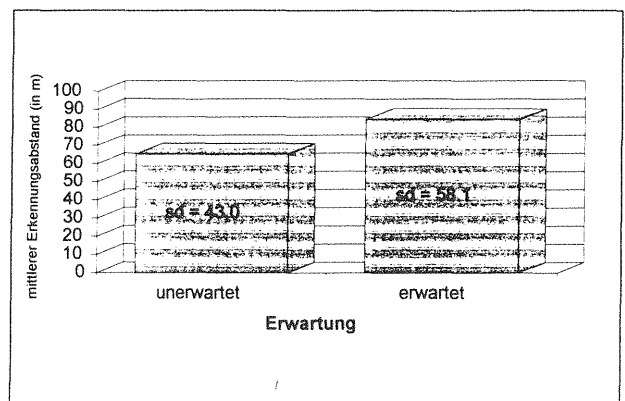


Abbildung 5.2: Mittlere Erkennungsabstände und Standardabweichungen für die Bedingungen unerwartet und erwartet

5.1.3 Streckenverlauf

Der Faktor Streckenverlauf (S) wurde in zwei Ausprägungen erhoben (kurvig – gerade). Dabei sollte sich für die gerade Strecke ein deutlich größerer Erkennungsabstand im Vergleich zur kurvigen ergeben.

Die unterschiedlichen Ausprägungen des Faktors S zeigten – wie erwartet – einen hochsignifikanten Effekt ($F = 37.966$; $p < .001$). Die Erkennungsabstände waren bei geradem Streckenverlauf größer als bei kurviger Streckenführung.

Abbildung 5.3 verdeutlicht diese Beziehung.

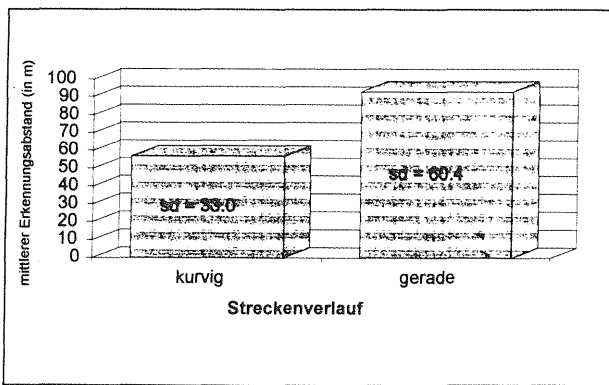


Abbildung 5.3: Mittlere Erkennungsabstände und Standardabweichungen für die Bedingungen kurvig und gerade

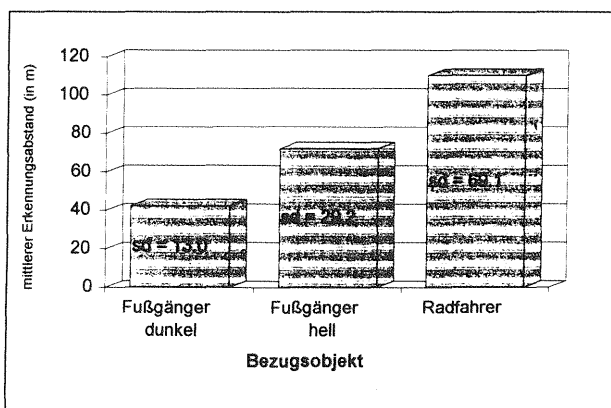


Abbildung 5.4: Mittlere Erkennungsabstände und Standardabweichungen für die Bezugsobjekte dunkler Fußgänger, heller Fußgänger und Radfahrer

5.1.4 Bezugsobjekte

Der Faktor Bezugsobjekt (B) wurde über drei Ausprägungen variiert (dunkler Fußgänger, heller Fußgänger und Radfahrer). Dabei sollten für den dunklen Fußgänger die niedrigsten Erkennungsabstände gemessen werden. Die größten Erkennungsabstände wurden für den Radfahrer erwartet.

Die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigten dementsprechend, daß sich die Art des Bezugsobjektes hochsignifikant auf die Erkennungsabstände auswirkte ($F = 32,578$; $p < .001$). Die orthogonalen Kontraste zeigten (Anhang B), daß der Erkennungsabstand für den dunklen Fußgänger am kleinsten und für den Fahrradfahrer am größten war. Der Erkennungsabstand für den hellen Fußgänger lag zwischen diesen Werten.

Abbildung 5.4 veranschaulicht diese Reihenfolge.

5.2 Interaktionen

Lediglich die Interaktion zwischen Streckenverlauf und Bezugsobjekt erwies sich als signifikant ($F = 8.708$; $p < .005$). Auf die Darstellung der nichtsignifikanten Ergebnisse soll an dieser Stelle verzichtet werden (s. Anh. B).

Tabelle 5.1 zeigt, daß in Abhängigkeit vom Streckenverlauf die Erkennungsabstände hinsichtlich der drei Bezugsobjekte unterschiedlich stark anstiegen. So wurde in der Bedingung mit kurvigem Streckenverlauf ein schwächerer Anstieg über die Bezugsobjekte als in der Bedingung mit geradem Streckenverlauf deutlich.

	Streckenverlauf	
	Kurvig	Gerade
Dunkler Fußgänger	39.20	45.56
Heller Fußgänger	52.44	91.98
Radfahrer	78.91	141.83

Tabelle 5.1: Mittlere Erkennungsabstände (in m) über den Faktor *Streckenverlauf* für die unterschiedlichen Bezugsobjekte

5.3 Diskussion

5.3.1 Alter

In den vorliegenden Ergebnissen zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Altersgruppen. Es ist deshalb anzunehmen, daß sich die Variable „Alter“ in der untersuchten Stichprobe nicht entscheidend auf die Erkennungsabstände bei Nachtfahrten auswirkte. Ausgangspunkt für die Annahme einer Verschlechterung der Sehfähigkeit bei Nacht war dabei die physiologisch bedingte Degeneration des visuellen Systems im Alter. Neuere Untersuchungen (KELSEY et al., 1985; ADAC, 1989) zeigen in Übereinstimmung mit den vorliegenden Resultaten, daß der Alterseinfluß

häufig überschätzt wird. So kann mittlerweile davon ausgegangen werden, daß eine deutliche Verschlechterung der Sehfähigkeit erst ab einem Alter von 65 Jahren eintritt (s. auch Teil II, Kap. 6). In der Untersuchung von HOHMANN (1991) wird ebenfalls darauf hingewiesen, daß der Einfluß des Alters auf die Sehfähigkeit nur gering ist und vielmehr in der Kindheit erworbene perzeptive Defizite zu erheblichen Beeinträchtigungen der Wahrnehmung beitragen.

5.3.2 Erwartung

Werden die Ergebnisse hinsichtlich des Faktors Erwartung betrachtet, so wird deutlich, daß dieser kognitive Faktor die Erkennungsabstände stark beeinflusste. So bewirkte die in der Feldstudie eingeführte Antizipation eines Bezugsobjektes (erwartet) eine Vergrößerung des Erkennungsabstands im Vergleich zu der Bedingung, in der eine solche Antizipation nicht möglich war (unerwartet). Dabei stimmt der ermittelte Unterschied von ca. 20 m mit der Untersuchung von SCHMIDT-CLAUSEN (1982), der eine Differenz von 26 m fand, nahezu überein.

Dies ist auffällig, da in der Untersuchung von SCHMIDT-CLAUSEN (1982) die Erwartung nur durch die Häufigkeit des Auftretens eines Objekts über die einzelnen Versuchsfahrten variiert wurde. Weiterhin waren sich die Versuchspersonen in dieser Studie bezüglich der Objektidentität sicher. In der vorliegenden Felduntersuchung dagegen wurde die Erwartungshaltung des Fahrers durch die Ankündigung eines relevanten Bezugsobjektes realisiert. Dabei gab der Versuchsleiter keine Hinweise auf die Objektidentität. Daß trotzdem vergleichbare Ergebnisse zwischen der Untersuchung von SCHMIDT-CLAUSEN (1982) und dem vorliegenden Feldexperiment auftreten, spricht umso mehr für die Bedeutung kognitiver Faktoren, wie z. B. der Erwartungshaltung.

Es zeigten sich zwar tendenzielle, aber nicht signifikante Unterschiede in den mittleren Erkennungsabständen zwischen den älteren und jüngeren Versuchspersonen. Dies spricht, zumindest für die untersuchte Stichprobe, gegen die Annahme, daß mit zunehmendem Alter zentrale Verarbeitungskapazitäten in ihrer Effizienz reduziert werden (MÜLLER-LIMMROTH, 1987). Vielmehr lassen die Ergebnisse vermuten, daß ältere Versuchsteilnehmer stärker von der Antizipation eines Hindernisses auf der Fahrbahn profitierten als jüngere.

Tabelle 5.2 veranschaulicht dieses Ergebnis. Aller-

dings muß darauf hingewiesen werden, daß die Interaktion zwischen Alter und Erwartung statistisch nicht bedeutsam war (s. Anh. B). Aufgrund möglicher Konsequenzen für die Praxis sollte jedoch auf diese Tendenz hingewiesen werden (s. auch Teil VI).

	Erwartung			
	Erwartet		Unerwartet	
Jung	87.98	sd = 59.17	73.21	sd = 45.28
Alt	81.24	sd = 57.40	57.52	sd = 39.55

Tabelle 5.2: Mittlere Erkennungsabstände (in m) und Standardabweichungen (sd) der beiden Altersgruppen über die Bedingungen *erwartet* und *unerwartet*

5.3.3 Streckenverlauf

Die Unterschiede in bezug auf den Faktor Streckenverlauf zeigten – wie erwartet – eine deutliche Reduzierung der Erkennungsabstände um 22,4 m bei kurvigem Straßenverlauf im Vergleich zur Bedingung mit gerader Streckenführung. Die Größe dieses Unterschiedes macht deutlich, wie stark die Sichtbarkeit in Kurven eingeschränkt ist. Werden die Auswirkungen des Streckenverlaufs auf die Erkennungsabstände im Detail betrachtet, bedarf es noch einer genaueren Darstellung der Ergebnisse für die kurvigen Abschnitte.

In Tabelle 5.3 werden die verwendeten Kurvenabschnitte hinsichtlich ihrer Eigenschaften bezüglich der einsehbaren Kurvenradien dargestellt (s. auch Teil III, Kap. 2.2.7).

Meßpunkt	W	S	S-W	Randbebauung
I	70	75	5	Böschung
II	68	74	6	Böschung
VI	40	44	4	Wald
VII	42	45	3	Wald

Tabelle 5.3: Eigenschaften der verwendeten Kurvenabschnitte bezüglich der einsehbaren Kurvenradien (S = Straßenweite, W = Sichtweite, P = erster Punkt, von dem aus der Dummy gesehen werden kann; Angaben in m)

Die Ergebnisse der Mittelwerte der kurvigen Meßstellen belegen deutlich die Verringerung der Erkennungsabstände durch die Geometrie der Kurven und deren Randbebauung. Bei Betrachtung der einzelnen Werte zeigte sich der spezifische Einfluß der jeweiligen Kurvencharakteristik auf die

gemessenen Erkennungsabstände (Tab. 5.1). Dies erklärt die Bedeutung des Faktors Kurve/Gerade für die Erkennungsabstände. Allerdings muß berücksichtigt werden, daß die Differenz in den Erkennungsabständen bezüglich des Faktors Bezugsobjekt in den Kurven kleiner war als auf den geraden Abschnitten, was wiederum als Effekt der Kurvencharakteristik interpretiert werden muß. Durch die insgesamt verkürzten Erkennungsabstände verliert der hohe Reflexionsgrad des Fußgängers an Meßpunkt II seinen Vorteil für die Erkennbarkeit bei Dunkelheit.

Tabelle 5.4 zeigt die Mittelwerte der Erkennungsabstände der vier kurvigen Bedingungen.

I	II	VI	VII
42.55	52.435	84.545	37.405

Tabelle 5.4: Mittelwerte der Erkennungsabstände (in m) bei den hier verwendeten kurvigen Meßpunkten

Da für die Auswertung des Erkennungsabstandes für den dunklen Fußgänger zwei, für den hellen Fußgänger jedoch nur eine Kurve verwendet wurde, werden die Ergebnisse im einzelnen dargestellt.

Die beiden Meßpunkte für den dunklen Fußgänger unterscheiden sich hinsichtlich der maximalen Sichtweite, die die jeweilige Geometrie der verwendeten Kurven ermöglichte. Durch die Mittelwertbildung mit dem letzten Meßpunkt kann es deshalb zu einer Unterschätzung des Erkennungsabstandes für den dunklen Fußgänger kommen. Vergleicht man nur die sehr ähnlichen Kurvenbedingungen I und II, so verringert sich die Mittelwertdifferenz zwischen hellem und dunklem Fußgänger, bleibt aber immer noch erheblich (9,885 m). Die Mittelung über eine engere und eine weitere Kurve führt also zu einer Unterschätzung des Erkennungsabstandes für den dunklen Fußgänger, bestätigt aber den wichtigen Einfluß der Streckencharakteristik auf die Erkennungsabstände.

Bei der Gestaltung von Maßnahmen sollte also immer der minimierende Wert der engsten möglichen Kurve berücksichtigt werden. Dieser wird im allgemeinen von den Grenzwerten der Gesetzgeber bezüglich verschiedener Straßentypen abhängen. Darüber hinaus ist er von der tatsächlichen Randbebauung abhängig. Deshalb sollte dieser Wert empirisch ermittelt werden.

Ein weiterer, unerwarteter Effekt fand sich unter

der Bedingung Radfahrer bei kurvigem Straßenverlauf. Während die Beschreibung des Meßpunktes (s. Teil III, Kap. 2.2.7) einen sehr kurzen Erkennungsabstand erwarten ließ (unter 50 m), weisen die Daten gerade in dieser Bedingung eine sehr hohe Streuung auf. Die Analyse der Rohdaten zeigte, daß die Versuchspersonen in dieser Bedingung sehr unterschiedliche Erkennungsabstände produzierten, wobei besonders auffällig ist, daß die Hälfte aller Werte größer als 50 m ist, von denen sogar sechs Werte über 100 m liegen.

Bezogen auf die Geometrie der verwendeten Kurve sind diese Werte gänzlich unerwartet. Da es sich bei der Randbebauung um ein Waldstück handelt, lassen sich die Daten folgendermaßen erklären. Während bei unbeleuchteten Objekten (Fußgängern) die Randbebauung eine minimierende Wirkung auf den Erkennungsabstand hatte, können die Werte der Radfahrerbedingung als Effekt des selbstleuchtenden Rücklichtes interpretiert werden. Dieser kann darin bestanden haben, daß das Rücklicht auch durch die Randbebauung (Wald) hindurch zu sehen war und bei einigen Versuchspersonen zur Auslösung der Erkennungsreaktion führte. Dieses Verhalten entspricht nicht der Instruktion, die forderte, erst dann zu reagieren, wenn das Bezugsobjekt erkannt wurde, wobei für den Radfahrer explizit angegeben wurde, daß eine Sicherheit bezüglich der Art des Objektes anhand des typischen Reflektormusters gewonnen werden sollte. Bei den ermittelten Erkennungsabständen ist also davon auszugehen, daß die Hälfte der Versuchspersonen mit Bezugsobjekt erkannt reagierte, ohne die durch die Instruktion angestrebte Urteilssicherheit abzuwarten.

5.3.4 Bezugsobjekt

Der Faktor Bezugsobjekt zeigte eine deutliche Auswirkung auf den Erkennungsabstand. Aufgrund der bisherigen Forschungsergebnisse (HAZLETT & ALLEN, 1968; SCHMIDT-CLAUSEN, 1982; SHINAR, 1984; SHINAR, 1985) konnte nicht eindeutig geschlossen werden, inwiefern eine Erhöhung der Leuchtdichte zu einer signifikanten Vergrößerung des Erkennungsabstandes führt. Bei der Betrachtung der vorliegenden Ergebnisse für den dunkel und hell gekleideten Fußgänger-Dummy zeigte sich ein statistisch bedeutsamer Unterschied. Der hell gekleidete Fußgänger (Leuchtdichtefaktor: 57,6 %) wurde 30 m vor dem dunkel gekleideten Fußgänger (Leuchtdichtefaktor: 4,92 %) erkannt. Dabei stellt sich allerdings die Frage, ob diese Erhöhung ausreicht, den hell gekleideten Fußgänger

früh genug zu erkennen, um einen möglichen Unfall zu vermeiden. Legt man den mittleren Erkennungsabstand (über alle Bedingungen) von 72 m zugrunde und geht davon aus, daß bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit von 80 km/h der geschätzte Anhalteweg 88 m beträgt, so ist zu folgern, daß der Effekt der hellen Kleidung nicht ausreicht, einen Unfall zu vermeiden. Dieses Resultat steht in Übereinstimmung mit den Ergebnissen von HAZLETT & ALLEN (1968), SHINAR (1984; 1985) und relativiert die bisher vorherrschende Meinung zu diesem Sachverhalt (z. B. COHEN, 1986). Jedoch zeigte die signifikante Interaktion zwischen Streckenverlauf und Bezugsobjekt, daß eine solche Pauschalisierung der Ergebnisse nicht genügt, diesen Aspekt angemessen zu beschreiben (s. Kap. 5.3.5).

Bei Betrachtung des Erkennungsabstandes für den Radfahrer wurde deutlich, wie stark sich Beleuchtungseinrichtungen und Reflektoren auf die Sichtbarkeit auswirkten. Im Unterschied zum hellen Fußgänger betrug der Erkennungsabstand des Radfahrers 110 m. Dies bedeutet eine Verbesserung der Sichtbarkeit um ca. 40 m. Damit wird die Forderung unterstrichen, Fußgänger durch das Tragen zusätzlicher Reflektoren für den Kraftfahrer früher sichtbar zu machen.

5.3.5 Streckenverlauf und Bezugsobjekt

Vor dem Hintergrund der signifikanten Interaktion von Streckenverlauf und Bezugsobjekt müssen die oben diskutierten Ergebnisse – wie bereits angedeutet – für die verschiedenen Bezugsobjekte differenzierter betrachtet werden. So zeigte sich, daß die Erkennungsabstände auf gerader Strecke vor allem für den hell gekleideten Fußgänger und den Fahrradfahrer stärker anstiegen als in der Bedingung mit kurvigem Streckenverlauf. Auf der geraden Strecke lag der Erkennungsabstand sowohl für den Radfahrer (142 m) als auch für den hell gekleideten Fußgänger (92 m) über dem oben beschriebenen Anhalteweg von 88 m bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h. In dieser Bedingung zeigte sich, daß die helle Kleidung ausreichen kann, um das Unfallrisiko zu reduzieren. Es muß jedoch aufgrund der Varianz innerhalb der untersuchten Stichprobe davon ausgegangen werden, daß auch in dieser Bedingung ein signifikanter Anteil der Autofahrer den Fußgänger zu spät erkennen wird.

Der dunkel gekleidete Fußgänger wies in der Bedingung mit geradem Streckenverlauf einen sehr

niedrigen Erkennungsabstand auf (46 m), was unter den gegebenen Umständen ein sehr hohes Unfallrisiko darstellt. Der Kraftfahrer hat hier kaum die Möglichkeit, angemessen auf die Situation zu reagieren, d. h. rechtzeitig zu bremsen.

Weiterhin auffallend ist, daß der Erkennungsabstand für den dunkel gekleideten Fußgänger sich nicht wesentlich für die kurvigen und geraden Strecken unterschied. Für den hell gekleideten Fußgänger und den Fahrradfahrer zeigte sich eine deutliche Reduzierung der Erkennungsabstände in kurvigen Straßenabschnitten. Dies bedeutet, daß insbesondere für den hell gekleideten Fußgänger, der in der kurvigen Bedingung einen mittleren Erkennungsabstand von 52 m aufwies, ein drastischer Anstieg des Unfallrisikos im Vergleich zur geraden Strecke vorliegt.

Auch der Erkennungsabstand für den Fahrradfahrer reduzierte sich in der Kurve um nahezu 50 %, von 142 m auf 79 m. Das heißt, daß selbst der durch die Beleuchtungsanlage gut sichtbare Radfahrer einen mittleren Erkennungsabstand aufwies, der bei einer Geschwindigkeit von 80 km/h mit einem relativ hohen Unfallrisiko verbunden ist. Allerdings kann man davon ausgehen, daß die ermittelten Erkennungsabstände für den Radfahrer unterschätzt werden. Die in der Realität vorkommende Pendelbewegung des Radfahrers sollte zu einer verbesserten Erkennbarkeit führen, da das visuelle System besonders sensitiv in bezug auf Bewegungen reagiert.

6 Ergebnisse der Nachbefragung

6.1 Einleitung

Zur Nachbefragung der Versuchsteilnehmer wurde ein Fragebogen entworfen. Der Fragebogen sollte Aufschluß darüber geben, wie die Fahrsituation, die Fahrstrecke und die erlebte Beanspruchung von den Vpn eingeschätzt wurden. Zu diesem Zweck wurden Personenmerkmale (Item 1, 2, 4), Streckenmerkmale (Item 3) und Merkmale des Versuchsfahrzeuges (Item 5, 6) im Fragebogen erhoben.

Bevor auf die Ergebnisse der Nachbefragung eingegangen wird, soll an dieser Stelle auf den explorativen Charakter der Nachbefragung hingewiesen werden. Es handelt sich bei dem Fragebogen um kein psychologisches Meßinstrument im klassischen Sinne, da eine Bestimmung der meßtheoretischen Gütekriterien nicht vorgenommen werden

konnte (das würde aufgrund des Aufwandes ein eigenes Projekt erfordern). Unter dem Aspekt des Informationsgewinns wäre das ohnehin lediglich von theoretischer Bedeutung. Ziel des Fragebogens war die Absicherung gegen mögliche Störvariablen und die Identifikation für die Übertragbarkeit der Erkennungsabstände problematischer Bereiche. In diesem Sinne erfüllt der Fragebogen als „standardisierte Befragung“ zur Verbreiterung der Informationsbasis auch ohne Bestimmung von Gütekriterien den intendierten Zweck.

Die Versuchspersonenurteile wurden auf 10stufigen Ratingskalen (vgl. auch BORTZ, 1984) erfaßt. Auf davon abweichende Formen der Datenerhebung wird an der betreffenden Stelle eingegangen. Die Ergebnisse dieser Einstufungen werden im folgenden für jedes Item dargestellt.

6.2 Personenmerkmale

6.2.1 Item 1

Welche Anforderungen stellte die Strecke an Ihr fahrerisches Können ?

Es sollte aufgeklärt werden, wie stark die Beanspruchung der individuellen Leistungsressourcen durch die Fahraufgabe eingeschätzt wurde. Dabei weicht die Fahrsituation auf der Versuchsstrecke (Nordschleife des Nürburgrings) von der Fahrsituation auf zweibahnigen Außerortsstraßen (Landstraßen) bei Nacht insofern ab, als daß Fernlicht des Versuchsfahrzeuges nicht eingesetzt werden durfte (vgl. auch Teil III, Kap. 3.2.2).

Zunächst erfolgt eine Betrachtung der Ratings über alle Personen ($n \times 16$). Für die Gesamtstichprobe zeigt sich in Abbildung 6.1, daß die Vpn der Strecke ein mittleres bis eher höheres Anforderungsniveau an das fahrerische Können zugeschrieben.

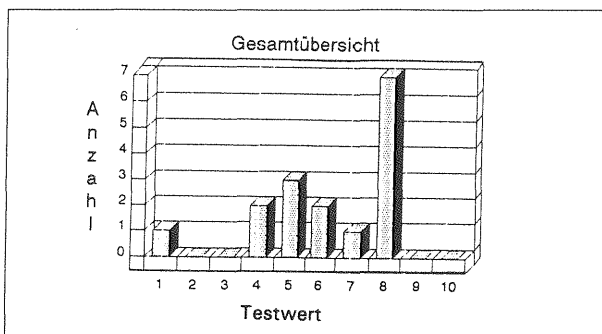


Abbildung 6.1: Item 1: Betrachtung über alle Personen ($n = 16$). 1 = niedrige Anforderungen, 10 = hohe Anforderungen

Aus der Gegenüberstellung der Altersgruppen in Abbildung 6.2 wird ersichtlich, daß sich vermehrt jüngere Vpn für ein höheres Anforderungsniveau der Strecke entschieden. Deshalb wird das parameterfreie Prüfverfahren nach Kolmogorov-Smirnov herangezogen, um die statistische Signifikanz des Sachverhaltes aufzuklären. Der Kolmogorov-Smirnov-Test wurde mit dem Programmpaket SPSS/PC+ (V3.3) berechnet, wobei unter Berücksichtigung des statistisch kleinen N der Stichprobe zur Ermittlung des kritischen Wertes auf das Tabellenwerk von SIEGEL (1987, S. 264) zurückgegriffen wurde. Die zu prüfende Nullhypothese lautet, es bestehe lediglich ein zufälliger Unterschied in den Ratings der jüngeren und älteren Versuchsteilnehmer. Es ergibt sich eine Prüfgröße $KD/N = 3$, die unterhalb des kritischen Wertes von $KD/N = 6$ zum Erreichen des 5 %-Signifikanzniveaus bleibt. Die Hypothese, daß die Ratings der beiden Gruppen einer gemeinsamen Verteilung entstammen, kann also nicht verworfen werden, und die in Abbildung 6.2 sichtbaren Gruppenunterschiede müssen als zufällig bedingt betrachtet werden.

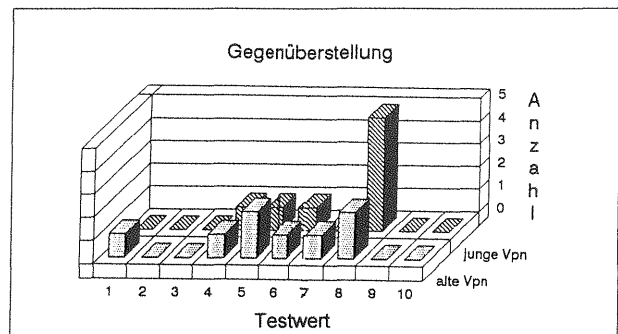


Abbildung 6.2: Item 1: Gegenüberstellung der Altersgruppen (1 = niedrige Anforderungen, 10 = hohe Anforderungen)

Korreliert man darüber hinaus die Einstufungen in Item 1 mit dem Alter der Vpn, so ergibt sich eine negative Korrelation (PEARSONS r) von -0.35 . Die ebenfalls mit dem Programmpaket SPSS/PC+ (V3.3) berechnete Korrelation erreicht zwar keine Signifikanz, illustriert jedoch die Tendenz, daß mit zunehmendem Alter der Vpn der Wert auf der Ratingskala abnimmt, der Strecke also ein geringeres Anforderungsniveau zugeschrieben wird.

Ein dominierendes Element der Fahraufgabe stellt das Folgen des Straßenverlaufes dar (vgl. DONGES, 1978). Für diesen Aufgabenaspekt ist vorrangig die Wirkung von Fahrbahnmarkierungen hervorzuheben (PADMOS, 1985). Durch das Fehlen von Reizquellen, die sich aus der Interaktion

mit anderen Verkehrsteilnehmern ergeben, entfalten andere Aspekte der üblichen Fahraufgabe, wie zum Beispiel das Einschätzen von Position und Geschwindigkeit anderer Kraftfahrzeuge. Auf der anderen Seite müssen die Versuchspersonen in für diese Fahrsituation unüblicher Weise auf den Einsatz des Fernlichtes verzichten, was die Vorhersehbarkeit (preview) des Straßenverlaufs erheblich reduziert.

Wie sich diese Fahrbedingungen im subjektiven Erleben der Personen niederschlagen, sollte mit Hilfe von Item 2 exploriert werden.

6.2.2 Item 2

Fiel es Ihnen heute schwerer, dem Straßenverlauf zu folgen, als das sonst bei Nachtfahrten der Fall ist ?

In Item 2 wurden die Personen aufgefordert, einen Vergleich der Fahrsituation auf der Versuchsstrecke mit der internen Referenz üblicher Fahrsituationen auf Außerortsstraßen bei Nacht herzustellen.

Dieses Item war entweder mit ja oder mit nein zu beantworten. Versuchsteilnehmer, welche diese Frage mit ja beantworteten, waren aufgefordert, Gründe für die empfundenen Schwierigkeiten beim Folgen des Straßenverlaufs anzugeben (s. auch Fragebogen im Anh.).

Altersgruppe	JA	NEIN
ältere Versuchsteilnehmer	2	6
jüngere Versuchsteilnehmer	6	2

Tabelle 6.1: Antwortverhalten in Item 2 nach Altersgruppen

Auffällig ist die gegenläufige Verteilung der beiden Versuchsgruppen (alte und junge Vpn) in den beiden Antwortkategorien. Ob dieser Unterschied im statistischen Sinne signifikant ist, wurde mit Hilfe des FISCHER YATES Tests (vgl. LIENERT, 1973) für Vierfelderkontingenztafeln mit kleinen Zelhäufigkeiten untersucht. Der Test wurde wieder mit Hilfe des Programmpaketes SPSS/PC+ (V3.3) berechnet. Die Annahme, daß ältere und jüngere Vpn Populationen mit unterschiedlich erlebter Schwierigkeit beim Folgen des Straßenverlaufs darstellen, ist demnach mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von 13 % behaftet. Diese trotz des deutlichen Verteilungsunterschiedes immer noch hohe Irrtumswahrscheinlichkeit ist als durch den im stati-

stischen Sinn kleinen Stichprobenumfang mitbedingend zu betrachten.

Nur zwei ältere sowie sechs der jüngeren Versuchsteilnehmer beantworteten Item 2 mit Ja. Diese Personen waren im Fragebogen aufgefordert, Gründe für die empfundenen Schwierigkeiten beim „Folgen des Straßenverlaufs“ anzugeben (vgl. Fragebogen im Anhang). Dabei waren auch Mehrfachnennungen möglich.

Welche Begründungen von den Vpn angegeben wurden, stellt Tabelle 6.2 dar.

Viermal werden das Fehlen des Fernlichtes, dreimal fehlende Leitpfosten (Begrenzungspfähle), zweimal das Fehlen des Mittelstreifens und darüber hinaus je einmal fremde Strecke, ungewohntes Auto und fehlende Kurvenhinweise als Begründung für die empfundenen Schwierigkeiten beim Folgen des Straßenverlaufes genannt.

Altersgruppe	Begründung der empfundenen Schwierigkeit
ältere Versuchsteilnehmer	Strecke war fremd
ältere Versuchsteilnehmer	keine Mittelstreifen, keine Leitpfähle
jüngere Versuchsteilnehmer	kein Fernlicht
jüngere Versuchsteilnehmer	keine Begrenzungspfähle
jüngere Versuchsteilnehmer	keine Mittelstreifen, keine Begrenzungspfähle, keine Kurvenhinweise
jüngere Versuchsteilnehmer	nur Abblendlicht
jüngere Versuchsteilnehmer	Fernlicht nicht zugelassen
jüngere Versuchsteilnehmer	ungewohntes Auto, nur Abblendlicht

Tabelle 6.2: Freie Antworten in Item 2, Mehrfachnennungen waren möglich

6.2.3 Item 4

Wie haben Sie die Bewältigung der Fahraufgabe während der Versuchsfahrt empfunden ?

Diese Frage fungiert in ihrer inhaltlich synonymen Formulierung als Kontrollitem zu Item 1 (Welche Anforderungen stellte die Strecke an Ihr fahrerisches Können?). Personen, welche die Bewältigung der Fahraufgabe als schwierig empfanden, sollten auch eher hohe Anforderungen an ihr fahrerisches Können angeben.

Für den Fragebogen insgesamt wurden Hinweise

über die Gewissenhaftigkeit, mit der die Vpn die Beantwortung der Fragen vorgenommen haben, erwartet. Es wurde der Korrelationskoeffizient nach PEARSON berechnet. Die Korrelation zwischen Item 4 und Item 1 erreicht mit $r = .67$ das 1 %- Signifikanzniveau. Der Zusammenhang ist also statistisch bedeutsam, und es lassen sich 45 % der Varianz in Item 4 aus den Einstufungen der Vpn in Item 1 vorhersagen.

6.3 Situative Merkmale

6.3.1 Item 5

Wie schwer fiel Ihnen die Gewöhnung an das fremde Fahrzeug ?

Item 5 wurde konzipiert, um eine mögliche Beeinträchtigung durch die Benutzung eines fremden Fahrzeuges aufzudecken.

Abbildung 6.3 zeigt, daß die Mehrzahl der Versuchsteilnehmer keine bis geringe Beeinträchtigungen durch das ungewohnte Fahrzeug empfunden hat.

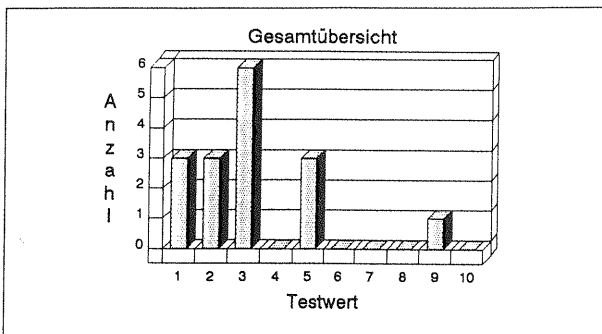


Abbildung 6.3: Item 5; Gesamtübersicht über alle Versuchsteilnehmer (n = 16); 1 = sehr leicht, 10 = sehr schwer

In der Gruppe der jüngeren Versuchsteilnehmer in Abbildung 6.4 läßt sich jedoch ein Extremurteil auf Rang 9 der Skala erkennen. Auf weiteres Nachfragen gab diese Vp an, Schwierigkeiten hinsichtlich der Größe des Versuchsfahrzeuges empfunden zu haben (der Versuchsteilnehmer fährt normalerweise einen Kleinwagen). Bei der Betrachtung der Erkennungsabstände dieser Person (Vp 6) ergeben sich jedoch keine Werte, die in Tendenz oder Streuung von den Erkennungsabständen der Gruppe der jungen Versuchsteilnehmer abweichen, was die Schlußfolgerung erlaubt, daß diese Störvariable als nicht verhaltenswirksam zu bezeichnen ist.

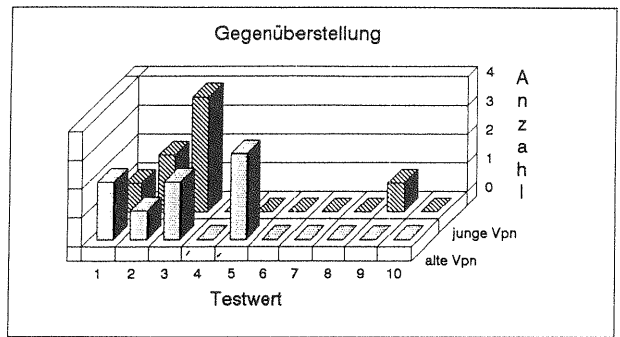


Abbildung 6.4: Item 5; Gegenüberstellung der Altersgruppen; 1 = sehr leicht, 10 = sehr schwer

6.3.2 Item 6

Empfanden Sie das Kopfhörmikrophon als störend?

Das Kopfhörmikrophon, zwecks optimaler Ausrichtung zum Sprecher in einen Kopfhörer mit einseitiger Ohrmuschel integriert, ergab für das linke Ohr eine leichte Beeinträchtigung der Wahrnehmung der akustischen Rückmeldung der Motordrehzahl. Es sollte kontrolliert werden, wie stark die störenden Einflüsse, die von dieser Konfiguration ausgehen, einzuschätzen sind. Abbildung 6.5 und 6.6 geben die Einschätzung der Vpn für die Gesamtstichprobe sowie für die Altersgruppen wieder.

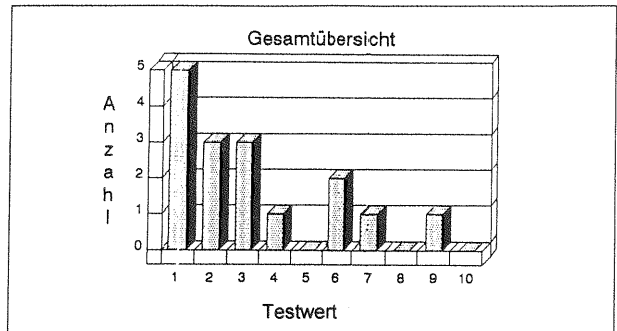


Abbildung 6.5: Item 6, Gesamtübersicht, alle Versuchsteilnehmer (n = 16); 1 = gar nicht störend, 10 = sehr stark störend

In Abbildung 6.5 ist eine linksschiefe eingipfelige Verteilung mit Mittelwert von 3,25 und einem Maximum (5 Vpn) bei 1 (Kopfhörmikrophon nicht störend) zu erkennen. Ein Teilnehmer (Vp 6) empfand das Kopfhörmikrophon als sehr störend. Auch hier wurden die Erkennungsabstände dieser Person auf erkennbare Abweichungen hinsichtlich Tendenz und Streuung untersucht. Da keine Abweichungen von den Kennwerten der zugehörigen Versuchsgruppe identifizierbar waren, wird auch hier die Hypothese beibehalten, daß die Störvariable keine Verhaltenswirksamkeit erlangt hat.

Der KOLMOGOROV-SMIRNOV-Test ergibt mit der Prüfgröße $KD/N = 2$ bei kritischem Wert von 6 ($p < .05$) keinen signifikanten Unterschied im Urteilsverhalten zwischen jungen und alten Versuchsteilnehmern.

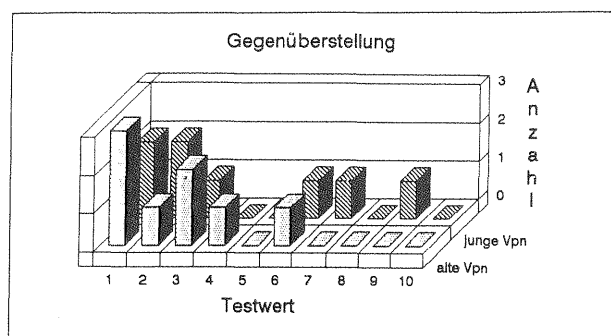


Abbildung 6.6: Item 6, Gegenüberstellung der Altersgruppen; 1 = gar nicht störend, 10 = sehr stark störend

6.4 Streckenmerkmale

Item 3

Wie groß schätzen Sie die Ähnlichkeit der befahrenen Strecke zu verkehrsarmen Landstraßen des normalen Straßennetzes bei Dunkelheit?

Dieses Item ist für die externe Validität, und somit auch für die Übertragbarkeit der Ergebnisse des Feldversuchs, aufschlußreich. Die Ratings dieses Items sind in Abbildung 6.7 und 6.8 jeweils als Gesamtbetrachtung und für die Versuchsgruppen getrennt dargestellt.

Aus Abbildung 6.7 läßt sich ersehen, daß die Personenurteile aus der Gesamtstichprobe einer breiten Streuung unterworfen sind. Das arithmetische Mittel liegt bei 5.4, was einer mittleren Ähnlichkeit der Versuchsstrecke mit Landstraßen des normalen Straßennetzes entspricht.

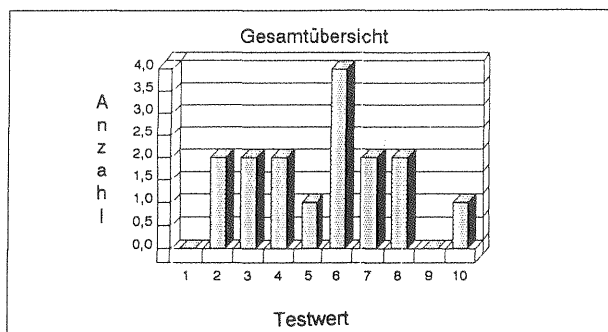


Abbildung 6.7: Item 3, Gesamtübersicht ($n = 16$); 1 = niedrige Ähnlichkeit, 10 = hohe Ähnlichkeit

Abbildung 6.8 klärt die Verteilung nach Altersgruppen auf und zeigt, daß tendenziell die jüngeren

Versuchsteilnehmer der Versuchsstrecke eine höhere Ähnlichkeit mit Landstraßen des normalen Straßennetzes zuordnen, als dies bei den älteren Versuchsteilnehmern der Fall ist. Dieser per Augenschein feststellbare Unterschied soll ebenfalls mit Hilfe des parameterfreien Prüfverfahrens nach KOLMOGOROV-SMIRNOV auf statistische Signifikanz untersucht werden.

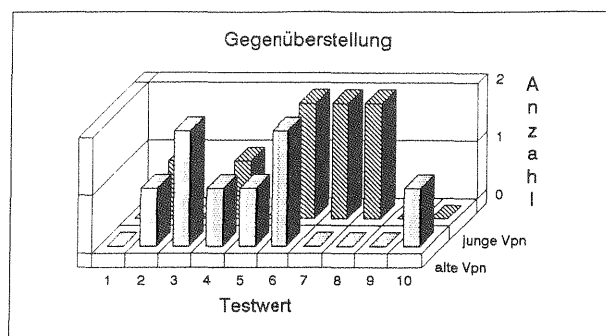


Abbildung 6.8: Item 3, Gegenüberstellung der Altersgruppen; 1 = niedrige Ähnlichkeit, 10 = hohe Ähnlichkeit

Es ergibt sich, daß die Nullhypothese einer gemeinsam zugrundeliegenden Verteilung (kein Unterschied in der Einschätzung von jüngeren und älteren Versuchsteilnehmern) bei einer Prüfgröße $KD/N = 3$ und einem kritischen Wert von 6 ($p < .05$) beibehalten werden muß. Die in Abbildung 6.8 sichtbaren Unterschiede zwischen den Gruppen sind also als zufällig bedingt zu betrachten.

6.5 Diskussion

Zunächst sei auf die signifikante Korrelation von Item 4 (Kontrollitem) mit Item 1 hingewiesen. Daraus läßt sich schließen, daß der Fragebogen von den Versuchsteilnehmern angenommen und ernsthaft bearbeitet wurde.

Darüber hinaus erreicht jedoch keine der zum Vergleich der beiden Versuchsgruppen durchgeführten statistischen Auswertungen Signifikanz. Vor dem Hintergrund der im statistischen Sinne kleinen Stichprobe kann diese Tatsache allein jedoch nicht als Grundlage für eine abschließende Beurteilung dienen.

Im folgenden werden die Ergebnisse der Nachbefragung noch einmal in einem tabellarischen Gesamtüberblick dargestellt und zusammenhängend diskutiert.

Tabelle 6.3 illustriert die Verteilungsunterschiede zwischen älteren und jüngeren Vpn in den Ratings des Fragebogens. Bei der Darstellung wurde zu-

sätzlich zum arithmetischen Mittel, dessen Bildung Intervallskalenniveau voraussetzt, auf den Median zurückgegriffen.

Item	Mittelwert jung – alt	Median jung – alt
Welche Anforderungen stellt die Strecke an Ihr fahrerisches Können? (Item 1)	6.9 – 5.5	8.0 – 5.5
Wie groß schätzen Sie die Ähnlichkeit der befahrenen Strecke zu verkehrsarmen Landstraßen des normalen Straßennetzes in der Dunkelheit? (Item 3)	6.0 – 4.9	6.5 – 4.5
Wie haben Sie die Bewältigung der Fahraufgabe während der Versuchsfahrt empfunden? (Item 4)	4.8 – 3.5	4.0 – 3.0
Wie schwer fiel Ihnen die Gewöhnung an das fremde Fahrzeug? (Item 5)	2.5 – 3.0	3.0 – 3.0
Empfanden Sie das Kopfhörermikrophon als störend? (Item 6)	3.9 – 2.6	2.5 – 2.5

Tabelle 6.3: Itemübersicht mit Gegenüberstellung der beiden Altersgruppen in arithmetischem Mittelwert und Median (derjenige Wert, über bzw. unter dem sich 50 % der Individuen einer Gruppe verteilen)

Im folgenden wird ein qualitatives Kriterium für einen lediglich tendenziellen, jedoch erwähnenswerten Unterschied in den Gruppenratings eingeführt: Unterscheiden sich die Versuchsgruppen sowohl im Median als auch im arithmetischen Mittel um mindestens einen ganzzahligen Wert, so soll dies als ein relevanter Unterschied in der Urteilstendenz interpretiert werden. Dieses Kriterium ist weniger streng als die zufallskritische Unterscheidung, wie sie von den statistischen Prüfverfahren für kleine Stichproben gefordert wird.

Zusammengefaßt lassen sich die tendenziellen Urteilsunterschiede sodann folgendermaßen beschreiben:

- Junge Personen empfanden höhere Anforderungen an ihr fahrerisches Können als ältere Teilnehmer (Item 1).
- Sechs von acht jüngeren Teilnehmern fiel es schwerer, dem Straßenverlauf zu folgen als üblicherweise bei Nachtfahrten, während dies nur bei zwei von acht älteren Teilnehmern der Fall war (Item 2).

- Junge Versuchspersonen empfanden die Fahraufgabe als schwieriger (Item 4).
- Die Gewöhnung an das fremde Fahrzeug fiel den jüngeren Teilnehmern subjektiv leichter (Item 3).
- Jüngere und ältere Personen schätzten die Ähnlichkeit der Versuchsstrecke mit verkehrsarmen Landstraßen bei Nacht in etwa gleich ein (Item 5).
- Jüngere Vpn empfanden das Kopfhörermikrophon etwa genauso störend wie die älteren Teilnehmer (Item 6).

Es sei nochmals darauf hingewiesen, daß die angesprochenen Unterschiede lediglich tendenziell zu beobachten sind, sie also zu gering ausfallen, um das 5 %-Signifikanzniveau zu erreichen. Eine qualitative Betrachtung kann uns jedoch sehr wohl erlauben, diese Unterschiede einer vorsichtigen Interpretation zugänglich zu machen, um sie mit weiteren Daten in Beziehung zu setzen.

Betrachtet man die Items, die unser qualitatives Kriterium überschreiten, so deuten sich Verteilungsunterschiede in denjenigen Items an, die kritisch auf die durch die Fahraufgabe induzierte Beanspruchung des Fahrzeugführers reagieren sollten. Dabei weisen die gefundenen Unterschiede für jüngere Personen in größerem Maße Schwierigkeiten mit der Fahrsituation im Nachtfahrversuch aus, als dies bei älteren Menschen der Fall ist (Item 1, 2, 4).

Fragebogenitems, die sich auf die eventuellen Störvariablen des experimentellen Aufbaus beziehen (Kopfhörermikrophon, fremdes Fahrzeug), bleiben auch unter dem weicheren, qualitativen Kriterium unterschiedslos. Dies gilt nicht für die Ähnlichkeitseinschätzung der Versuchsstrecke mit verkehrsarmen Landstraßen bei Nacht. Jedoch handelt es sich hier um ein Item, das keine direkte Verbindung zur subjektiv erlebten Beanspruchung aufweist.

Eine mögliche Schlußfolgerung ist die, daß ältere und somit erfahrenere Fahrzeugführer eher in der Lage sind, sich speziellen Fahrsituationen anzupassen und in der Folge eine geringere Beanspruchung durch die Fahraufgabe erleben.

Im Ausblick auf die weiteren Ergebnisse des Nachtfahrversuches müßte diese Hypothese, die in den Daten der Nachbefragung aufgrund der geringen Ausprägungsunterschiede keine erschöpfende Evidenz finden kann, mit anderen Daten in Beziehung gesetzt werden. So ist zu erwarten, daß

eine unterschiedliche Adaptation der Altersgruppen auf die Fahraufgabe zu unterschiedlichem Geschwindigkeitsverhalten führt. Das besser angepasste Fahrverhalten könnte sich in einer reduzierten Geschwindigkeit niederschlagen. Dadurch stünde älteren Personen mehr Zeit zur Verfügung, auf Änderungen des Straßenverlaufs (vgl. Item 2) zu reagieren. Darüber hinaus könnte sich daraus allgemein eine Reduzierung des work load (vgl. MORAY, 1979; WICKENS, 1984) und somit der erlebten Beanspruchung ergeben.

7 Geschwindigkeitsauswertung

7.1 Einleitung

Vorbereitend auf die Ergebnisdarstellung wird im folgendem darauf eingegangen, wie das Geschwindigkeitsverhalten in der vorliegenden Untersuchung erhoben wurde. Nach einer allgemeinen Einführung zur Bedeutung der gefahrenen Geschwindigkeit bei der Erhebung von Erkennungsabständen werden diejenigen spezifischen Fragestellungen behandelt, die sich aus dem verwendeten Untersuchungsdesign ergeben. Zu diesem Zweck erfolgt zuerst die Herleitung der Fragestellung, um die Einordnung der Geschwindigkeitsdaten in den Untersuchungskontext zu erleichtern. Die Ergebnisse der Geschwindigkeitsauswertung in bezug auf die Fragestellung werden dargestellt. Abschließend findet eine Übersichtsdarstellung der Geschwindigkeitsdaten und eine Zusammenfassung der wesentlichen Befunde statt.

7.2 Messung der gefahrenen Geschwindigkeit

Bei der Datenspeicherung auf der Datenspur des Videobandes wurde jeweils auch ein Datum für die aktuell gefahrene Geschwindigkeit abgelegt. Da die Daten mit einer Frequenz von 10 Hz gesammelt wurden (vgl. Teil III, Kap. 4), beträgt die zeitliche Auflösung 100 msec. Bei der empirisch gefundenen, über Bedingungen und Personen gemittelten, Geschwindigkeit von 56,2 km/h entspricht dies einer räumlichen Auflösung von 1,6 m. Um den Zeitpunkt des Erkennens eines Bezugsobjektes zu kennzeichnen, wurde als kritischer Fahrabschnitt eine Strecke von 100 m vor Abgabe der verbalen Reaktion in die Auswertung einbezogen. Bei 56,2 km/h wird dieser Fahrabschnitt in einem Zeitraum von ca. 6 sec zurückgelegt. In diesem Zeitab-

schnitt sollen die für die Erkennung des Bezugsobjektes kritischen Wahrnehmungsprozesse ablaufen. Die Kontrolle des Faktors gefahrene Geschwindigkeit gilt somit als gewährleistet, da die zu berücksichtigende Reaktionszeit, vom Erkennen eines Objektes bis zur Abgabe der motorischen Reaktion, weit unterhalb dieser Zeitspanne liegt (vgl. auch OLSON & SIVAK, 1986; JOHANSSON & RUMAR, 1971; SUMMALA, 1981; TRIGGS & HARRIS, 1982; sowie u. Tab. 7.2).

Die Fahrstrecke von 100 m wurde zur Datengewinnung in Fünfmeterintervalle unterteilt. Für jedes Intervall wurde ein Geschwindigkeitsdatum in die Auswertung einbezogen. Dies erlaubt auch eine Betrachtung des zeitlichen Verlaufs des Geschwindigkeitsverhaltens im kritischen Fahrintervall.

7.3 Zur Rolle der gefahrenen Geschwindigkeit bei der Messung der Erkennungsabstände

Die Bedeutung der gefahrenen Geschwindigkeit bei der Bewertung von Erkennungsabständen wurde schon bei SCHMIDT-CLAUSEN (1984) angesprochen. Durch die Reaktionszeit des Fahrzeugführers verkürzt sich der Abstand vom Erkennen eines Objektes bis zum Erreichen desselben beträchtlich. Zur Illustration dieses Zusammenhanges wurde in Abb. 7.1 die zurückgelegte Fahrstrecke in Abhängigkeit von der Totzeit (Reaktionszeit) für unterschiedliche Geschwindigkeiten dargestellt.

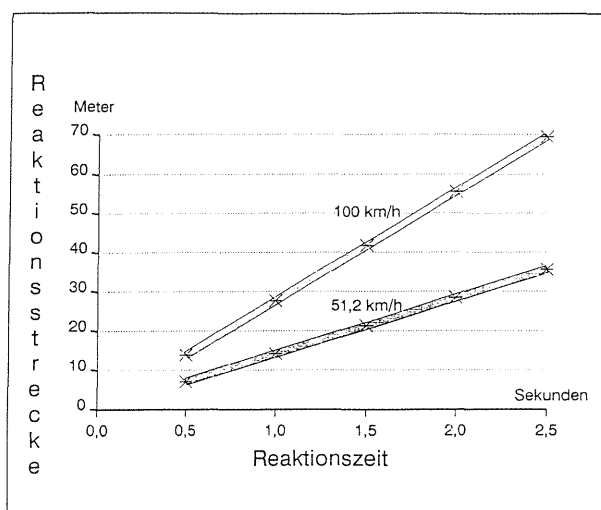


Abbildung 7.1: Reaktionsstrecke in Abhängigkeit von der gefahrenen Geschwindigkeit. Die Daten berechnen sich aus (Geschwindigkeit/3600) hypothetische Reaktionszeit.

Aus den dargestellten Zusammenhängen wird deutlich, daß bei einem Vergleich von älteren und jüngeren Versuchsteilnehmern auch dem Faktor Reaktionszeit Beachtung zu schenken ist. Die während der Reaktionszeit zurückgelegte Fahrstrecke wäre eigentlich zum gemessenen Erkennungsabstand hinzu zu addieren, um einen wahren Erkennungsabstand zu definieren. Es konnte jedoch bereits in der Taskomatuntersuchung (vgl. Teil II, Kap. 7) gezeigt werden, daß sich ältere und jüngere Versuchsteilnehmer hinsichtlich der einfachen manuellen Reaktionszeit nicht unterscheiden. Dieser Befund wird durch eine Untersuchung von OLSON und SIVAK (1986) gestützt. Daher ist auch für die vorliegende Untersuchung keine Verzerrung der Erkennungsabstände durch altersspezifische Reaktionszeiten zu erwarten.

Auch für den Vergleich der Versuchsbedingungen erwartet und unerwartet soll der Reaktionszeitfaktor betrachtet werden. Dazu müssen zunächst die mentalen Prozesse bei unterschiedlichen Ereignissen differenziert betrachtet werden. Die Reaktionszeit bei plötzlichem Auftauchen eines gut sichtbaren Objektes ist ohne Schwierigkeiten zu definieren. Der Zeitpunkt der Erkennbarkeit des Objektes ist objektiv festgelegt und die Messung der Fahrstrecke bis zum Erfolgen der motorischen Reaktion lediglich eine Frage der technischen Ausrüstung.

So arbeiteten OLSON und SIVAK (1986), JOHANSSON und RUMAR (1971), SUMMALA (1981) und TRIGGS und HARRIS (1982) mit Methoden, die das schlagartige Sichtbarwerden eines Objektes zu einem definierten Zeitpunkt sicherstellen. Dies wurde durch das Überfahren eines Bergkammes, das auf-die-Fahrbahn-Werfen eines Kunststoffwürfels, dem Durchfahren einer Kurve mit sichtbegrenzendem Kurvenradius oder einfach durch das Aufleuchten einer am Straßenrand angebrachten Signalvorrichtung realisiert. Gemeinsam ist diesen Methoden die Arbeit mit stark überschwelligem Reizen, wodurch eine für Nachtfahrten atypische Situation entsteht. Kennzeichnend für die Nachtfahrtsituation sind visuelle Bezugsobjekte, welche eben nicht gut sichtbar sind, sondern sich eher in der Nähe der Wahrnehmungsschwelle befinden.

Wird eine Erwartungshaltung in oben skizzierte Experimente eingeführt, so reduziert sich deren Wirkung auf die Möglichkeit der motorischen Vorprogrammierung und der Herabsetzung der Erregungsschwelle in den betreffenden Muskelpartien.

Wie die Wirkung eines kognitiven Faktors Erwartung auf die Auslese von Informationen aus dem Fahrbahnumfeld, deren Wahrnehmbarkeit aufgrund der Beleuchtungsbedingungen und den physiologischen Begrenzungen der Sehleistung bei Dunkelheit in der Nachtfahrtsituation erschwert ist, kann mit den experimentellen Aufbauten dieser Untersuchungen nicht erfaßt werden. Ein Fahrzeugführer, der über das Auftauchen eines gut sichtbaren Objektes hinter der nächsten Bergkuppe informiert ist, kann alles unternehmen, um sich zum antizipierten Zeitpunkt des Überfahrens der Bergkuppe auf die motorische Reaktion vorzubereiten. Er kann jedoch kaum Effizienz und Schnelligkeit der Wahrnehmung eines stark überschwelligem Reizes steigern. Dies steht im Gegensatz zu den Möglichkeiten der verbesserten Informationsauslese in Nachtfahrtsituationen, wie sie sich aufgrund der Aufmerksamkeitssteuerung durch eine kognitive Erwartungshaltung ergeben kann und wie sie in der vorliegenden Untersuchung realisiert wurde.

Die gesamte Anlage und das Ziel der vorliegenden Untersuchung machen die objektive Definition eines Sichtbarkeitsmomentes unmöglich, da gerade dieser als abhängige Variable Gegenstand der Untersuchung war. Darüber hinaus mußte nicht nur das Vorhandensein eines Objektes im Straßenraum entdeckt werden, sondern es waren auch diskriminative Prozesse notwendig, um das Bezugsobjekt eindeutig identifizieren zu können.

Mit Hilfe der gefahrenen Geschwindigkeit und der gemessenen Erkennungsabstände wurde der zwischen den Bedingungen erwartet und unerwartet gefundene Unterschied in den Sichtbarkeitsabständen in Tabelle 7.1 in einen Zeitvorteil der Erwartet-Bedingung umgerechnet. Dieser Zeitvorteil wurde mit denjenigen der oben genannten Studien, die ebenfalls einen Faktor „Erwartung“ enthalten, verglichen (s. Tab. 7.2). Der aus diesen Studien entnehmbare Zeitvorteil ergibt sich, wenn:

- (1) das Objekt, auf das reagiert wird, gut sichtbar ist
- (2) keine diskriminativen Prozesse erfordert
- (3) der Zeitpunkt seines Auftretens exakt antizipierbar ist.

Aus Tabelle 7.1 ist zu entnehmen, daß die jüngeren Versuchsteilnehmer ein Objekt im Mittel 0,95 sec früher identifizierten, wenn das Auftreten des Objektes angekündigt war. Für die älteren Teilnehmer ergibt sich sogar ein Zeitvorteil von 1,52 sec.

Gruppe	EKADIF	Geschwindigkeit	Zeit
jüngere Vpn	14.77	56.15	0.95
ältere Vpn	23.72	56.25	1.52

EKADIF = Differenz zwischen den Erkennungsabständen der Erwartet- und der Unerwartet-Bedingung (in m); Geschwindigkeit in km/h; Zeit in sec

Tabelle 7.1: Zeitvorteil der Erwartet-Bedingung BAST 8708

Quelle	Gruppe	UEW	EW	Zeitvorteil
OLSON & SIVAK (1986)	jüngere Vpn	1.1	0.7	0.4
OLSON & SIVAK (1986)	ältere Vpn	1.09	0.71	0.42
JOHANNSSON & RUMAR (1971)	k.u.	0.73	0.54	0.19
BAST 8708	jüngere Vpn			0.95
BAST 8708	ältere Vpn			1.52

UEW = unerwartet (in sec); EW = erwartet (in sec); Zeitvorteil in sec; k.u. = keine Unterscheidung

Tabelle 7.2: Gegenüberstellung der Untersuchungen

Für die Interpretation der in Tabelle 7.2 dargestellten Sachverhalte wurden bereits die wesentlichen Unterschiede zu den Versuchsanlagen der Literaturquellen besprochen. Der Vergleich läßt deshalb folgende Interpretationen zu:

- Mit steigender Komplexität der durch den Faktor Erwartungshaltung beeinflussten Wahrnehmungsprozesse steigt der Zeitvorteil, der durch die Erwartungshaltung induziert ist.
- Die bloße Reduktion des Faktors Erwartung auf motorische Vorprogrammierung unter optimalen Sichtbedingungen führt zu einer dramatischen Unterschätzung der Bedeutsamkeit kognitiver Prozesse in der Straßenverkehrssituation bei Nachtfahrten.
- Unter für Nachtfahrten typischen Wahrnehmungsbedingungen scheinen ältere Verkehrsteilnehmer von einer kognitiven Erwartungshaltung tendenziell stärker zu profitieren (früheres Erkennen von Objekten), als dies bei jüngeren der Fall ist.

7.4 Betrachtung von Geschwindigkeitsunterschieden in experimentellen Bedingungen

7.4.1 Kognitive Erwartungshaltung

Über das oben Gesagte hinaus stellt sich die Frage, ob die Versuchsteilnehmer durch die Information über das räumlich-zeitliche Auftauchen des Bezugsobjektes zu einer Änderung ihres Geschwindigkeitsverhaltens veranlaßt wurden. Neben dem beabsichtigten Effekt einer gesteigerten Aufmerksamkeit für den Fahrbahnrand und der angenommenen effektiveren Auswertung optischer Information ist hinsichtlich der gefahrenen Geschwindigkeit ein taktisches Verhalten denkbar. Reduzieren die Personen in der Erwartet-Bedingung die Fahrzeuggeschwindigkeit, so verbleibt ihnen mehr Zeit für die Informationsauslese und -interpretation. Dies würde zu einer Invalidierung der Ergebnisse dieser Untersuchungsbedingung führen. Zur Betrachtung der Geschwindigkeit wurden die Einzeldaten des 100-Meter-Intervalls zu einem Mittelwert zusammengefaßt.

Gruppe	Erwartet	Unerwartet
jüngere Vpn	56.3	56.0
ältere Vpn	56.3	52.7

Werte in km/h

Tabelle 7.3: Gegenüberstellung der Geschwindigkeitswerte für die Bedingung *erwartet* – *unerwartet*

Bei einem spaltenweisen Vergleich der Geschwindigkeitswerte in Tabelle 7.3 ist zu entnehmen, daß die gefahrenen Geschwindigkeiten zwischen den Bedingungen erwartetes und unerwartetes Auftauchen von Bezugsobjekten nahezu identisch sind. Damit sind die festgestellten Unterschiede in den Erkennungsabständen nicht auf den Geschwindigkeitsfaktor rückführbar.

7.4.2 Jüngere und ältere Versuchsteilnehmer

Bei einem zeilenweisen Vergleich der beiden Versuchsgruppen in Tabelle 7.3 ergeben sich ebenfalls kaum Abweichungen in der gefahrenen Geschwindigkeit.

7.4.3 Kurvige und gerade Streckenabschnitte

Zwischen kurvigen und geraden Streckenabschnitten lassen sich Geschwindigkeitsunterschiede beobachten, die jedoch nicht allzu groß

ausfallen. Dies kann jedoch nicht weiter überraschen, betrachtet man die Fahrbedingungen, die diese Unterschiede entstehen lassen. Zum einen ist es natürlich plausibel, daß in Kurven langsamer gefahren wird als auf geraden Streckenabschnitten. Andererseits ist die auf geraden Streckenabschnitten maximal erreichbare Fahrzeuggeschwindigkeit durch die ausschließliche Verwendung des Abblendlichtes begrenzt.

Die Bildung eines Mittelwertes aus dem kritischen Fahrintervall in kurvigen Streckenabschnitten scheint hier nicht unbedingt die sinnvollste Darstellungsform für das Geschwindigkeitsverhalten, da hier das Geschwindigkeitsverhalten wesentlich komplexer ist, als dies bei geraden Streckenabschnitten der Fall ist. So kann davon ausgegangen werden, daß bei Erreichen einer Kurve das Fahrzeug abgebremst wird und bei Befahren des Streckenabschnittes von Beginn der Kurve bis zum Scheitelpunkt eine langsamere Geschwindigkeit beibehalten wird. Nach Durchfahren des Scheitelpunktes ist ein Herausbeschleunigen des Fahrzeuges anzunehmen. Dieses Verhalten kann dazu in Abhängigkeit vom Kurvenradius variieren.

Deshalb werden drei Indizes zur Beschreibung des Geschwindigkeitsverhaltens herangezogen: der Mittelwert aus den Einzeldaten des 100-Meter-Intervalls (VMit), der Geschwindigkeitswert bei Reaktionsabgabe (VReak) und der Minimalwert des gesamten Intervalls (VMin).

Index	kurvig	gerade	Differenz
VMit	53.1	58.8	5.6
VReak	48.8	59.9	11.1
VMin	48.2	57.4	9.2
VMit = Mittelwert aus den Einzeldaten des 100-m-Intervalls; VReak = Geschwindigkeitswert bei Reaktionsabgabe; VMin = Minimalwert des gesamten Intervalls; Werte in km/h			

Tabelle 7.4: Geschwindigkeitsindizes der unterschiedlichen Streckenabschnitte

Aus Tabelle 7.4 geht hervor, daß der Mittelwert zu einer Unterschätzung des Unterschiedes zwischen den Bedingungen führt. Zum Zeitpunkt der Reaktion zeigen sich die größten Unterschiede zwischen diesen Bedingungen. Bei der Betrachtung des Minimalwertes ist auch von Interesse, zu welchem Zeitpunkt des 100-m-Intervalles dieser auftritt. Fällt die minimale Geschwindigkeit mit

dem Zeitpunkt der Reaktion zusammen, so kennzeichnet dies das Sinken der Fahrzeuggeschwindigkeit vor dem Scheitelpunkt der Kurve. Dies war bei den Bezugsobjekten 1, 2 und 7 der Fall. Beim Bezugsobjekt 6 findet sich das Minimum vor der Reaktionsabgabe, so daß sich hier das Fahrzeug bereits in einer Phase des Beschleunigens befindet und der Unterschied in VReak und VMin lediglich durch dieses Bezugsobjekt verursacht wird.

Die psychomotorische Reaktionszeit der Versuchspersonen muß als eine Zeitkonstante angesehen werden. Diese führt bei unterschiedlichen Geschwindigkeiten zu einer leichten Verzerrung der Erkennungsabstandsdaten. Bei einem Geschwindigkeitsunterschied von 11,1 km/h zum Zeitpunkt der Reaktion führt eine Reaktionskonstante von einer Sekunde zu einem Unterschied in den gemessenen Erkennungsabständen von rund drei Metern. Bei einem festgestellten Mittelwertsunterschied von 46,7 m zwischen den Bedingungen kurvig und gerade kann diese Verzerrung jedoch als vernachlässigbar angesehen werden. Sie umfaßt lediglich 6,4 % des festgestellten Unterschiedes in den Erkennungsabständen. Darüber hinaus wirkt die Reaktionskonstante als konservativer Faktor, da sich eine Korrektur der Verzerrung im Sinne einer Vergrößerung des Unterschiedes in den Erkennungsabständen auswirken würde.

7.5 Subjektive Fahrsicherheit und Geschwindigkeit

In der Instruktion zu Beginn des Fahrversuches wurden die Versuchsteilnehmer angewiesen, ihr Fahrverhalten so einzurichten, wie es ihrer sonst üblichen Fahrweise entspräche. Die Instruktion enthielt den Satz: „Halten Sie bitte Geschwindigkeiten ein, bei denen Sie sich sicher und wohl fühlen.“ Wie in Tabelle 7.5 ersichtlich, entsprach dies auf geraden Streckenabschnitten einer Geschwindigkeit von 58,8 km/h. Bei Abblendlicht ist die Ausleuchtung des Straßenbereiches auf 50 m begrenzt. Dies entspricht einem Zeitintervall (im traking die sog. „preview“) von 3.1 sec, in dem das Fahrzeug die Strecke bis zu einem im Scheinwerferlicht auftauchenden Objekt zurücklegt. Berechnet man den Anhalteweg anhand der Faustformel, wie sie in den Arbeitsmaterialien zur Fahrschulung (VVR-Lehrmittel) zu finden ist, so erhält man bei 58,8 km/h einen Anhalteweg von 52 m, der sich somit gerade an der Grenze des Sichtbarkeitsbereiches bewegt:

Anhalteweg = Reaktionsweg + Bremsweg

Reaktionsweg = (Geschwindigkeit/10) × 3

Bremsweg = (Geschwindigkeit/10)^{2D}

Dabei wird eine Reaktionsdauer von ca. 1 sec zugrundegelegt, was im vorliegenden Beispiel einer Strecke von 17,64 m entspricht. Die hier verwendete Reaktionsdauer von 1 sec ist eine sehr optimistische Schätzung von Reaktionszeiten. Wie sich leicht anhand der Faustformel errechnen läßt, führt eine Verlängerung der Reaktionszeit zu einem verlängerten Anhalteweg. Zudem gilt die angegebene Faustformel (und das obige Beispiel) nur für optimale Straßenverhältnisse. Bei nasser Straße verlängert sich der Brems- und somit auch der Anhalteweg.

Da bei dieser Berechnung von der über alles gemittelten Geschwindigkeit ausgegangen wird, auf geraden Streckenabschnitten jedoch auch Geschwindigkeiten bis zu 70 km/h gefunden wurden, sollte darüber hinaus die Möglichkeit einer Ausweichbewegung in Betracht gezogen werden. SHERIDAN und ROLAND fanden schon 1967 mittlere Reaktionslatenzen von 1,7 sec, um bei 64 km/h eine Ausweichbewegung von 2,5 m seitlicher Abweichung herbeizuführen (zit. nach SUMMALA, 1981). Um sich sicher und wohl zu fühlen, reichte den Versuchsteilnehmern bei Geschwindigkeiten oberhalb 58 km/h also die subjektive Gewißheit, bei einem plötzlich auftauchenden Objekt eine genügend große Ausweichbewegung innerhalb der zur Verfügung stehenden Zeit ausführen zu können.

7.6 Homogenität der Gruppen

Ein weiterer möglicher Betrachtungspunkt ist die Abweichung der Individuen einer Gruppe untereinander. Homogenität bedeutet hierbei ein jeweils ähnliches Geschwindigkeitsverhalten der einzelnen Gruppenmitglieder. Als Maß für die Abweichung der Personen untereinander kann hierzu die Standardabweichung jeder Gruppe herangezogen werden. Diese beträgt, über alle Bedingungen und Bezugsobjekte betrachtet, für die jüngeren Versuchsteilnehmer 9,1 km/h, entsprechend 16,2 %, und für die älteren Personen 6,1 km/h, entsprechend 10,8 % des Mittelwertes (56,2 km/h). Damit bleiben die Unterschiede in der Gruppenhomogenität unterhalb des Signifikanzniveaus.

7.7 Diskussion

Hinsichtlich des Faktors Erwartung konnte mit Hilfe der Geschwindigkeitsauswertung ein Zeitvorteil von 0,95 sec für jüngere Versuchsteilnehmer beim Erkennen der Bezugsobjekte ermittelt werden. Für die älteren betrug dieser sogar 1,52 sec. Die Schwächen der bisher bekannten Untersuchungen hinsichtlich der externen Gültigkeit ihrer Ergebnisse (Validitätsproblem) bei der Realisierung des Faktors Erwartung wurden ausführlich dargestellt. Somit stellt das im Projekt 8708 verwendete Design eine hinsichtlich der externen Validität angemessenere Operationalisierung des Erwartungsfaktors dar. So konnte gezeigt werden, daß ein bedeutender Effekt dieses kognitiven Faktors hinsichtlich der früheren Erkennbarkeit von Bezugsobjekten besteht.

Darüber hinaus konnten alle Ergebnisse aus der Gegenüberstellung der experimentellen Bedingungen gegen einen verfälschenden Einfluß unterschiedlicher Geschwindigkeiten abgesichert werden. In den Bedingungen erwartet bzw. unerwartet und dem Vergleich der beiden Altersgruppen konnten keine Geschwindigkeitsunterschiede gefunden werden, die über eine minimale zufällige bedingte Schwankung hinausgehen.

Bei der Betrachtung der gefahrenen Geschwindigkeit in kurvigen und geraden Streckenabschnitten ergaben sich Unterschiede von rund 11 km/h. Die wesentlich geringeren Erkennungsabstände in Kurvenabschnitten würden sich bei einer Korrektur dieses Geschwindigkeitsunterschiedes im Verhältnis zu den geraden Streckenabschnitten nochmals verschlechtern. Damit wird die Verschlechterung der Erkennbarkeit eines Fußgängers in kurvigen Straßenabschnitten wiederum unterstrichen.

Unter Teil II, Kapitel 7 wurde bei der Darstellung der Ergebnisse der Taskomatuntersuchung eine signifikant verminderte Leistung in der laborexperimentellen Spurhalteaufgabe (tracking) für die ältere Altersgruppe gefunden. Daraus wurde die Hypothese abgeleitet, daß bei externer Gültigkeit der Ergebnisse der Taskomatuntersuchung in bezug auf die Fahraufgabe eine verminderte Fahrgeschwindigkeit der älteren Versuchsteilnehmer im Sinne eines kompensatorischen Verhaltens beobachtbar sein könnte. Diese Hypothese konnte durch die Daten nicht bestätigt werden.

Somit bleiben die Unterschiede zwischen den Versuchsgruppen in der Spurhalteaufgabe ohne praktische Implikation für das reale Fahrverhalten. Ein

möglicher Erklärungsansatz dieses Sachverhaltes ist das Vorhandensein größerer feinmotorischer Anteile in der laborexperimentellen Spurhalteaufgabe, als dies bei tatsächlichen Steuerbewegungen am Lenkrad der Fall ist. Obwohl anzumerken bleibt, daß keine Analyse des Steuerverhaltens im Nachtfahrversuch als direktes Bewertungskriterium zur Verfügung stand, muß der Taskomat als Prädiktorinstrument für Parameter des Geschwindigkeitsverhaltens kritisch beurteilt werden.

Unter Teil III, Kapitel 6 wurde in der Diskussion auf die in den Experimentalgruppen unterschiedlich erlebte subjektive Beanspruchung durch die Fahraufgabe eingegangen. Ältere Versuchsteilnehmer wiesen ein signifikant geringeres Beanspruchungserleben auf. Auch dieser Sachverhalt läßt sich nicht einfach durch eine Verringerung der gefahrenen Geschwindigkeit dieser Personengruppe erklären. Vielmehr scheinen die älteren Teilnehmer vor dem Hintergrund ihrer größeren Fahrerfahrung über andere kognitive Bewältigungsstrategien zu verfügen, die zu einer psychischen Entlastung unter schwierigen Fahrbedingungen führen. Ob sich dieser Gegenstand auch in Variablen des Fahrverhaltens nachweisen läßt, bleibt weiteren Betrachtungen zur Klärung vorbehalten (vgl. auch Teil VI).

Teil IV: Vergleich der Labor- und Felddaten

1 Einleitung

Im Rahmen der Einleitung im Teil I wurde bereits auf die Tatsache hingewiesen, daß die Tagessehschärfe zwar sehr häufig in verkehrspsychologischen Untersuchungen Anwendung findet, die Kontrastempfindlichkeit aber nur sehr selten in Zusammenhang mit Fahrten in der Dunkelheit untersucht wurde. Dies ist insofern überraschend, da die psychophysikalische Forschung auf diesem Gebiet sich immerhin über einen Zeitraum von 20 Jahren erstreckt (CAMPBELL & ROBSON, 1986; OLZAK & THOMAS, 1986). Daneben ist es beim mesopischen Sehen weniger relevant, die dargebotenen Objekte genau zu erkennen, sondern relativ geringe Helligkeitsunterschiede möglichst gut zu erkennen. Deshalb bestand ein Hauptziel des Forschungsprojekts 8708 in der Überprüfung eines möglichen Zusammenhangs

zwischen Kontrastsensitivität und Erkennungsabständen bei Nachtfahrten.

2 Zielsetzung

Für die statische Sehschärfe zeigt sich in einer Vielzahl von Untersuchungen (z. B. HILLS & BURG, 1977), daß kaum ein Zusammenhang zwischen Sehschärfe und Unfallhäufigkeit besteht. Die Bedeutung der Tagessehschärfe für die Erkennungsabstände bei Nachtfahrten äußert sich laut AULHORN (1980) in einer Reduzierung der Tagessehschärfe auf 20 %. Weiterhin wurden Werte der Tagessehschärfe verwendet, um den Erkennungsabstand für ein wohldefiniertes Einheitsobjekt sowie den nötigen Anhalteweg zu schätzen (COHEN, 1986). Der postulierte Zusammenhang zwischen Tagessehschärfe und Erkennungsabstand kann in der vorliegenden Untersuchung anhand der Korrelationen zwischen diesen Werten empirisch überprüft werden. Dabei erfolgt – im Gegensatz zu der Studie von COHEN (1986) – eine Variation der Bezugsobjekte, was zu einer Erhöhung der externen Validität führen sollte.

Wie oben bereits angedeutet, fand die Erhebung der Kontrastempfindlichkeit nur in sehr wenigen verkehrspsychologischen Untersuchungen Anwendung. SHINAR (1985) fand Korrelationen von $r = .5$ zwischen der Kontrastempfindlichkeit und dem Erkennungsabstand eines Bezugsobjektes mit dunkler Kleidung (Reflexionsgrad von 5 %). Dabei wurde die Kontrastempfindlichkeit anhand von SNELLENS E mit variabler Hintergrundleuchtdichte bestimmt, jedoch ohne genauere Angabe der Methodik. Bei Benutzung von heller Kleidung (Reflexionsgrad von 70 %) verschwand dieser Zusammenhang. Um neue Erkenntnisse hinsichtlich dieser Problematik zu erhalten, sollte mit Hilfe der zu beschreibenden Korrelationen der Zusammenhang zwischen Kontrastsensitivität und Erkennungsabstand bei Nachtfahrten ermittelt werden. Dabei wurde die Kontrastsensitivität in der vorliegenden Untersuchung durch die Ginsburg-Charts und die Dämmerungsehschärfe anhand des Mesoptometer II bestimmt.

Bei Nachtfahrten fällt die zur Verfügung stehende visuelle Information im Vergleich zu Tagfahrten gering aus. Deshalb wurde angenommen, daß relativ grobe Informationen zur Identifikation von Objekten beitragen. Dabei scheinen die Ginsburg-Charts am besten geeignet zu sein, diese Eigenschaft von Nachtfahrten widerzuspiegeln. Neben

der Kontrastsensitivität kann mit ihrer Hilfe der Einfluß von Ortsfrequenzen auf die Wahrnehmungsleistung (s. Teil II, Kap. 5) untersucht werden. Im Gegensatz dazu wird bei der Bestimmung der Dämmerungssehschärfe mit dem Mesoptometer II die Ortsfrequenz nicht berücksichtigt.

3 Ergebnisse

Die Zusammenhänge zwischen Sehtest und Erkennungsabständen wurden mit Hilfe der Produkt-Moment-Korrelation berechnet. Im folgenden werden die Ergebnisse für die einzelnen Sehtestverfahren beschrieben.

3.1 Tagessehschärfe

Es zeigte sich eine nicht signifikante negative Korrelation ($r = -.418$) zwischen der Tagessehschärfe und den durchschnittlich ermittelten Erkennungsabständen.

3.2 Kontrastsensitivität

Lediglich die Korrelation zwischen der Ortsfrequenz 12 der Ginsburg-Charts und den mittleren Erkennungsabständen war signifikant ($r = .434$; $p < .05$). Die Korrelation der Ortsfrequenzen mit den erhobenen Erkennungsabständen verdeutlicht Tabelle 3.1.

Ortsfrequenz	Korrelation	p
1.5	-.15	n.s.
3	.365	n.s.
6	.372	n.s.
12	.434	$p < .05$
18	.158	n.s.

Tabelle 3.1: Korrelationen der mittleren Erkennungsabstände mit den einzelnen Ortsfrequenzen der Ginsburg-Charts

3.3 Dämmerungssehschärfe

Die Korrelationen der mittleren Erkennungsabstände mit den Daten des Mesoptometer II sind nicht signifikant. Bei einer Hintergrundleuchtdichte von $0,1 \text{ cd/m}^2$ beträgt die Korrelation $r = .367$ und bei $0,032 \text{ cd/m}^2$ $r = .309$.

4 Diskussion

4.1 Tagessehschärfe

Die Korrelation der Tagessehschärfe mit den mittleren Erkennungsabständen ist, wie oben beschrieben, nicht signifikant.

4.2 Kontrastsensitivität

Für die Ginsburg-Charts wurden aufgrund ihrer theoretischen Konzeption relativ hohe Korrelationen mit den durchschnittlich ermittelten Erkennungsabständen dieser Studie erwartet. Allerdings zeigte sich lediglich für die Ortsfrequenz 12 eine signifikante Korrelation. Das Ausmaß des korrelativen Zusammenhangs zwischen den Testergebnissen in den Ginsburg-Charts und den durchschnittlichen Erkennungsabständen war somit geringer als angenommen. Interessant ist aber, daß die Korrelationen für die mittleren Ortsfrequenzen (3, 6, 12) im Vergleich zur hier höchsten (18) und niedrigsten Ortsfrequenz (1,5) größer ausfallen. Bei genauerer Betrachtung erscheint dieses Ergebnis nicht unplausibel. Die niedrige Ortsfrequenz (1,5) liefert dem visuellen System nur sehr grobe Informationen. Diese reichen nicht aus, ein Objekt so detailliert wahrzunehmen, daß eine Identifikation, wie sie im Feldversuch gefordert wurde, möglich wäre. Bei der höheren Ortsfrequenz (18) dagegen handelt es sich um sehr feine visuelle Informationen. Hier muß davon ausgegangen werden, daß die nächtlichen Lichtverhältnisse nicht genügen, diese detaillierte Information zu vermitteln. Außerdem kann angenommen werden, daß zur Identifikation von Bezugsobjekten eine detaillierte visuelle Information nicht erforderlich ist. Deshalb kann auch dieses Ergebnis als durchaus sinnvoll betrachtet werden. Vor diesem Hintergrund spiegeln die mit den Ginsburg-Charts gefundenen Resultate zumindest Teilaspekte der nächtlichen Wahrnehmung wider. Allerdings zeigt sich, daß der Zusammenhang selbst für dieses gut fundierte Testverfahren mit den erhobenen Erkennungsabständen nicht überschätzt werden kann.

4.3 Dämmerungssehschärfe

Für das Mesoptometer II zeigten sich keine signifikanten Zusammenhänge mit den im Feld erhobenen mittleren Erkennungsabständen. Zwar ergab sich bei einer Hintergrundleuchtdichte von $0,1 \text{ cd/m}^2$ als auch von $0,032 \text{ cd/m}^2$ ein positiver Zusammenhang zwischen den Testwerten und den mittleren Erkennungsabständen, die Korrelationen

sind jedoch nicht signifikant, weisen zumindest aber in die erwartete Richtung.

Diese geringen Korrelationen zeigen erneut, daß der Zusammenhang der Ergebnisse dieses Testverfahrens mit den im Feld erhobenen Erkennungsabständen nicht so ausgeprägt ist, wie er in der Literatur postuliert wird. Auch an dieser Stelle muß auf den selektiven Charakter der Stichproben hingewiesen werden.

5 Einfluß der Faktoren Streckenverlauf und Erwartung auf den Zusammenhang der Labor- und Felddaten

5.1 Ziel

Im folgenden Abschnitt wird eine detaillierte Betrachtung der Korrelationen zwischen den erhobenen Sehtestwerten und den im Feld ermittelten Erkennungsabständen durchgeführt. Ziel ist es, zu überprüfen, inwiefern der geringe Zusammenhang zwischen diesen Daten auf Störvariablen zurückzuführen ist, die den Einfluß von elementaren Sehparametern auf den Erkennungsabstand verdecken. So könnten beispielsweise die kurvigen Streckenverläufe dazu führen, daß die Erkennungsabstände weniger durch die Sehleistung des Fahrzeugführers beeinflusst werden als vielmehr durch den Streckenverlauf. Das heißt, es soll versucht werden, Hinweise zu finden, die die geringe Vorhersagekraft der Sehtests klären könnten.

5.2 Streckenverlauf

Die Korrelationen zwischen den Sehtestdaten und den im Feld ermittelten Erkennungsabständen zeigten nur sehr geringe Zusammenhänge. Um den Einfluß der Sehparameter genauer spezifizieren zu können, wird zusätzlich eine Aufschlüsselung der Korrelationen für einzelne Versuchsbedingungen des Feldexperimentes durchgeführt. Dabei wird zunächst überprüft, ob der Streckenverlauf einen Einfluß auf das Ausmaß der Korrelationen hat. Es kann davon ausgegangen werden, daß in der Bedingung mit geradem Streckenverlauf die Wahrnehmungsleistung der Versuchsteilnehmer weniger durch die Straßenführung beeinträchtigt wird als in der Bedingung mit kurviger Streckenführung. Bei gerader Streckenführung ist der Abstand zwischen Bezugsobjekt und Fahr-

zeugführer zunächst so groß, daß der Fahrer das Objekt zu Anfang der Geraden noch nicht sehen kann. Das Bezugsobjekt wird erst zu dem Zeitpunkt erkannt, zu dem die visuellen Parameter des Fahrers eine Wahrnehmung des Objektes erlauben. Die Sehleistung wird hier nicht durch die Streckenführung beeinträchtigt. Dagegen ist beim Befahren einer Kurve eine Beeinträchtigung des Erkennungsabstandes durch die Streckenführung wahrscheinlicher, wodurch der Einfluß der Sehparameter reduziert wird. Beispielsweise könnte ein Fahrzeugführer einen hell gekleideten Fußgänger auf gerader Strecke aufgrund seiner Sehleistung in 90 m Entfernung erkennen. In der Kurve dagegen reduziert sich der Erkennungsabstand auf 30 m, da die Straßengeometrie – und nicht die Sehleistung – die Erkennungsabstände limitieren. Deshalb kann vermutet werden, daß sich eine höhere Korrelation der Sehtests mit den Erkennungsabständen für gerade Strecken zeigen wird.

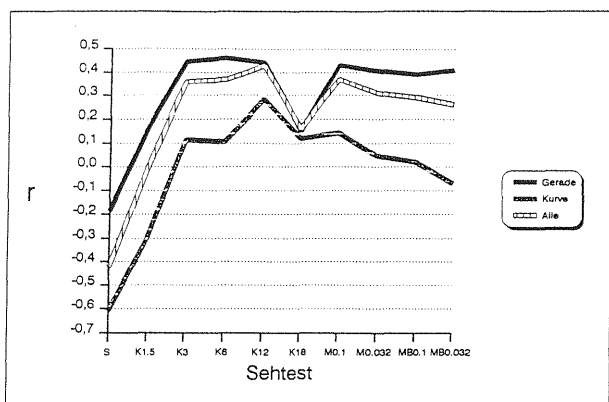


Abbildung 5.1: Zusammenhang der Sehtestdaten mit den Erkennungsabständen für die Bedingung gerader Streckenverlauf, kurviger Streckenverlauf im Vergleich zu den über alle Bedingungen gemittelten Erkennungsabständen.

Sehschärfe: S: TITMUS-Vision-Tester; Kontrastempfindlichkeit (Ginsburg-Charts): K 1,5: Ortsfrequenz 1,5, K 3: Ortsfrequenz 3, K 6: Ortsfrequenz 6, K 12: Ortsfrequenz 12, K 18 Ortsfrequenz 18; Dämmerungssehschärfe (Mesoptometer II): M 0,1: Hintergrundleuchtdichte 0,1 ohne Blendung, M 0,032: Hintergrundleuchtdichte 0,032 ohne Blendung, MB 0,1: Hintergrundleuchtdichte 0,1 mit Blendung, MB 0,032: Hintergrundleuchtdichte 0,032 mit Blendung

Um diesen Zusammenhang zu überprüfen, wurden zunächst die Korrelationen zwischen den mittleren Erkennungsabständen für die Bedingung Gerade und Kurve getrennt für die einzelnen Sehtests berechnet. Zusätzlich wurden die Erkennungsabstände mit den Korrelationen für die über alle Bedingungen gemittelten Erkennungsabständen

de verglichen (s. Abb. 5.1), um das Ausmaß des Effekts, den die Kurve und Gerade auf die Höhe der Korrelationen erzeugen, genauer verdeutlichen zu können.

Die Ergebnisse zeigten, daß für die Bedingung mit kurvigem Streckenverlauf die niedrigsten Korrelationen der Erkennungsabstände mit den Daten der Sehtests auftraten. Bei geradem Streckenverlauf ergab sich ein tendenzieller Anstieg der Korrelationen im Vergleich zu den Korrelationen der über alle Bedingungen gemittelten Erkennungsabstände. Insbesondere für die Ortsfrequenzen 3, 6 und 12 der Ginsburg-Charts und für das Mesoptometer II (ohne Blendung) wurde dieser Anstieg deutlich. In Anhang C wird die genaue Größe der einzelnen Korrelationen dargestellt.

5.3 Erwartung

Problematisch bei dieser Betrachtung der Zusammenhänge zwischen Sehtestdaten und den für die untersuchten Bezugsobjekte erhobenen Erkennungsabständen ist die Konfundierung der Ergebnisse für geraden Streckenverlauf mit dem Faktor Erwartung. Wie die Ergebnisse der Varianzanalyse zeigten (s. Teil III, Kap. 5.1.2), beeinflusste der Faktor Erwartung die Erkennungsabstände für die untersuchten Bezugsobjekte signifikant. Um die Annahme eines höheren Zusammenhangs zwischen den Sehtests und den Erkennungsabständen auf geraden Strecken bestätigen zu können, muß überprüft werden, inwiefern die in Abbildung 5.1 dargestellten Korrelationen unabhängig vom Faktor Erwartung sind.

Zur Beantwortung dieser Frage wird von folgender Überlegung ausgegangen: In der Bedingung ohne Antizipation des Bezugsobjekts (unerwartet) ergab sich für den Fahrer eine hohe Unsicherheit hinsichtlich des Auftretens eines Bezugsobjektes. Dabei war er über eine Strecke von 20,8 km nicht in der Lage, seine Aufmerksamkeit durchgängig auf den Streckenbereich zu lenken, in dem die relevanten Objekte auftraten (rechter Fahrbahnrand). Dagegen wurde in der Bedingung mit Antizipation (erwartet) das Bezugsobjekt in einem variablen Bereich von 400 bis 500 m angekündigt. Dies ermöglichte der Versuchsperson, die Aufmerksamkeit innerhalb dieses kurzen Fahrbereichs verstärkt auf den rechten Fahrbahnrand zu richten. Aus dieser Fokussierung der Aufmerksamkeit auf den rechten Fahrbahnrand resultiert ein Anstieg der Fixationen im kritischen Bereich.

Betrachtet man zum Vergleich die Laborsituation,

in der die Sehparameter erhoben werden, so wird deutlich, daß die Bedingung gerade-erwartet dieser am stärksten ähnelt. Bei der Bearbeitung der Sehtests bestand zum einen keinerlei Unsicherheit hinsichtlich der Lokalisation der relevanten Objekte. Alle Fixationen der Versuchsperson lagen somit in einem eng umgrenzten Bereich. Die Aufgabe der Versuchsperson bestand zum anderen lediglich in einer Analyse der dargebotenen Testreize. Aus beiden Gründen entspricht damit diese Versuchsanordnung im Feld eher der Bedingung erwartet, da die Sicherheit bezüglich des Auftretens des Bezugsobjekts relativ groß ist.

Vor dem Hintergrund dieser Argumentation kann vermutet werden, daß der Zusammenhang zwischen Sehtests und den Erkennungsabständen in der Bedingung erwartet-gerade größer sein sollte als für die Bedingung unerwartet-gerade. Deshalb wird im folgenden der Zusammenhang zwischen den Sehtestergebnissen und geraden Streckenabschnitten getrennt für die Bedingung unerwartet und erwartet dargestellt (s. Abb. 5.2). Auch hier erfolgt ein Vergleich mit den über alle Bedingungen gemittelten Erkennungsabständen, um die Größe des Effekts zu verdeutlichen.

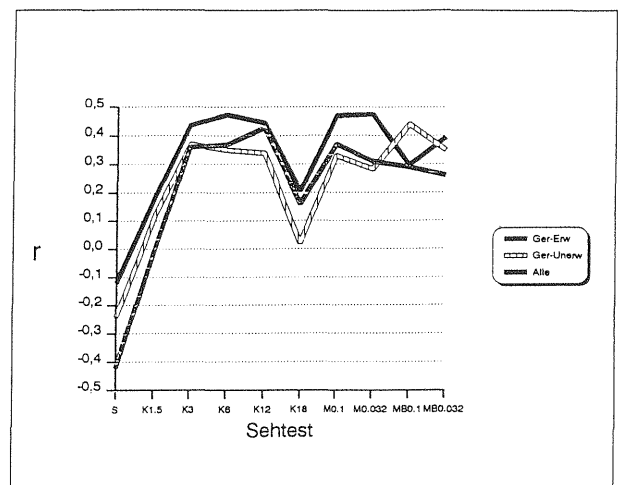


Abbildung 5.2: Korrelation für die Bedingung erwartet-gerade und unerwartet-gerade im Vergleich zu den Korrelationen für die gemittelten Erkennungsabstände.

Sehschärfe: S: TITMUS-Vision-Tester; Kontrastempfindlichkeit (Ginsburg-Charts): K 1,5: Ortsfrequenz 1,5, K 3: Ortsfrequenz 3, K 6: Ortsfrequenz 6, K 12: Ortsfrequenz 12, K 18 Ortsfrequenz 18; Dämmerungsehschärfe (Mesoptometer II): M 0,1: Hintergrundleuchtdichte 0,1 ohne Blendung, M 0,032: Hintergrundleuchtdichte 0,032 ohne Blendung, MB 0,1: Hintergrundleuchtdichte 0,1 mit Blendung, MB 0,032: Hintergrundleuchtdichte 0,032 mit Blendung

Es zeigte sich ein deutlicher Unterschied zwischen der Höhe der Korrelationen für die Bedingungen unerwartet-gerade und erwartet-gerade. Im Vergleich zu den gemittelten Erkennungsabständen fanden sich tendenziell höhere Korrelationen für die Bedingung erwartet-gerade, insbesondere bei den Ortsfrequenzen 3, 6 und 12 der Ginsburg-Charts und beim Mesoptometer II ohne Blendung. In Anhang C werden die genauen Korrelationen für die Bedingung erwartet und unerwartet darstellt.

5.4 Diskussion

Bei Betrachtung der vorliegenden Korrelationen wird besonders deutlich, wie gering die Vorhersagekraft der Sehtestdaten für die Erkennungsabstände in Kurven ist. Dies ist nicht überraschend, da davon ausgegangen werden kann, daß hier eine Einschränkung der Sehleistung aufgrund der Streckenführung vorliegen muß. Teil III, Kapitel 5.3.3, verdeutlicht diesen Zusammenhang anhand einer genaueren Darstellung der Kurvengeometrie. Aufgrund der moderierenden Wirkung der Variablen Streckenführung wurde deshalb zunächst davon ausgegangen, daß die Sehtests zumindest für gerade Streckenverläufe einen Zusammenhang mit den Erkennungsabständen aufweisen müßten. Tendenziell deutet die Größe der Korrelationen für die geraden Streckenverläufe und den Sehtests in diese Richtung. Allerdings zeigt die Unterscheidung für die Bedingung unerwartet-gerade und erwartet-gerade, daß ein Schluß eines Zusammenhanges zwischen Sehtest und Erkennungsabständen nur eingeschränkte Gültigkeit besitzt, da die Korrelationen für die Bedingung gerade-unerwartet genauso gering ausfallen wie für die über alle Bedingungen gemittelten Erkennungsabstände (s. Abb. 5.2).

Ausschließlich die Kombination der Bedingung gerade-erwartet führt zu einer nennenswerten Erhöhung der Korrelationen. Diese sind insbesondere für die Ortsfrequenzen 3, 6 und 12 der Ginsburg Charts und für das Mesoptometer II größer als die Korrelationen für die über alle Bedingungen gemittelten Erkennungsabstände. Allerdings handelt es sich auch bei diesen Werten lediglich um mittlere Korrelationen, die einen Betrag von .5 nicht übersteigen und damit selbst in dieser stark eingeschränkten Situation weniger als 25 % der Varianz aufklären. Dabei muß beachtet werden, daß sich die Bedingung gerade-erwartet am stärksten von der realen Nachtfahrtsituation unterscheidet, da:

(a) durch den geraden Streckenverlauf geringere

Anforderungen an das fahrerische Können des Fahrers als in den Kurven gerichtet werden,

- (b) die Straßengeometrie optimale Sichtverhältnisse gewährleistet,
- (c) der Fahrer Ort und Zeitpunkt des Auftretens von kritischen Bezugsobjekten antizipieren kann.

Aufgrund dieser Darstellung muß deshalb gefolgert werden, daß die derzeit eingesetzten Sehtests zu realitätsfremd sind, um valide Vorhersagen über die ermittelten Erkennungsabstände zu erlauben. Im Gegensatz zu bisherigen Untersuchungen bieten die vorliegenden Ergebnisse deshalb einen möglichen Erklärungsansatz, warum Testverfahren zur Ermittlung von visuellen Parametern nur sehr begrenzt zur Vorhersage von Erkennungsabständen bei Dunkelheit geeignet sind. Im Rahmen der Untersuchung von Sehparametern werden ganz wesentliche Aspekte der Realität nicht erhoben, wie beispielsweise die Unsicherheit bzgl. des Auftretens eines kritischen Objektes. Selbst in der Bedingung gerade-erwartet zeigten sich nur mittlere Korrelationen. Dies weist darauf hin, daß selbst unter dieser stark realitätsfremden Bedingung bedeutsame Unterschiede bestehen. So besteht in der Bedingung gerade-erwartet im Vergleich zum Labortest immer noch eine bestimmte Unsicherheit bezüglich der exakten Position des zu suchenden Bezugsobjekts. Die praktischen Implikationen dieser Resultate sollen im Rahmen der Maßnahmeempfehlungen genauer dargestellt werden (s. Teil VI).

Teil V: Nachuntersuchung

1 Einleitung

Im Anschluß an das Feldexperiment wurde eine Nachuntersuchung durchgeführt, die folgende Zielsetzungen hatte: Zum einen sollten die während des Feldversuchs erzielten Effekte bzgl. unterschiedlicher Reflexionsgrade von Bezugsobjekten (s. Teil III) unter stärker kontrollierten Bedingungen repliziert und somit deren Aussagekraft erhärtet werden. Andererseits wurde die Bewegung des zu identifizierenden Objekts im Feldversuch aus Praktikabilitäts- und Sicherheitsgründen nicht realisiert. Statt dessen erfolgte im Rahmen des Hallenversuchs eine Untersuchung des Faktors Be-

wegung. Es erschien angemessen, diesen Faktor einer genaueren Untersuchung in einem weiteren Experiment zu unterziehen, da die reale Verkehrssituation in der Regel durch die Anwesenheit von sich bewegenden Verkehrsteilnehmern gekennzeichnet ist. Erwartet wird hierbei, daß ein bewegtes Objekt besser erkannt wird als ein unbewegtes.

Experimentell wird die Bewegungskomponente meist durch die Bestimmung der dynamischen bzw. kinetischen Sehschärfe untersucht (BURG, 1964; HENDERSON & BURG, 1973; CRANCER & O'NEALL, 1969; SUZUMURA, 1968). Bei dynamischen Sehschärfetests wird die Sehschärfe für bewegliche Zielreize – im Unterschied zu statischen Sehtests, bei denen unbewegliche Optotypen dargeboten werden – erhoben. Eine Variante dynamischer Sehschärfetests besteht darin, einen Zielreiz kontinuierlich zu vergrößern, bis die Versuchsperson in der Lage ist, die Details dieses Reizes zu erkennen.

Die Relevanz des Faktors Objektbewegung ist bereits durch mehrere Untersuchungen belegt worden. So zeigten beispielsweise HENDERSON & BURG (1974), daß die Sensitivität von Beobachtern hinsichtlich horizontal zum visuellen Feld verlaufenden Bewegungen, die im Rahmen eines Labortests zur Bewegungswahrnehmung erhoben wurde, hohe Korrelationen mit Unfällen aufwies. Dieses Ergebnis wurde jedoch nur teilweise durch eine Untersuchung von SHINAR (1977) gestützt.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Effekte des Faktors bewegliche Objekte einschließlich seiner methodischen Erfassung weiterer Klärung und Untersuchung bedürfen.

Vor dem Hintergrund dieser Untersuchungen stellt sich die Frage, ob Körperbewegungen eines Fußgängers, die, wenn der Fußgänger direkt auf einen Autofahrer zugeht, im Heben und Senken von Armen und Beinen bestehen (also Bewegungen, die nicht horizontal zum visuellen Feld eines Autofahrers verlaufen), einen Effekt auf den Erkennungsabstand eines Fußgängers ausüben. Da BURG (1964) zeigen konnte, daß dynamische Sehschärfetests mit Unfallraten korrelieren, wird davon ausgegangen, daß Erkennungsabstände von Objekten ebenfalls einen Einfluß auf das Unfallgeschehen haben.

Im folgenden Experiment wurde versucht, den Faktor Objektbewegung so realistisch wie möglich zu simulieren. Aus diesem Grunde wurde auf Tests

zur Bestimmung der dynamischen Sehschärfe verzichtet. Stattdessen wurden unbewegliche und bewegliche Objekte verwendet, die identifiziert werden sollten, wenn der Autofahrer sich auf sie zu bewegte.

2 Methode

2.1 Versuchsanordnung

Die Versuche wurden in der Lichtmeßhalle 3A der Bundesanstalt für Straßenwesen in Bergisch Gladbach durchgeführt. Es wurde das gleiche Testfahrzeug verwendet, das auch für die Datenerhebung auf dem Nürburgring benutzt wurde (vgl. Teil III, Kap. 3.2). Die identische Beleuchtungseinrichtung gewährleistete die Vergleichbarkeit der Daten, die auf dem Nürburgring erhoben wurden, mit denen aus der hier darzustellenden Nachuntersuchung.

Die Lichtmeßhalle auf diesem Gelände ist eine ca. 100 m lange und 10 m breite, vollständig verdunkelbare Halle mit einer nach Nordwesten zeigenden Toreinfahrt von etwa 8 m Höhe. Vor der Halle erstreckt sich eine von Büschen und Bäumen gesäumte, 30 m lange und ca. 50 m breite Fahrbahn. Den Abschluß dieser Fahrbahn bildet eine ca. 170 m lange Grünfläche. Abbildung 2.1 zeigt eine Skizze der Versuchsanlage.

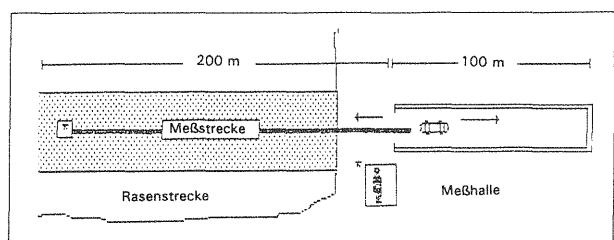


Abbildung 2.1: Skizze der Versuchsanlage mit Lichtmeßhalle 3A einschließlich Meßstrecke

Als zu identifizierende Bezugsobjekte wurden wiederum die Fußgänger-Dummies des Feldversuches (s. Teil III) verwendet; die Variable Bewegung wurde durch Simulation eines auf der Stelle gehenden Fußgängers von einem Mitarbeiter des Versuchsleiters operationalisiert. Mitarbeiter und Dummy behielten pro Versuchsdurchgang ihren jeweiligen Standort bei. Es wurde darauf geachtet, daß Körpergröße und Reflexionsgrad der Kleidung des Mitarbeiters identisch mit dem Erscheinungsbild der Dummies war, um die Vergleichbarkeit der Daten zu gewährleisten.

Die zu identifizierenden Bezugsobjekte wurden auf der Grünanlage jeweils mit der Vorderseite im zentralen Sehbereich der Versuchsperson postiert. Pro Durchgang wurde ein Bezugsobjekt präsentiert. Das helle Bezugsobjekt wurde in größerer Entfernung aufgestellt als das dunkle, damit die Versuchsperson dieses nicht schon identifizieren konnte, wenn sie sich am Startpunkt der Fahrbahn befand, d. h. noch ehe die eigentliche Messung begann. Dies wurde bei der Auswertung der Erkennungsabstände berücksichtigt. Als Kriterium für den Erkennungsabstand wurde die sichere Identifikation des Objekts gewählt.

2.2 Versuchsplan

Diesem Experiment lag ein drei-faktorieller Versuchsplan zugrunde:

$$S_8 \times B_2 \times R_2$$

Dabei bedeutet:

S = Versuchspersonen

B = Bewegung

R = Reflexionsgrad des Objektes.

2.2.1 Unabhängige Variablen

Der Faktor Bewegung wurde über zwei Abstufungen variiert:

- B1 = bewegtes Objekt
- B2 = unbewegtes Objekt (Dummies).

Der Faktor Reflexionsgrad der Objekte lag in zwei Ausprägungen vor:

- hell = 57,6 % Oberflächenleuchtdichte
- dunkel = 4,92 % Oberflächenleuchtdichte.

2.2.2 Abhängige Variable

Als abhängige Variable diente der Erkennungsabstand, der über die sichere Identifikation des Objekts erhoben wurde.

2.3 Stichprobenbeschreibung

Die Gruppe der Versuchspersonen setzte sich aus acht Mitgliedern (5 männlich, 3 weiblich) des Instituts für Psychologie der RWTH Aachen im Alter von 23 bis 34 Jahren zusammen.

2.4 Versuchsdurchführung

Die Abstände, bei denen die Versuchspersonen ein Objekt sicher identifizieren konnten, wurden

anhand eines klassischen psychophysischen Verfahrens zur Schwellenbestimmung, der sogenannten Grenzmethode mit auf- und absteigendem Ast (FECHNER, 1860), bestimmt. Beim aufsteigenden Ast wird die Intensität eines wahrzunehmenden Zielreizes kontinuierlich erhöht, bis die Versuchsperson diesen wahrnehmen (bzw. identifizieren) kann; beim absteigenden Verfahren wird die Intensität des Reizes kontinuierlich verringert, bis die Versuchsperson diesen nicht mehr wahrnimmt. In dem folgenden Versuch wurde die Variation der Intensität des Reizes (Mitarbeiter und Dummies) durch die Verringerung bzw. Vergrößerung des Abstands vom Fahrzeug zu dem zu identifizierenden Objekt realisiert.

Zu Beginn des Experiments erhielt die Versuchsperson die Versuchsinstruktionen (s. Anh. D). Anschließend wurde die Beleuchtung der Lichtmeßhalle abgeschaltet. Den Versuchspersonen wurden ca. 10 min Zeit gelassen, um an die Dunkelheit zu adaptieren. Auf ein Signal des Versuchsleiters hin startete die Versuchsperson am Startpunkt der Lichtmeßhalle das Testfahrzeug und schaltete das Abblendlicht ein. Die Versuchsperson wurde instruiert, langsam auf das ihr unbekannte Objekt zuzufahren und anzuhalten, wenn sie es eindeutig identifizieren konnte (aufsteigendes Verfahren). Ein Mitarbeiter des Versuchsleiters notierte daraufhin den Abstand des Fahrzeugs von dem zu identifizierenden Objekt. Die Versuchsperson sollte anschließend dicht an das Objekt heran fahren und von dort wieder langsam rückwärts zum Startpunkt. Die Versuchsperson hatte diesmal anzuhalten, wenn sie das Objekt nicht mehr eindeutig identifizieren konnte (absteigendes Verfahren). Wiederum wurde der Abstand zwischen Fahrzeug und Objekt notiert. Dieser Vorgang wurde für jedes Bezugsobjekt durchgeführt, wobei die Abfolge der Reizdarbietungen anhand eines lateinischen Quadrats (s. BORTZ, 1979) bestimmt wurde, um Reihenfolgeeffekte auszuschließen. Dabei wurde davon ausgegangen, daß es für das Ziel dieser Untersuchung ausreicht, wenn sich lediglich das Fahrzeug auf das Objekt zubewegte, zumal der Effekt der Bewegung des Objektes auf das Fahrzeug zu – im Vergleich zu diesem – wohl eher gering ist. Des weiteren ist es für die Sehschärfe eines Objekts bzw. einer Sehprobe unerheblich, ob die Versuchsperson sich gegen das Objekt oder das Objekt gegen die Versuchsperson bewegt (s. MILLER & LUDVIGH, 1962).

3 Auswertung

Für die Auswertung wurde der Erkennungsabstand der Objekte bestimmt, der über die sichere Identifikation erhoben wurde. Die Versuchsperson signalisierte durch Anhalten des Fahrzeugs, wenn sie ein Objekt identifizieren bzw. es nicht mehr identifizieren konnte. Der Abstand vom Fahrzeug zum Objekt wurde daraufhin von einem Mitarbeiter des Versuchsleiters notiert. Die mittleren Erkennungsabstände (in m) und Standardabweichungen für die einzelnen Bedingungen und Bedingungskombinationen einschließlich Daten der Varianzanalyse sind in Anhang D aufgeführt.

Im Rahmen einer drei-faktoriellen Varianzanalyse mit den Faktoren „Bewegung“ (B) und „Reflexionsgrad der Objekte“ (R) wurden die Erkennungsabstände über die acht Versuchspersonen (S) ausgewertet. Dies erfolgte mit Hilfe des Programmpakets SPSS/PC+ (V3.3).

4 Ergebnisse

4.1 Haupteffekte

Der Faktor Bewegung, der durch eine auf der Stelle sich bewegende Person realisiert wurde, lag in den Ausprägungen Bewegung bzw. keine Bewegung vor. Für bewegte Objekte ergab sich keine signifikante Vergrößerung der Erkennungsabstände gegenüber unbewegten Objekten ($F = 2,528$; Irrtumswahrscheinlichkeit $> 10\%$). Abbildung 4.1 zeigt die mittleren Erkennungsabstände und Standardabweichungen für den Faktor Bewegung über alle Versuchspersonen.

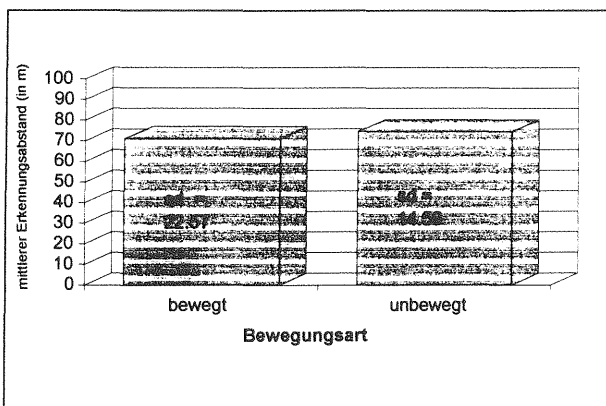


Abbildung 4.1: Mittlere Erkennungsabstände (in m) und Standardabweichungen (sd) für den Faktor Bewegung

Der Faktor Reflexionsgrad lag in den Ausprägungen

hell (57,6 % Oberflächenleuchtdichte) und dunkel (4,92 % Oberflächenleuchtdichte) vor. Erwartungsgemäß zeigte sich eine Vergrößerung der Erkennungsabstände in der hellen Bedingung um ca. 56 % oder 30 m im Vergleich zu der dunklen Bedingung ($F = 54,01$; $p < .01$). Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Erkennungsabstände für den Faktor Reflexionsgrad sind in Abbildung 4.2 aufgeführt.

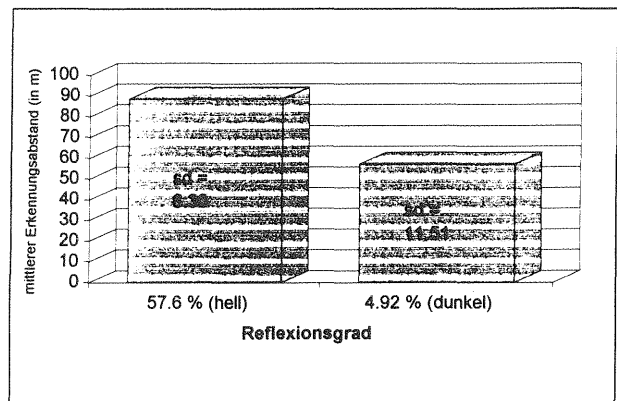


Abbildung 4.2: Mittlere Erkennungsabstände (in m) und Standardabweichungen (sd) für den Faktor Reflexionsgrad des Objekts

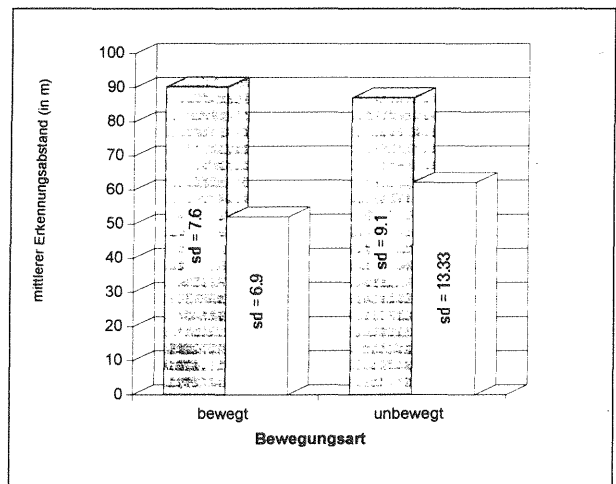


Abbildung 4.3: Mittlere Erkennungsabstände (in m) und Standardabweichungen (sd) für die einzelnen Kombinationen der Faktoren Reflexionsgrad des Objekts und Bewegung

4.2 Interaktionen

Die Interaktion zwischen dem „Reflexionsgrad des Objekts“ und dem Faktor „Bewegung“ erwies sich als signifikant ($F = 11,899$; $p < .05$). Hierbei waren die Erkennungsabstände in der Bedingung mit hohem Reflexionsgrad bei bewegten Objekten größer als bei unbewegten. In der Bedingung mit niedrigem Reflexionsgrad zeigte sich, daß bewegte Objekte einen geringeren Erkennungsabstand

aufwiesen als unbewegte. Abbildung 4.3 enthält Mittelwerte und Standardabweichungen für die einzelnen Bedingungskombinationen.

5 Diskussion

Wie aus Abbildung 4.1 hervorgeht, vergrößerte im vorliegenden Hallenversuch die Bewegtheit eines Objekts den Erkennungsabstand nicht signifikant. Dieses Ergebnis steht jedoch nicht im Widerspruch zu der Annahme, daß Bewegung im allgemeinen einen Einfluß auf den Erkennungsabstand hat, zumal, wie schon erwähnt, HENDERSON & BURG (1974) zeigen konnten, daß die Sensitivität eines Beobachters für horizontal zum visuellen Feld verlaufende Bewegungen mit der Unfallrate korreliert. Es stellt sich nun die Frage, inwieweit Bewegungen, die nicht horizontal zum visuellen Feld verlaufen, den Erkennungsabstand und das Unfallgeschehen beeinflussen. Die Bewegtheit eines Bezugsobjekts wurde in diesem Versuch nicht durch horizontal verlaufende Bewegungen, sondern durch Heben und Senken von Gliedmaßen operationalisiert. Da sich keine signifikanten Befunde ergaben, kann davon ausgegangen werden, daß diese Bewegung eines Fußgängers, der sich im zentralen Sehbereich des Autofahrers befindet, keinen Einfluß auf den Erkennungsabstand hat. An dieser Stelle ist zu erwähnen, daß der Faktor Alter lediglich im Feldversuch realisiert worden war, so daß die Ergebnisse für junge und alte Versuchspersonen verglichen werden konnten. SCIALFA et al. (1988; s. auch MERTE & SIPP, 1978) zeigten, daß die Sehschärfe für bewegte Objekte altersabhängig ist. Möglicherweise hätte sich bei Berücksichtigung dieses Faktors im Hallenversuch ein Effekt gezeigt. Nur zukünftige Experimente können aufklären, inwieweit der Altersfaktor Relevanz für unterschiedliche Realisierungen der Variable Bewegung aufweist.

Der Faktor Reflexionsgrad des Objekts (s. Abb. 4.2) erbrachte eine signifikante Vergrößerung des Erkennungsabstandes für die Bedingung mit der stärkeren Reflexion. Dies steht in vollkommener Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Messungen, die im Feldexperiment erhoben wurden, was einerseits für die Reliabilität der Messungen des Feldexperiments, andererseits für die Validität des Hallenversuches spricht.

Die Differenz des Erkennungsabstands zwischen hohem und niedrigem Reflexionsgrad beträgt sowohl im Feld- als auch im Hallenversuch annä-

hernd 30 m. Tabelle 5.1 zeigt eine Gegenüberstellung der mittleren Erkennungsabstände und Standardabweichungen aus beiden Experimenten für die beiden unterschiedlichen Reflexionsgrade.

Reflexionsgrad		Feldversuch	Hallenversuch
hell	\bar{x}	72.2	88.6
	sd	29.2	8.3
dunkel	\bar{x}	42.4	57.1
	sd	13.0	11.5

Tabelle 5.1: Darstellung der mittleren Erkennungsabstände (\bar{x} , in m) und Standardabweichungen (sd, in m) aus Feld- und Hallenversuch für die jeweiligen Reflexionsgrade

Aus Tabelle 5.1 ist ersichtlich, daß für beide Reflexionsbedingungen des Feldexperiments zum einen die Mittelwerte geringer und zum anderen die Standardabweichungen größer sind als die des Hallenversuchs. Dies bedeutet, daß die Objekte im Feldexperiment durchschnittlich später erkannt wurden. Erklären läßt sich dieses Ergebnis damit, daß sich hier verschiedene Variablen störend auf das Fahrverhalten auswirken konnten. Beispielsweise lag der Faktor Erwartung im Feldexperiment (s. Teil III) in den Ausprägungen erwartet/unerwartet vor – im Gegensatz zum Hallenversuch, wo die Versuchsperson immer um die Existenz eines zu identifizierenden Objekts wußte. Außerdem mußte sich der Fahrer im Feldversuch an eine sich ständig ändernde Straßengeometrie (kurvig-gerade) anpassen, was im Hallenversuch nicht der Fall war, da die Teststrecke aus einer geraden Fahrbahn von ca. 300 m Länge bestand.

Somit kann geschlossen werden, daß diejenigen Variablen, die nur im Feldexperiment realisiert worden waren, für die geringeren Mittelwerte und die größeren Standardabweichungen des Feldexperiments verantwortlich sind.

Wie aus Abbildung 4.3 ersichtlich wird, besteht eine etwas paradoxe Interaktion zwischen Bewegung eines Objekts und Reflexionsgrad. In der Bedingung mit hohem Reflexionsgrad wird ein bewegtes Objekt eher erkannt als ein unbewegtes; in der Bedingung mit niedrigem Reflexionsgrad wird ein unbewegtes Objekt eher erkannt als ein bewegtes. Das Ergebnis in der Bedingung hoher Reflexionsgrad entspricht den Erwartungen, daß die Bewegtheit eines Objekts zu dessen Erkennbarkeit beiträgt. Nicht zu interpretieren ist jedoch der Befund in der Bedingung mit geringem Reflexionsgrad.

Neue Untersuchungen müssen klären, welche Aspekte bei dem Faktor Bewegung bei geringem Reflexionsgrad eine Rolle spielen. Möglicherweise muß eine differenziertere Untersuchung einzelner Ausprägungen des Faktors Reflexionsgrad erfolgen, um zu überprüfen, ob weitere Faktoren, wie z. B. photopisches und skotopisches Sehen (s. auch LONG & GARVEY, 1988) Determinanten für die Bewegungswahrnehmung in Kombination mit verschiedenen Reflexionsgraden sind.

Teil VI: Diskussion und Empfehlungen

1 Ökologische Validität der vorliegenden Untersuchung

Im Rahmen der vorliegenden Felduntersuchung wurde eine Situation realisiert, die in ihren wesentlichen Eigenschaften mit der bei Nachtfahrten auf Landstraßen vergleichbar ist. Allerdings mußten aus Sicherheitsüberlegungen, aber auch aufgrund der Kontrollierbarkeit bestimmter experimenteller Faktoren bestimmte Einschränkungen vorgenommen werden, die die ökologische Validität (also die Realitätsnähe) eingrenzen. Beispielsweise wurde der Einfluß des Gegenverkehrs nicht mitberücksichtigt, da damit ein erhöhtes Unfallrisiko verbunden war. Daneben stellt die Realisation eines standardisierten Auftretens von Gegenverkehr technisch gesehen ein Problem dar. Auch wurden die Bezugsobjekte immer am rechten Fahrbahnrand aufgestellt, um zu vermeiden, daß unkontrollierbare Umgebungseinflüsse die Erkennungsabstände beeinflussen. Die nachfolgende Diskussion soll verdeutlichen, welchen Einfluß diese Einschränkungen auf die erhobenen Erkennungsabstände haben können.

1.1 Fehlender Einfluß des Gegenverkehrs (Blendung)

Aufgrund sicherheitstechnischer Überlegungen konnte diese Variable nicht in die Untersuchung mit einbezogen werden. Es mußte davon ausgegangen werden, daß bei Gegenverkehr das Unfallrisiko steigen könnte. Die Versuchspersonen wurden über diesen Umstand zu Beginn der Untersuchung informiert. Die Versuchsteilnehmer mußten sich folglich nicht auf eventuell auftretenden Gegenver-

kehr konzentrieren und hatten damit mehr Verarbeitungskapazitäten frei, um die Erkennungsaufgabe zu bearbeiten. Falls diese Entlastung einen Einfluß auf die ermittelten Erkennungsabstände haben sollte, so kann sich dies nur in einer Überschätzung der Erkennungsabstände äußern. Das heißt, daß die Felddaten größere Erkennungsabstände suggerieren, als dies in der realen Nachtfahrtsituation der Fall ist. Zusätzlich wurde durch das Fehlen von Gegenverkehr der Einfluß der Blendung auf die Erkennungsabstände nicht erhoben. Allerdings kann auch hier davon ausgegangen werden, daß die Nichtberücksichtigung dieses Faktors zu einer Überschätzung der Erkennungsabstände führt, da sich Blendung als Folge des unterschiedlichen Helligkeitskontrastes zur Umgebung negativ auf die Sehleistung auswirkt (s. COHEN, 1986; SIVAK & OLSON, 1982).

1.2 Lokalisation des Bezugsobjekts

Die Bezugsobjekte wurden grundsätzlich am rechten Fahrbahnrand postiert. Der Versuchsteilnehmer konnte somit seine Aufmerksamkeit stärker auf den rechten Fahrbahnrand richten. Zwar sollte dieser Aspekt nicht überschätzt werden, da die Versuchsstrecke relativ lang (20,8 km) war, jedoch wird zumindest theoretisch die Aufmerksamkeit nicht durch Objekte abgelenkt, die sich beispielsweise am linken Fahrbahnrand befinden. In einer konkurrierenden Situation, in der sich sowohl links als auch rechts am Fahrbahnrand ein Fußgänger befindet, wird der Erkennungsabstand des einen Fußgängers von der Aufmerksamkeit, die der Fahrer dem anderen Fußgänger zuwendet, beeinflusst. Das bedeutet, daß auch das Fehlen dieses Faktors zu einer Überschätzung der tatsächlichen Erkennungsabstände führen kann.

1.3 Wissen über das Auftreten eines kritischen Objektes

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß schon die Versuchssituation selbst zu einer Beeinflussung der Erkennungsabstände führt. Während in realen Bedingungen allein aufgrund der geringen Auftretenshäufigkeit von Fußgängern oder Radfahrern bei Nacht auf Landstraßen davon auszugehen ist, daß der Fahrer kaum auf deren Erscheinen gefaßt ist, wird im Rahmen der vorliegenden Felduntersuchung eine Situation geschaffen, in der der Versuchsteilnehmer mit Gewißheit damit rechnet, daß ein solches Objekt am Fahrbahnrand erscheint. Auch dies führt dazu, daß die erhobenen

Erkennungsabstände die tatsächlichen Verhältnisse überschätzen.

1.4 Diskussion

Trotz der hohen Realitätsnähe der vorliegenden Felduntersuchung muß berücksichtigt werden, daß einige Faktoren der Untersuchung die ökologische Validität der Ergebnisse beeinträchtigen. Deshalb ist es wichtig, sich diese Faktoren zu vergegenwärtigen und deren Bedeutung für die erhobenen Daten zu bestimmen. Dabei zeigt sich, daß das Fehlen von Gegenverkehr, das Wissen über die Lokalisation des Bezugsobjekts und über sein Auftreten dazu führen, daß die erhobenen Erkennungsabstände eine Überschätzung der tatsächlichen Verhältnisse zur Folge haben. Damit wird allerdings nur die Bedeutung der vorliegenden Ergebnisse unterstrichen, da die Erkennungsabstände der Versuchsteilnehmer trotz dieser „Vorteile“ der Feldsituation teilweise erschreckend niedrig sind. An dieser Stelle wird wiederum deutlich, warum das Unfallrisiko insbesondere für Fußgänger bei Nacht auf Landstraßen so hoch ist. Vor diesem Hintergrund kann auch nicht mehr davon ausgegangen werden, daß lediglich das Tragen heller Kleidung das Risiko einer Kollision so stark vermindert, daß eine große Sicherheit des Fußgängers gewährleistet ist. Vielmehr weisen die hohen Erkennungsabstände für den Radfahrer darauf hin, daß zumindest reflektierende Kleidungsstücke, am besten aber eine Art Eigenbeleuchtung, für Fußgänger empfohlen werden müßten. Im Rahmen der Maßnahmeempfehlungen wird darauf nochmals eingegangen.

2 Abschließende Diskussion der Ergebnisse und Maßnahmeempfehlungen

2.1 Einleitung

Der Gesetzgeber fordert, daß der Kraftfahrer bei Nacht auf Sichtabstand fahren solle. Dieser Sichtabstand ist jedoch keine invariante Größe, sondern wird von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst. In der vorliegenden Studie wurden folgende Einflußgrößen auf den Sichtabstand anhand von Feld- und Laborexperimenten untersucht:

- (a) auf seiten des Kraftfahrers
- Alter (jung/alt)

- Sehleistungen (Tages-/Dämmerungssehschärfe, Kontrastsensitivität)
- kognitive Leistungen (Erwartung, Aufmerksamkeit).

- (b) auf der Reizseite

- Streckenverlauf (kurvig/gerade)
- Reflexionsgrad des Bezugsobjektes (hell/dunkel).

Im folgenden werden die einzelnen Einflußgrößen auf den Sichtabstand getrennt diskutiert.

2.2 Alterseinflüsse

Sowohl in der Labor- als auch in der Felduntersuchung traten keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Altersstichproben in den jeweiligen Testwerten bzw. Erkennungsabständen auf. Lediglich beim Taskomaten wurde ein Altersunterschied bei der mittleren Linienabweichung in der Tracking-Aufgabe festgestellt.

Wie bereits angedeutet (s. Teil III), konnte der fehlende Unterschied in den Sehtestwerten zunächst nicht erwartet werden. Neuere Untersuchungen (ADAC, 1989; KELSEY et al., 1985; HOHMANN, 1991) weisen allerdings darauf hin, daß ein Abfall in den Sehleistungen frühestens ab einem Alter von 65 Jahren auftritt. Die vorliegenden Ergebnisse für die Altersstichprobe bis 60 Jahre, in der bis zu diesem Alter keine Verschlechterungen der Sehleistungen festgestellt wurden, deuten in die gleiche Richtung.

In Teil II, Kapitel 7.4.2, wurde schon beschrieben, daß auch die Auswertung der Geschwindigkeitsdaten zwischen den älteren und jüngeren Versuchsteilnehmern keine Unterschiede erkennen ließ. Es kann deshalb ausgeschlossen werden, daß eine Maskierung durch unterschiedliche Fahrgeschwindigkeiten vorliegt. Außerdem kann die Annahme verworfen werden, daß das schlechtere Abschneiden der älteren Vpn in der Tracking-Aufgabe durch eine langsamere Fahrgeschwindigkeit kompensiert werden kann (s. Teil II, Kap. 7.4).

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung stellen in Frage, daß Fahrer ab einem Alter von 50 Jahren per Gesetz zu einem Test zur Überprüfung ihrer Sehfähigkeit in periodischen Abständen aufgefordert werden sollten. Auch die Literaturrecherche von HOHMANN (1991) unterstützt diesen Befund. Dabei zeigte sich erst ab einem Alter von mehr als 70 Jahren ein deutlicher Leistungseinbruch hinsichtlich der Sehschärfe. Bevor juristi-

sche Maßnahmen überhaupt in Betracht gezogen werden können (s. auch ZAIDEL & HOCHERMANN, 1986; KELSEY et al., 1985; JOO & RÖHRIG, 1989), ist generell eine Überprüfung der Gütekriterien der bisherigen Sehtestverfahren notwendig.

Im nachfolgenden Abschnitt werden dazu einige Empfehlungen dargestellt.

2.3 Testverfahren zur Messung der Sehleistungen

Ein Ziel des Forschungsvorhabens bestand darin, die Vorhersagekraft von Sehtestverfahren in bezug auf im Feld erhobene Erkennungsabstände von Radfahrern und Fußgängern zu überprüfen. Die Tagessehschärfe wurde mit Hilfe des TITMUS-Vision-Testers, die Dämmerungsehschärfe mittels Mesoptometer II und die Kontrastempfindlichkeit anhand der Ginsburg-Charts erhoben.

Die Korrelationen des durchschnittlichen Erkennungsabstandes mit den Ergebnissen der jeweiligen Sehtests fielen insgesamt gering aus.

Die mittleren Ortsfrequenzen der Ginsburg-Charts (Ortsfrequenzen 3, 6 und 12) wiesen die relativ höchsten Zusammenhänge mit den durchschnittlichen Erkennungsabständen auf. Es kann vermutet werden, daß dieser Bereich der Ortsfrequenzen die für das Erkennen von Objekten relevanten Frequenzen bei Fahrten in der Dunkelheit erfaßt (s. Teil IV, Kap. 4.2). Allerdings darf auch hier die Vorhersagekraft für die erhobenen Erkennungsabstände nicht überschätzt werden – selbst mit diesem Sehtestverfahren wird lediglich ein Varianzanteil von 20 % aufgeklärt.

Für das Mesoptometer II zeigten sich übereinstimmende Ergebnisse. Sowohl bei einer Hintergrundleuchtdichte von $0,1 \text{ cd/m}^2$ als auch von $0,032 \text{ cd/m}^2$ ergab sich ein positiver Zusammenhang zwischen den Testwerten und den mittleren Erkennungsabständen. Die Korrelationen weisen zwar in die erwartete Richtung, klären jedoch nur relativ wenig Varianz auf.

Auch für die Tagessehschärfe ergab sich kein Zusammenhang mit den mittleren Erkennungsabständen. Beim Tagessehen ist die visuelle Auflösung detaillierter Informationen aufgrund der größeren Helligkeit im Vergleich zur Dämmerung möglich, während beim Dämmerungsehen relativ grobe Kontrastunterschiede dem visuellen System zur Verfügung stehen.

Die relativ niedrigen positiven Korrelationen zwischen den Sehtestergebnissen und den durchschnittlichen Erkennungsabständen weisen auf die mangelnde Vorhersagekraft der Sehtestverfahren zur Bestimmung von Erkennungsabständen bei Nachtfahrten hin (s. auch Teil IV). Wenn überhaupt, so erfassen die verwendeten und allgemein gebräuchlichen Sehtests nur Teilaspekte der visuellen Anforderungen bei Nachtfahrten. Nachtfahrten erfordern mesopisches und skotopisches Sehen. Hierbei werden im visuellen System aus physiologischen Gründen die Stäbchen stimuliert. Diese Rezeptoren befinden sich hauptsächlich außerhalb der Fovea und sind somit für die Wahrnehmung im peripheren Sehbereich verantwortlich. Für das Erkennen der in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Bezugsobjekte stellt diese Art der Wahrnehmung den entscheidenden Aspekt dar. Die vorliegenden Sehtestverfahren dagegen untersuchen lediglich das foveale Sehen und vernachlässigen damit den insbesondere für das Sehen bei Dunkelheit relevanten Sehbereich vollständig. Damit wird auch dem Aspekt des Entdeckens eines relevanten Objektes keinerlei Rechnung getragen. Weiterhin wird die Bewegungswahrnehmung in den Verfahren nicht berücksichtigt. Die Stäbchen sind jedoch besonders sensibel für Kontrastunterschiede und Bewegung. Es muß deshalb davon ausgegangen werden, daß die vorliegenden Sehtestverfahren nicht als Vorhersagemittel für Erkennungsabstände geeignet sind. Die Ginsburg-Charts erfassen zwar Kontrastsensitivität, lassen jedoch den wichtigen Bereich der Bewegungsinformation außer acht. Ebenfalls zur statischen Sehen wird mit Hilfe des Mesoptometers II ermittelt. Hinzu kommt, daß das verwendete Stimulusmaterial und die Aufgabe, nämlich das Entdecken einer sehr kleinen Öffnung des Reizes, eher das foveale Sehen als das periphere beanspruchen.

Bei einer genaueren Betrachtung (s. Teil IV, Kap. 5) konnte weiterhin gezeigt werden, daß die mangelnde Vorhersagekraft der Sehtestverfahren nicht allein in der Moderatorvariablen Kurvigkeit begründet ist. Betrachtet man die Bedingung gerade-unerwartet, in der die Wahrnehmung eines Bezugsobjektes nicht durch den Streckenverlauf beeinflusst wird, so ist trotzdem kein Zuwachs der Vorhersagekraft der Sehtests auf die Erkennungsabstände zu verzeichnen.

Ein solcher Anstieg ist lediglich für die Bedingung gerade-erwartet erkennbar. Es zeigt sich ein mittlerer Zusammenhang zwischen den Ortsfrequen-

zen 3, 6 und 12 der Ginsburg-Charts und den Erkennungsabständen.

Gleiches gilt für das Mesoptometer II in der Versuchsanordnung ohne Blendung. Wie nachfolgend dargestellt, ist die Bedingung gerade-erwartet allerdings durch sehr einschränkende Merkmale gekennzeichnet:

- (a) Der Versuch fand auf einer abgesperrten Strecke statt, so daß kein Gegenverkehr auftreten konnte.
- (b) In der Bedingung gerade wurden nur minimale Anforderungen an das fahrerische Können gestellt.
- (c) Die Versuchsperson hatte Kenntnis davon, daß jedes der von ihr zu identifizierenden Objekte sich nur am rechten Staßenrand befinden konnte.
- (d) In der Bedingung erwartet wurde die Versuchsperson ca. 400–500 m vor dem Bezugsobjekt über dessen Auftreten informiert.

Insgesamt bedeutet dies, daß die Versuchsperson in dieser Bedingung ihre Aufmerksamkeit auf den rechten Fahrbahnrand fokussieren kann, da die Beanspruchung der Strecke an den Fahrer gering und die Sicherheit hinsichtlich des Auftretens eines Bezugsobjektes sehr groß ist. Diese Situation ähnelt in ihren restriktiven Merkmalen am stärksten den im Labor durchgeführten Tests (s. Teil II), wo auch eine Fokussierung der Aufmerksamkeit gegeben ist und keine weiteren Anforderungen als das Erkennen bestimmter Testreize an die Versuchsperson gestellt werden. Die Realitätsnähe der Bedingung gerade-erwartet wird durch diese Vorgaben stark reduziert. Um so erstaunlicher ist die Tatsache, daß selbst unter diesen, der Laborsituation recht ähnlichen, Bedingungen lediglich mittlere Korrelationen von .4 bis .48 auftreten. Dies zeigt, daß selbst in dieser stark realitätsfernen Bedingung bedeutsame Unterschiede zwischen der Laborsituation und der Untersuchung im Feld bestehen. So ist die Sicherheit bezüglich der Reiz-Lokalisation in der Bedingung gerade-erwartet im Vergleich zum Laborexperiment immer noch wesentlich geringer. Auch der Suchaspekt entfällt in der Laborsituation gänzlich.

Es scheint deshalb angebracht, daß Meßverfahren entwickelt werden, die die für das nächtliche Sehen entscheidenden Sehparameter erheben und durch ihre Untersuchungsanordnung eine größere Realitätsnähe erzeugen. So wäre beispielsweise zu

überprüfen, inwiefern Sehparameter im Rahmen von Fahrsimulationen untersucht werden können, was die Vergleichbarkeit zu realen Fahrsituationen erhöhen würde. Es ließe sich hier zum Beispiel denken, die Kontraste eines auf dem Bildschirm zu entdeckenden Objektes (Fußgänger) und auch den Streckenverlauf der in der Simulation zu befahrenden Strecke systematisch zu variieren. Die Bewegungskomponente eines zu identifizierenden Fußgängers müßte ebenfalls berücksichtigt werden. Allerdings ist damit die Problematik der ökologischen Validität noch nicht gelöst.

Um die Wahrnehmung unter suboptimalen Bedingungen, wie sie auch bei Nachtfahrten vorherrschen, zu untersuchen, bietet sich eine Messung anhand von degradierten Reizen an. In diesem Forschungsbereich wurden bereits einige detaillierte Untersuchungen (s. z. STERNBERG, 1966, 1969; SANDERS, 1987) durchgeführt. Hierbei werden komplexe Stimuli in unvollständiger Form auf einem Monitor dargeboten. Die Identifikationszeit wird dabei über manuelle Reaktionen erhoben.

Um genauere Aussagen über die Sehleistungen einer Person machen zu können, ist die Methode des adaptiven Testens generell besser geeignet als das bisher übliche Verfahren von einzelnen, nicht aufeinander bezogenen, Messungen bestimmter Sehparameter (JACOBS, 1986; HORNIKE, 1982).

2.4 Bedeutung kognitiver Faktoren

Neben Problemen hinsichtlich genereller und auch ökologischer Validität der Sehtests ist auch zu beachten, daß kognitive Strategien Wahrnehmungsdefizite zum Teil kompensieren können.

Die Bedeutung kognitiver Faktoren – realisiert durch die Antizipation eines Bezugsobjektes (Erwartung) – wurde durch die vorliegende Untersuchung hervorgehoben. Dabei schienen die älteren Versuchspersonen tendenziell stärker von der Antizipationshilfe zu profitieren. Auf den spekulativen Charakter dieser Interpretation wurde bereits in Teil III, Kap. 5.3.2, hingewiesen. Trotzdem erscheint eine Diskussion dieses Trends sinnvoll, da es Hinweise aus anderen Studien gibt, die eine solche Hypothese stützen. Untersuchungen COHENs (1987 b) z. B. weisen auf das unterschiedliche Blickverhalten erfahrener und unerfahrener Kraftfahrzeugführer hin. Danach sind erfahrene Fahrzeugführer eher in der Lage, relevante Informationen zu selektieren. Hinter dieser Verhaltensweise könnten erworbene kognitive Strategien stehen, die zu einer effizienteren visuellen Informa-

tionsaufnahme und -selektion führen. Da die vorliegende Studie keine eindeutigen Aussagen über die Wechselwirkung zwischen Fahrerfahrung und kognitiven Strategien zuläßt, wird vorgeschlagen, diesen Sachverhalt in einer gesonderten Untersuchung zu klären. Dabei könnten zwei Altersgruppen untersucht werden, die sich in der Fahrerfahrung unterscheiden und in visuellen Leistungsparametern gleich große Defizite aufweisen. Sollten die erfahreneren Kraftfahrer tatsächlich in der Lage sein, mit Hilfe kognitiver Strategien ihre Sehdefizite teilweise zu kompensieren, so müßte sich in Bedingungen, die die Anwendung dieser Strategien ermöglichen, eine verbesserte Leistung im Vergleich zu der Stichprobe der ungeübteren Fahrer zeigen.

Eine generelle Strategie besteht auch in der Reduzierung der Fahrleistung bei Nacht und der Verminderung der Fahrgeschwindigkeit bei Personen, die sich ihrer Wahrnehmungsdefizite bewußt sind. Hinweise auf die Reduzierung von Nachtfahrten, besonders bei älteren Personen, finden sich z. B. bei ZAIDEL & HOCHERMAN (1986). Bei unserer Stichprobe der älteren Kraftfahrer ließen sich allerdings keine Unterschiede im Geschwindigkeitsverhalten im Vergleich zur Gruppe der jüngeren Fahrer erkennen.

2.5 Untersuchung der kognitiven, perzeptiven und motorischen Leistungsfähigkeit

Mit dem Taskomaten wurde ein neues Verfahren in die Reihe der Laboruntersuchungen eingeführt. Durch seine komplexe Aufgabenanordnung wird – im Gegensatz zu den verwendeten Sehtests – die gleichzeitige Einbeziehung unterschiedlicher Aspekte des Fahrverhaltens ermöglicht. Es werden sowohl kognitive, perzeptive als auch motorische Komponenten gleichzeitig erfaßt. Hier zeigten sich für die untersuchten Altersgruppen lediglich Unterschiede bei der mittleren Linienabweichung der Tracking-Aufgabe. Inwiefern dies auf altersbedingte motorische Defizite zurückzuführen ist, bedarf einer weiteren Klärung. Dabei wäre es empfehlenswert, im Rahmen einer separaten Studie die vielfältigen Möglichkeiten dieses Testverfahrens (z. B. eine stärkere Variation der Gedächtnisbelastung) auszunutzen, um die Frage möglicher Leistungsabfälle im Alter differenzierter zu behandeln.

2.6 Bedeutung von Kurven

Wichtig ist auch, auf die dramatische Verschlechterung der Erkennungsabstände in Kurven hinzuweisen. Selbst für den sonst gut sichtbaren Radfahrer zeigten sich mittlere Erkennungsabstände, die mit einem hohen Unfallrisiko einhergehen.

Um das Gefahrenpotential in Kurven abschwächen zu können, wäre zum Beispiel eine generelle Geschwindigkeitsvorgabe für das Befahren von Kurven aus mehreren Gründen nicht geeignet. Einerseits gibt es eine große Vielzahl von Kurven, andererseits sind stets situative Faktoren (Straßenzustand, Wetterbedingungen, Verkehrssituation) und auch individuelle Faktoren zu berücksichtigen. Daneben wird gerade bei Nacht die gefahrene Geschwindigkeit vom Fahrer unterschätzt. Vielfach wird die Sicherheit bei Nachtfahrten überschätzt, da aufgrund des visuellen Defizits keine Orientierung zum Beispiel für die Fahrgeschwindigkeit vorliegt. Oftmals wird auch angenommen, bei Nacht befänden sich keine Hindernisse auf der Fahrbahn und deshalb die Geschwindigkeit entsprechend hoch gewählt. Das Schätzen von Entfernungen ist bei Nacht ebenfalls schwieriger, da nur wenige Anhaltspunkte dazu vorliegen. Das heißt, daß insgesamt gesehen die Effektivität einer allgemeinen Geschwindigkeitsvorgabe für Kurven als äußerst gering angesehen werden muß.

COHEN (1988) weist auf die Möglichkeit hin, ein Objekt mit wohldefinierten lichttechnischen Merkmalen als Bezugsgröße für den Sichtabstand festzulegen. Er schlägt vor, ein Streifenmuster, bei dem vier Orientierungen möglich sind, auf die Leitpfosten neben den Reflektoren anzubringen. Diese Muster sollen dem Verkehrsteilnehmer Rückmeldung über seine Sichtweite liefern. Problematisch an diesem Vorschlag scheint die Verhaltenswirksamkeit dieser Maßnahme. So zeigt der dramatische Anstieg der Massenunfälle bei Nebel in den letzten Jahren, daß der Fahrer trotz eindeutig gegebener Sichtbehinderungen sein Fahrverhalten den Umständen nicht anpaßt. Außerdem wäre zu überprüfen, inwieweit der Fahrer durch eine ständige Kontrolle seiner Sichtweite anhand der rechts am Straßenrand befindlichen Standardmuster abgelenkt wird. Weiterhin fehlen Angaben zu einer Validierung der zu verwendenden Streifenmuster in bezug auf das Erkennen relevanter visueller Objekte (s. auch die Diskussion der Ginsburg-Charts, Teil II, Kap. 6.2). Schließlich ist generell zu überlegen, ob der Fahrer nur Informationen über den visuellen Kanal erhalten sollte. Die oft vorherr-

schende Meinung, daß die visuelle Belastung des Fahrers bei Nacht – im Gegensatz zum Tage – relativ gering ist, erscheint irreführend. Die Informationsextraktion aus den wenigen vorhandenen Reizen wird durch die Dunkelheit maßgeblich erschwert und führt somit zu einer Erhöhung der Beanspruchung des Fahrers im visuellen Bereich.

Aus diesem Grunde wird an dieser Stelle vorgeschlagen, Maßnahmen zu entwickeln, die den visuellen Kanal des Fahrers nicht zusätzlich beanspruchen. Stattdessen wird eine Verlagerung auf den akustischen und kinesthetischen Kanal empfohlen. Dabei soll über den akustischen Kanal ein Warnsignal ausgelöst werden, das zu einer Erhöhung der Aufmerksamkeit führt. Zusätzlich soll durch den kinesthetischen Kanal bewirkt werden, daß die Fahrgeschwindigkeit vom Fahrer reduziert wird. Dies könnte wie folgt realisiert werden:

Im Annäherungsbereich von Kurven, deren Sichtweite durch bauliche Gegebenheiten eingeschränkt wird, soll eine Aufrauung des Straßenbelags erfolgen. Diese Veränderung des Straßenbelags muß so stark sein, daß beim Befahren eine deutliche Vibration (Stimulation des kinesthetischen Kanals) für den Fahrer spürbar wird. Gleichzeitig wird über die Veränderung des Straßenbelags ein akustisches Signal erzeugt (singende Reifen).

Allerdings sollten auch mögliche Nachteile dieser vorgeschlagenen Maßnahme erwähnt werden:

- die akustische Belästigung von Anwohnern an Landstraßen
- die Kostenintensivität und
- organisatorisch/technische Probleme bei der Durchführung.

Außerdem muß die Wirksamkeit einer solchen Maßnahme erst experimentell überprüft werden, um zu gesicherten Aussagen zu gelangen. In einem zweiten Schritt muß eine gezielte Öffentlichkeitsarbeit erfolgen und anschließend, nach probeweiser Einführung dieser Straßenbelagsveränderungen an exemplarischen Stellen, eine weitere Untersuchung der Effektivität der vorgeschlagenen Maßnahme durchgeführt werden.

2.7 Fußgänger

Im Rahmen des Feldexperiments konnte erneut gezeigt werden, welch' hoher Gefahr sich ein dunkel gekleideter Fußgänger bei Nacht auf Landstraßen aussetzt. Sowohl auf den kurvigen als auch geraden Streckenabschnitten ergab sich ein durch-

schnittlicher Erkennungsabstand von ca. 40 m. Da diese Entfernung bei der auf Landstraßen üblicherweise gefahrenen Geschwindigkeiten kaum ausreicht, ein Fahrzeug rechtzeitig vor dem Fußgänger zum Halten zu bringen (s. Teil III, Kap. 5.3.5), muß überlegt werden, welche Maßnahmen zu ergreifen sind, um dieses durchaus vermeidbare Gefahrenpotential zu reduzieren. Da der Erkennungsabstand eines „hell“ gekleideten Dummies in der vorliegenden Untersuchung auf geraden Streckenabschnitten 92 m und bei kurvigen Streckenverläufen 52 m beträgt, kann aufgrund der vorhandenen Streuung auch hier nicht von einem ausreichenden Sichtabstand gesprochen werden (s. auch SHINAR, 1985). Betrachtet man dagegen die durchschnittlichen Erkennungsabstände (110 m) für Radfahrer, so wird deutlich, wie stark sich Reflektoren und Selbstbeleuchtungsanlagen auf die Sichtbarkeit auswirken. Deshalb kann in Übereinstimmung mit COHEN (1988) gefordert werden, daß Verkehrsteilnehmer sich selbst durch retroreflektierendes Material für den Fahrzeugführer sichtbar machen. Bevor allerdings rechtliche Maßnahmen diskutiert werden können (Haftungsmaßnahmen gegen den Verkehrsteilnehmer, falls er diesen Mindestanforderungen nicht nachkommt), sollte zunächst versucht werden, durch eine intensivierete Öffentlichkeitsarbeit ein Problembewußtsein zu schaffen, daß zu unmittelbaren Verhaltenskonsequenzen führt.

Abschließend werden die oben beschriebenen Maßnahmen noch einmal zusammengefaßt.

3 Zusammenfassung der angesprochenen Maßnahmen

- (1) Es ist, zumindest bis zu einem Alter von 60 Jahren, nicht erforderlich, per Gesetz Verkehrsteilnehmer aufzufordern, ihre Sehleistungen in periodischen Abschnitten zu überprüfen. Ein Hauptargument gegen eine solche Maßnahme ist vor allem in der mangelhaften Reliabilität und Validität (besonders der ökologischen) der Sehtestverfahren begründet.
- (2) Um die Vorhersagekraft von Sehtestverfahren auf Erkennungsabstände bei Dunkelheitsfahrten zu verbessern, muß zunächst der dafür relevante periphere Sehbereich versucht werden zu erfassen. Des Weiteren ist die Sensitivität dieses Bereiches für Bewegungsinformationen zu berücksichtigen. Daneben bieten sich Messungen mit degradierten Stimuli an, um die sub-

optimalen Bedingungen – wie sie bei Nacht im visuellen Bereich vorherrschen – abbilden zu können. Auch ist von einzelnen – nicht aufeinander bezogenen – Messungen bestimmter Sehparameter abzusehen. Schließlich sollte die Methode des adaptiven Testens gewählt werden, um zu genaueren und zutreffenderen Aussagen über die Sehleistung einer Person zu gelangen.

- (3) Die Bedeutung kognitiver Faktoren wurde im vorliegenden Experiment demonstriert. Hierzu sind detaillierte Untersuchungen erforderlich, die die Einflußmöglichkeiten dieser Faktoren auf das Fahrverhalten zum Gegenstand haben.
- (4) Angenommene Leistungsabfälle im Alter (motorischer und kognitiver Art z. B.), die unter Umständen einen stärkeren Einfluß auf das Fahrverhalten als visuelle Faktoren ausüben, sind genauer zu untersuchen.
- (5) Um das Gefahrenpotential von Kurven zu verringern, wäre die Möglichkeit zu überprüfen, im Annäherungsbereich einiger, besonders gefahrenträchtiger, Kurven durch Aufrauhung der Fahrbahn dem Fahrer ein akustisches und kinesthetisches Warnsignal zu vermitteln.
- (6) Es sind pädagogische Maßnahmen (bessere Öffentlichkeitsarbeit im Sinne von gezielten Aufklärungskampagnen über die schlechte Sichtbarkeit von Verkehrsteilnehmern bei Nacht) erforderlich, um die Erkennbarkeit von Fußgängern zu verbessern. Hierbei wird vorgeschlagen, dem Fußgänger das Tragen von retroreflektierendem Material zu empfehlen, um so seine eigene Sicherheit zu erhöhen. Es ist auch zu fragen, ob (juristisch gesehen) einem nicht adäquat gekleidetem Fußgänger bei einem Unfall eine Teilschuld zugewiesen werden könnte (s. dazu auch COHEN, 1988). Juristischen Konsequenzen müßten auf jeden Fall Aufklärungskampagnen vorangehen.

Literatur

- ADAC Motorwelt, 4, 1989.
- AULHORN, E. & HARMS, H. (1970), Über die Untersuchung der Nachtfahreignung von Kraftfahrern mit dem Mesoptometer. *Klin. Mbl. Augenheilk.*, 175, 843–873.
- AULHORN, E. (1980), Der Fußgängerunfall bei Dunkelheit. *Schriftenreihe Straßenverkehr des ADAC*, 24, 90–99.
- AULHORN, E. & REINER (1988), Bedienungsanleitung zum Mesoptometer II. OCULUS Optikgeräte GmbH, Wetzlar.
- BORTZ, J. (1979), *Lehrbuch der Statistik*. Berlin: Springer.
- BORTZ, J. (1984), *Lehrbuch der empirischen Forschung*. Berlin: Springer.
- BRÜHNING, E., HIPPCHEM, H. & WEISSBRODT, G. (1978), *Nachtunfälle: Eine Analyse auf Grundlage der Daten amtlicher Straßenverkehrsunfallstatistik*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- BRÜHNING; E., ERNST, G. & SCHMID, M. (1988), *Das Unfallgeschehen bei Nacht – Unfallhäufigkeit, Unfallrisiko und Unfallstruktur*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- BURG, A. (1964), An investigation of some relationships between dynamic visual acuity, static visual acuity and driving record. Department of Engineering, University of California, Los Angeles, report no. 64–18.
- CAMPBELL, F. W. & ROBSON, J. G. (1986), Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. *Journal of Physiology*, 197, 551–556.
- CHRISTENSEN, P., GLAD, A. & PEDERSON, T. (1976), The safety value of driver license renewals: An analysis of research results. Report no. ISBN – 82 – 7133 – 149 – 3.
- CLAUSS, G. & EBNER, H. (1985), *Grundlagen der Statistik*. Frankfurt, Zürich: Harri Deutsch.
- COHEN, A. S. (1984), *Einflußgrößen auf das nutzbare Sehfeld*. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- COHEN, A. S. (1986), *Möglichkeiten und Grenzen visueller Wahrnehmung im Straßenverkehr*. *Schriftenreihe der Bundesanstalt für Straßenwesen*, Heft 57.

- COHEN, A. S. (1987), Blickverhalten und Informationsaufnahme von Kraftfahrern. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- COHEN, A. S. (1988), Fahrt auf Sicherheitsabstand bei Nacht: Eine bisher unerfüllbare Forderung des Gesetzgebers. In: G. KROJ & K. M. PORSCHEN (Hrsg.): Fortschritt der Verkehrspsychologie, 29. Fortbildungsveranstaltung der Sektion Verkehrspsychologie im Berufsverband deutscher Psychologen e. V., Bonn: Deutscher Psychologen-Verlag.
- COLE, B. L. & HUGHES, Ph. K. (1984), A field trial of attention and search conspicuity. *Human Factors*, 26 (3), 299–319.
- COUNCIL, F. M. & ALLEN, J. A. (1974), A study of the visual fields of North Carolina drivers and their relationships to accidents. Highway Safety Research Center, University of North Carolina.
- CRANCER, A. & O'NEALL, P. A. (1969), Comprehensive vision tests and driving record. Report 028, Department of Motor Vehicles, Washington D.C.
- DANNER, M. (1987), Unfallhäufigkeit und Unfallursachen bei Nachtverkehr. Vortragspapier. Köln: TÜV Rheinland.
- DANSBACH, W. (1986), Beschreibung eines Meßfahrzeugs für Fahrverhaltensuntersuchungen. Polizei, Verkehr, Technik, Heft 10.
- DONGES, E. (1978), Ein regelungstechnisches Zweiebenen-Modell des menschlichen Lenkverhaltens im Kraftfahrzeug. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 24, 98–112.
- FARBER, E. & BHISE, V. (1975), Development of a headlight evaluation model. Drivers' visual needs in night driving. TRB spec. rept. 156 Transportation Res. Board, Washington D.C.
- FECHNER, G. Th. (1860), *Elemente der Psychophysik*. Leipzig: Breitkopf & Härtel.
- FRANK, H. (1987), Auffälligkeitskonkurrenz zwischen städtischem Ambiente und Verkehrseinrichtungen. Schriftenreihe Straßenverkehr des ADAC, Heft 32, 132–140.
- GASKILL, J. D. (1978), *Linear systems, Fourier transforms and optics*. New York: Wiley.
- GERDES, A. (1984), Mehr Sicherheit durch Warnkleidung. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 30, 71–73.
- GINSBURG, A. P. (1984), A New Contrast Sensitivity Vision Test Chart. *American Journal of Optometry & Physiological optics* 61 (6), 403–407.
- GINSBURG, a. P. (1986), Spatial filtering and visual form perception.
- GRAMBERG-DANIELSEN, B. (1967), *Sehen und Verkehr*. Berlin: Springer.
- GRAMBERG-DANIELSEN, B. (1984), Das Sehen in der Dämmerung. Kongreßbericht der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin, e. V., Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, 90–93.
- HARMS, H. (1979), Sehmängel als Risiko im Straßenverkehr.
- HARMS, H. (1987), Unfallursache Sehmangel – heutige Situation und künftige Risiken. Schriftenreihe Straßenverkehr des ADAC, Heft 32, 30–40.
- HAUTZINGER, H. & TASSAUX, Z. (1987), Verkehrsmobilität und Unfallrisiko in der BRD. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- HAZLETT, R. D. & ALLEN, M. J. (1968), The ability to see a pedestrian at night: The effects of clothing, reflectorization and driver intoxication. *American Journal of Optometry*, 45, 246–258.
- HEBENSTREIT, B. von (1985), Beziehungen zwischen Sehstörungen und Unfallhäufigkeit im Straßenverkehr. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechnik*, 23, 331–335.
- HENDERSON, R. L. & BURG, A. (1973), The role of vision and audition in truck and bus driving. Report no. TM (L) 5260 /000/00, System Development Corporation, Santa Monica, California.
- HENDERSEON R. L. & BURG, A. (1974), Vision and audition in driving. Report no. TM (L) 5297/000/00, System Development Corporation, Santa Monica, California.
- HILLS, B. L. (1975), Visibility under night driving conditions: Field measurements using disc obstacles and a pedestrian dummy. *Lighting Research & Technology*, 7, 251–258.
- HILLS, B. L. (1976), Visibility under night driving conditions: Derivation of (dI,A) characteristics and factors in their application. *Lighting Research & Technology*, 8, 11–26.
- HILLS, B. L. & BURG, A. (1977), A reanalysis of Ca-

- lifornia driver vision data: General findings. Report LR 768, Department of the Environment/Transport, TRRL, Crowthorne, Berks.
- HILLS, B. L. (1980), Vision, visibility, and perception in driving. *Perception*, 9, 183–216.
- HOHMANN, A. (1991), Sehfähigkeit und Wahrnehmungsvermögen im Straßenverkehr. Bergisch Gladbach: Bundesanstalt für Straßenwesen.
- HORNKE, L. F. (1982), Testdiagnostische Untersuchungspraktiken. In: K. J. Groffmann & L. V. Michel, (Hrsg.): *Grundlagen psychologischer Diagnostik*. Göttingen: Hogrefe.
- JACOBS, A. M. (1982), L'effet de la distance de lecture et de l'espacement entre les caracteres sur le comportement oculomoteur. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Laboratoire de Psychologie Experimentale, Universite Rene Descartes, Paris V.
- JACOBS, A. M. (1986 a), Le controle oculomoteur dans l'exploration visuelle: mecanismes sensorimoteurs et processus cognitifs. Dissertation. Laboratoire de Psychologie Experimentale, Universite Rene Descartes, Paris V.
- JACOBS, A. M. (1986 b), Eye movement control in visual search: How direct is visual span control? *Perception & Psychophysics*, 39, 47–58.
- JACOBS, R. J. (1979), Visual resolution and contour interaction in the fovea and periphery. *Vision Research*, 19, 1187–1195.
- JOHANSSON, G. & RUMAR, K. (1971), Drivers' Brake Reaction Times. *Human Factors*, 13 (1), 23–27.
- JOO, S. & RÖHRIG, G. (1989), Sehvermögen von PKW-Fahrern. In: *Kongreßbericht der Deutschen Gesellschaft für Verkehrsmedizin e. V.*, Bundesanstalt für Straßenwesen, Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 76.
- KAHNEMAN, D. (1973), *Attention and effort*. Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- KELSEY, S. L. & JANKE, M. (1983), Driver license renewal by mail in California. *Journal of Safety Research*, vol. 14, 65–81.
- KELSEY, S. L., JANKE, M., PECK, R. C. & RATZ, M. (1985), Licence extensions for clean-record drivers: A 4-year follow-up. *Journal of Safety Research*, vol. 16, 149–167.
- KELTNER, J. L. & JOHNSON, C. A. (1987), Visual function, driving safety, and the elderly. *Ophthalmology*, 94, 1180–1188.
- KOCHELKE, W. (1980), Konzeption und Einsatz eines Video-Meßfahrzeugs für Fahrverhaltensuntersuchungen. *Zeitschrift für Verkehrssicherheit*, 26, Heft 3, 113–114.
- LIENERT, G. A. (1973), *Verteilungsfreie Methoden in der Biostatistik*. Bd. I. Meisenheim/Glan: Hain.
- LONG, G. M. & GARVEY, P. M. (1988), The effects of target wavelength on dynamic visual acuity under photopic and scotopic viewing. *Human Factors*, Vol. 30 (1), 3–13.
- MAFFEI, L. & FIORENTINI, A. (1973), The visual cortex as a spatial frequency analyser. *Vision Research*, 13, 1255–1267.
- McCONKIE, G. W., KERR, P. W., REDDIX, M. D., ZOLA, D. & JACOBS, A. M. (1989), Eye movement control during reading, II: Likelihood of refixating a word. Report of the center for the study of reading, University of Illinois at Urbana, Champaign.
- MERTE, H. J. & SIPP, V. (1978), Sehen im Straßenverkehr. In: *Der ältere Mensch am Steuer* (Report), 49–60, Marburg: Deutsches Grünes Kreuz.
- MILLER, I. W. & LUDVIGH, E. (1962), The effect of relative motion on visual acuity. *Surv. Ophthalmol.*, 7, 23–116.
- MORAY, N. (1979), *Mental load: Its Theory and Measurement*. New York: Plenum.
- MOSER, L. (1979), Einflüsse der Geschwindigkeit auf die Wahrnehmungsleistung vor Verkehrsunfällen. *Verkehrsunfall*, 17, 48–52.
- MÜLLER-LIMMROTH, W. (1987), Zentralnervöse Voraussetzungen für die Informationsaufnahme und -verarbeitung im Straßenverkehr. *Schriftenreihe Straßenverkehr des ADAC*, Heft 32, 19–30.
- NEUMANN, O. (1987), Beyond capacity: A functional view of attention. In: H. Heuer & A. F. Sanders (eds.), *Perspectives on perception and action*. Hillsdale: Erlbaum.
- NAVON, D. (1984), Resources: A Theoretical Soupstone. *Psychological Review*, 91, 216–234.
- OLSON, P. L. & SIVAK, M. (1984), Glare from automobile rear-vision mirror. *Human Factors*, 26, 269–282.
- OLSON, P. L. & SIVAK, M. (1986), Perception-re-

- response time to unexpected roadway hazards. *Human Factors*, 28 (1), 91–96.
- OLZAK, L. A. & THOMAS, J. P. (1986), Seeing spatial patterns. In: K. R. Boff, L. Kaufman & J. P. Thomas (eds.), *Handbook of Perception and Human Performance*, 7.1–7.56.
- O'REGAN, J. K. (1979), Saccade size control in reading: Evidence for the linguistic control hypothesis. *Perception & Psychophysics*, 25, 501–509.
- O'REGAN, J. K. (1981), The convenient viewing position hypothesis. In: D. F. Fisher, R. A. Monty, & J. W. Senders, (eds.), *Eye movements: Cognition and visual perception*. Hillsdale, N. J.: LEA.
- O'REGAN, J. K., LEVY-SCHOEN, A. & JACOBS, A. M. (1983), The effect of visibility on eye movement parameters in reading. *Perception and Psychophysics*, 34, 457–464.
- OWSLEY, C. & SLOANE, M. E. (1987), Contrast sensitivity, acuity, and the perception of „real-world“ targets. *British Journal of Ophthalmology*, 71, 791–796.
- PADMOS, P. (1985), Providing visibility and visual guidance to the road user. *Transportation Research Circular*, 297.
- PADMOS, P. (1986), Critical visual elements in night driving (draft). In: CIE Report TC 4.09: Fundamentals of the visual task for night driving.
- PULLING, N. H., WOLF, E., STRUGIS, S. P., VAILLANCOURT, D. R. & DOLLIVER, J. J. (1980), Headlight glare resistance and driver age. *Human Factors*, 22, 103–112.
- SANDERS, A. F. (1979), Some remarks on mental load. In: N. Moray (ed.), *Mental load: Its Theory and Measurement*. New York: Plenum, 41–77.
- SANDERS, A. F. & DONK, W. (1986), Resource notions in explaining the limits of human task performance. In: R. Hackstein, F. J. Heeg & F. von Below (eds.), *Arbeitsorganisation und neue Technologien*, 571–598. Heidelberg: Springer.
- SANDERS, A. F. (1987), Visual search in vigilant performance. In: National Research Council Committee on Vision (eds.), *Night Vision: Current research and future developments*. Washington D.C., National Academy Press.
- SCHMIDT, R. F. (1973), *Grundriß der Sinnesphysiologie*. Berlin: Springer.
- SCHMIDT-CLAUSEN H. J. (1982), Das lichttechnische Gutachten bei Dunkelheitsunfällen. *Deutsches Autorecht*, 1, 3–12.
- SCIALFA, H. T., GARVEY, P. M., GISH, K. W., DEERING, L. M., LEIBOWITZ, H. W. & GOEBEL, C. C. (1988), Relationship along measures of static and dynamic visual sensitivity. *Human Factors*, Vol. 30 (6), 677–687.
- SHINAR, D. (1977), Driver visual limitations diagnosis and treatment. Institute for Research in Public Safety, School of Public and Environmental Affairs, Indiana University, Bloomington.
- SHINAR, D. (1984), Actual versus estimated nighttime pedestrian visibility. *Ergonomics*, 27, 863–871.
- SHINAR, D. (1985), The effects of expectancy, clothing reflectance, and detection criterion on nighttime pedestrian visibility. *Human Factors*, 27 (3), 327–333.
- SIEGEL, S. (1987), *Nichtparametrische statistische Methoden*. Frankfurt: Fachbuchhandlung für Psychologie.
- SIVAK, M. & OLSON, P. L. (1982), Nighttime legibility of traffic signs conditions eliminating the effect of driver age and disability glare. *Accident Analysis and Prevention*, 14, 87–93.
- Statistisches Jahrbuch Nordrhein-Westfalen (1986). Landesamt für Datenverarbeitung und Statistik, Auszug XV Verkehr.
- STAUGHTON, G. C. & STORIE, V. J. (1977), Methodology of an in-depth accident investigation survey. Report LR 762, Department of the Environment/Transport, TRRL, Crowthorne, Berks.
- STERNBERG, S. (1966), High-speed scanning in human memory. *Science*, 153, 652–654.
- STERNBERG, S. (1969), The discovery of processing stages: Extensions on Donder's method. *Acta Psychologica* 30, Attention and Performance II. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- STOOVELAAR, F. (1987), Wahrnehmung, Wahrnehmungspriorität, Radfahrer und Fußgänger. Schriftenreihe Straßenverkehr des ADAC, Heft 32, 179–186.
- SUMMALA, H. (1981), Latencies in vehicle steering: It is possible to measure drivers' response latencies and attention unobtrusively on the

road. Proceedings from the 25th Anniversary Meeting of the Human Factors Society, Rochester, October 12–16.

SUZUMURA, A. (1968), Annual Report of Research Institute of Environmental Medicine. Nagoya University, Japan, 16, 77.

Technischer Überwachungsverein Bayern e. V., 1986.

Technischer Überwachungsverein Rheinland e. V. (1986). Institut für Verkehrssicherheit: Die Sicherheit. Für uns zu wichtig, um sie einseitig zu sehen.

Titmus Vision Tester (1977), Petersburg, Virginia: Titmus, A Zeiss Company.

TRIGGS, T. J. & HARRIS, W. G. (1982), Reaction time of drivers to road stimuli. Human Factors Report HFR-12, ISBN 0 86746 147 0, Department of Psychology, Monash University, Melbourne, Australia.

VOS, J. J. (1967), Physiologic-optical aspects of participation in traffic. Perspectives of Ophthalmology, 224–229.

WEALE, R. A. (1963), The ageing eye. London: Lewis.

WEALE, R. A. (1975), Senile changes in visual acuity. Transactions of the Ophthalmological Society, U. K., 95, 36–38.

WICKENS, C. D. (1976), The effect of divided attention on information processing in tracking. Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1, 1–13.

WICKENS, C. D., SANDRY, D. L. & VIDULICH, M. (1983), Compatibility and resource competition between modalities of input, control processing and output: Testing a model of complex performance. Human Factors, 25, 227–248.

WICKENS, C. D. (1984), Engineering psychology and human performance. Charles E. Merrill Publishing Company.

ZAIDEL, D. M. & HOCHERMAN, I. (1986), License renewal of medical and vision tests. Journal of Safety Research, Vol. 17, pp. 111–116.

Anhang

A: Laboruntersuchungen

Auswertungsbogen zum TITMUS-Vision-Tester

KEY		T/O VISION TESTER			
Bericht					
Name _____		Nr. _____			
Adresse _____		Datum _____			
Beruf _____		Abt. _____			
Alter m w Tester					
Brille Keine <input type="radio"/> Ja <input type="radio"/> Zweistärken <input type="radio"/> Ferne Nähe					
Letzte Untersuchung bei Dr. _____		Veränderung der Refraktion Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/>			
Schwierigkeiten beim Sehen Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/>		Kontaktlinsenträger Ja <input type="radio"/> Nein <input type="radio"/>			
Bemerkungen:					
Fernteste	1 Beid. Aug. G R K L O U L F L U R U O R	1 2 3 4 5 6 8 9 10 11 12 13 14			
	2 Rechts O L O O U U L U R O R L U R				
	3 Links L R L U R O O U R O U R O L				
	Sehschärfen Werte 0.1 0.2 0.3 0.4 0.5 0.6 0.7 0.8 0.9 1.0 1.1 1.2 1.3 1.5				
	4 Stereotest U L U O O L R L R	1 2 3 4 5 6 7 8 9			
	5 Farbttest A B C D E F	12 5 25 6 16 O			
	6 Höhenabweichung	1 2 3 4 5 6 7			
	7 Seitenabweichung	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15			
	8 Beruhigungsbild				
	Wechsel				
	Nahteste	9 Beid. Aug. R L O R U R O L O L U R U →	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14		
		10 Rechts O U O U R O R L U L R R L O			
11 Links U L U R O L O U R I R L R O L					
12 Seitenabweichung		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15			
Wechsel					

Überwiesen: Ja Nein

Unterschrift: _____

Datum: _____

Kovarianzen (Kov.), Korrelationen (Korr.) und der quadrierte Korrelationskoeffizient (RQ) zwischen den im Labor erhobenen Sehtests und dem Alter der Versuchspersonen

	"Alter"		
	Kov.	Korr.	R.Q.
Sehtest	0.605	0.232	0.054
Mesoptometer 0.1 cd/m ²	-3.454	-0.072	0.005
Mesoptometer 0.032 cd/m ²	8.058	0.107	0.011
Mesoptometer 0.1cd/m ² Blendung	-1.987	-0.05	0.002
Mesoptometer 0.032 cd/m ² Blendung	3.021	0.059	0.003
Ortsfrequenz 1.5	0.283	0.045	0.002
Ortsfrequenz 3.0	-0.516	-0.099	0.01
Ortsfrequenz 6.0	-0.86	-0.134	0.018
Ortsfrequenz 12.0	-3.867	-0.423	0.179
Ortsfrequenz 18.0	-1.629	-0.135	0.018

Instruktionen der Versuchspersonen zum Mesoptometer II

Liebe Versuchsperson,

Zunächst möchten wir Ihnen dafür danken, daß Sie sich bereit erklärt haben, noch einmal an einem Sehtest teilzunehmen. Wie schon bei dem ersten Sehtest, den Sie vor der Teilnahme am Versuch auf dem Nürburgring mitgemacht haben, geht es auch bei diesem Test darum, Ihre Sehfähigkeit in der Dämmerung zu prüfen. Die Durchführung einer zweiten solchen Untersuchung dient dem Zweck, eine größere Sicherheit über die Ergebnisse der ersten Sehuntersuchung zu erhalten.

Der Ablauf des heutigen Sehtests sieht folgendermaßen aus:

Zunächst wird der Raum verdunkelt; bis zum Beginn des eigentlichen Sehtests werden dann ungefähr 10 Minuten vergehen, damit Ihre Augen sich an die Dunkelheit gewöhnen können.

Dann werden Sie gebeten, durch den Einblickschirm in das Innere der Apparatur zu sehen, wo Ihnen Abbildungen dargeboten werden.

Zuerst wird mit Ihnen ein Test durchgeführt, bei dem Ihnen jeweils eine der folgenden ringartigen Figuren gezeigt wird:



Sie sollen jeweils angeben, wo sich die Öffnung des Ringes befindet.

Beispiel:



Ihre Antwort: "rechts oben"

Daraufhin wird der gleiche Test noch einmal durchgeführt, mit dem Unterschied, daß nun bei der Darbietung der Ringe ein Gegenlicht vorhanden ist. Ihre Aufgabe besteht auch bei diesem Test darin, anzugeben, wo sich jeweils die Öffnung des Ringes befindet.

Zum Abschluß möchten wir Sie bitten, daß Sie, wenn Sie Brillenträger sind, Ihre Brille für den Sehtest auch aufsetzen.

Wenn Sie jetzt noch weitere Fragen haben, wenden Sie sich bitte an den Versuchsleiter; er wird Ihnen gerne zur Verfügung stehen.

Auswertungsbogen zum Mesoptometer II

Name:

Alter:

m

w

ohne Blendung

Kontrast- stärke	Reihenfolge der Stimuli:						Summe
8	O	OL	U	OR	UL	U	
7	UR	UL	OR	U	OL	O	
6	OL	U	O	UL	UR	OR	
5	U	OR	OL	O	UR	UL	
4	UL	O	UR	OL	OR	U	
3	OR	UR	UL	U	O	LO	
2	O	OR	OL	UR	U	UL	
1	UL	U	O	OR	OL	UR	

mit Blendung

Kontrast- stärke:	Reihenfolge der Stimuli:			
8	O	U	OR	UR
7	U	O	UR	OR
6	UR	U	O	OR
5	OR	UR	U	O
4	O	OR	UR	U
3	U	O	OR	UR
2	OR	O	U	UR
1	UR	OR	O	U

Ergebnistabelle des Sehtests und der Mesoptometer-Messungen für die 16 Versuchspersonen

Vp	Alter	Sehtest	Anzahl der richtig erkannten Testreize			
			Sehschärfe	0.1 cd/m ²	0.032 cd/m ²	0.1 cd/m ² - B
1	28	1.5	41	28	23	4
2	24	1.1	48	41	29	14
3	30	1.3	57	33	21	8
4	52	1.5	48	41	25	9
5	26	0.8	41	31	18	0
6	60	1.5	45	34	23	5
7	24	1.0	44	26	26	5
8	55	1.0	36	27	22	3
9	51	1.5	45	32	25	7
10	27	1.1	48	41	27	8
11	50	1.2	48	42	28	14
12	50	1.0	48	38	23	5
13	28	1.0	48	36	28	9
14	52	1.0	48	41	26	10
15	52	1.1	45	35	24	7
16	26	1.3	47	40	23	5

Datenübersicht Taskomat

Gruppe/Vpn-Nr.	MRT	STD	rms - Wert	Alter
jüngere / 2	706	197	3.5	28
jüngere / 3	708	159	2.3	24
jüngere / 4	742	158	2.3	30
jüngere / 6	750	267	5.7	26
jüngere / 11	730	166	3.7	27
jüngere / 14	618	69	2.1	28
jüngere / 17	739	141	2.1	26
ältere / 7	714	308	6.9	60
ältere / 9	577	120	3.6	55
ältere / 10	644	172	5.3	51
ältere / 12	814	273	7.2	50
ältere / 13	627	121	3.0	50
ältere / 15	810	209	3.3	52
ältere / 16	681	114	4.7	52

Auswertungsbogen zu den Ginsburg-Charts zur Messung der Kontrastsensitivität

Kontrastsensitivität

Yp-Nr.:

Freq.	Tafel A	Tafel B	Tafel C	X
A 1,5				
B 3				
C 6				
D 12				
E 18				

Ergebnistabelle der Messung der Kontrastsensitivität für die einzelnen Ortsfrequenzen für die 16 Versuchspersonen

Vpn	Alter	Ortsfrequenzen				
		1.5	3.0	6.0	12	18
1	28	6.0	6.6	6.3	6.0	3.6
2	24	7.0	7.0	7.0	7.0	6.0
3	30	7.0	7.0	7.0	7.0	6.6
4	52	6.6	7.0	7.0	6.3	5.3
5	26	6.0	6.3	6.0	5.6	4.6
6	60	7.0	7.0	7.0	6.3	6.3
7	24	6.0	7.0	7.0	7.0	6.6
8	55	7.0	7.0	7.0	6.3	6.3
9	51	6.0	6.6	6.6	6.0	5.0
10	27	7.0	7.6	7.6	8.0	6.3
11	50	7.0	7.6	7.0	7.3	6.0
12	50	6.3	7.0	6.0	6.0	5.0
13	28	7.3	7.6	7.0	7.0	6.3
14	52	6.6	7.0	7.0	6.0	5.0
15	52	6.6	6.6	6.0	5.6	4.6
16	26	7.0	7.3	7.0	6.6	6.0

Rohdaten Taskomat, ältere Vpn

Block	MRT	STD	rms - Wert in mm	Vpn-Nr.
1	691	409	6.3	7
2	738	207	7.4	7
1	551	137	4.0	9
2	603	103	3.2	9
1	709	199	6.0	10
2	580	145	4.6	10
1	752	266	7.2	12
2	877	281	7.2	12
1	620	108	3.1	13
2	635	135	2.9	13
1	805	323	3.3	15
2	815	96	3.4	15
1	639	104	5.1	16
2	724	125	4.2	16

Rohdaten Taskomat, jüngere Vpn

Block	MRT	STD	rms - Wert in mm	Vpn-Nr.
1	36	250	3.8	2
2	676	144	3.3	2
1	684	120	2.4	3
2	732	199	2.2	3
1	732	159	2.5	4
2	753	157	2.2	4
1	754	301	7.2	6
2	747	234	3.6	6
1	736	176	4.4	11
2	724	157	2.9	11
1	602	75	2.1	14
2	634	63	2.2	14
1	689	92	2.3	17
2	789	191	2.0	17

B: Feldversuch

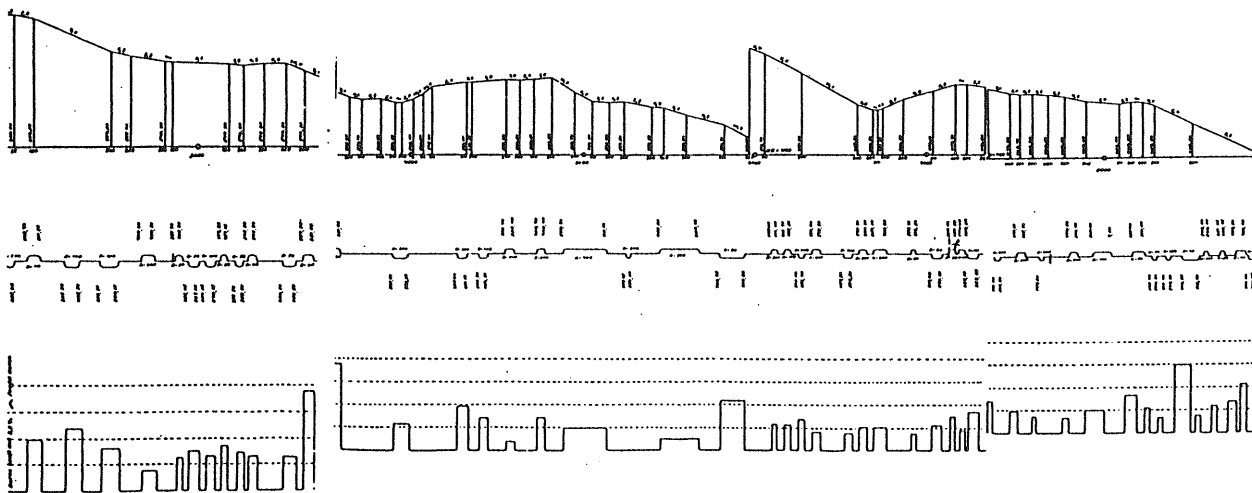
Vollständiger Streckenplan des Nürburgrings

Teil 1: 0 bis 6600 m

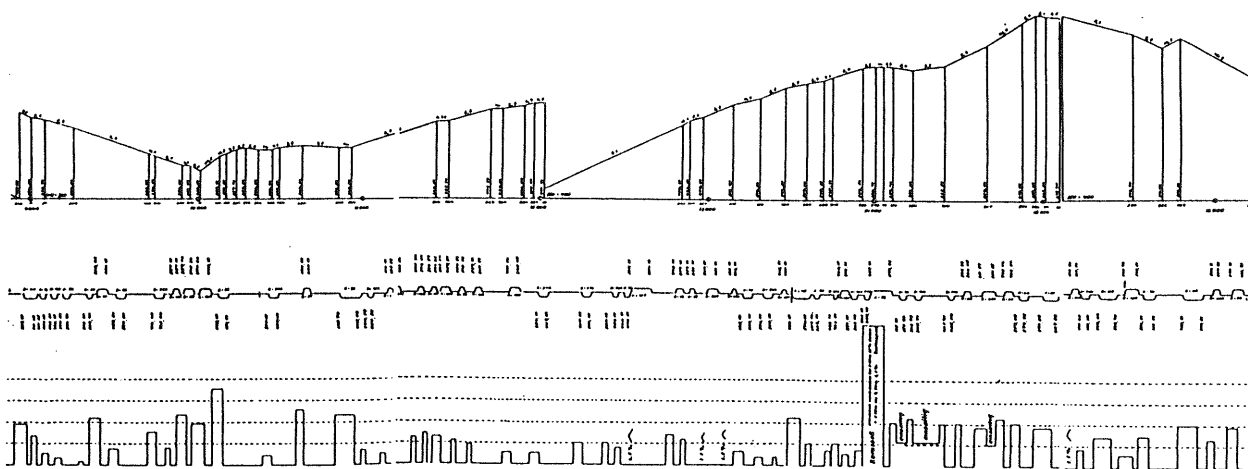
Längenprofile und Quergefälle in %

Längen 1:10 000

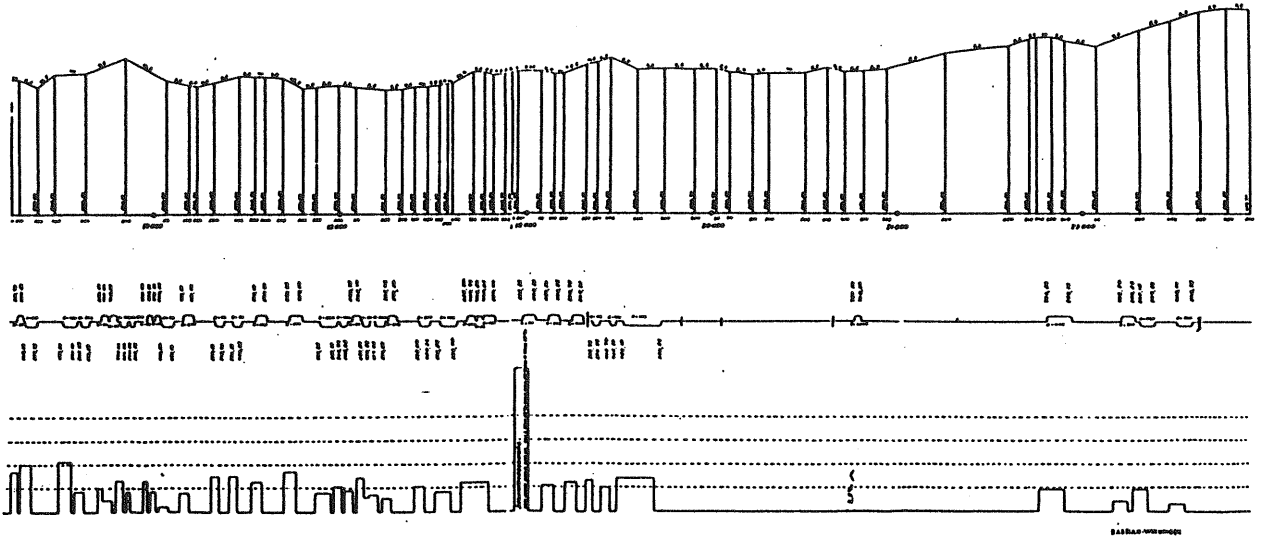
Höhen 1:2000



Teil 2: 6600 m bis 14 200 m



Teil 3: 14 200 m bis 20 600 m



INSTRUKTION

Zunächst möchten wir Ihnen sehr herzlich für Ihre Teilnahme am Versuch danken!

Auf diesen Seiten erhalten Sie eine kurze Beschreibung der Aufgabe, die Sie im Laufe des Versuchs erfüllen sollen. Für nähere Angaben oder bei Fragen wenden Sie sich bitte an einen der Versuchsleiter.

FAHRAUFGABE

Ihre Aufgabe besteht darin, die Versuchsstrecke so zu befahren, als ob es sich um eine ganz normale Autofahrt auf einer nächtlichen Landstraße handeln würde. Bitte beherzigen Sie dabei folgende Bitten im Interesse Ihrer eigenen, aber auch unserer Sicherheit:

- 1) Halten Sie bitte Geschwindigkeiten ein, bei denen Sie sich sicher und wohl fühlen. Lassen Sie sich durch die Situation bitte nicht von Ihrem persönlichen Fahrstil abbringen. *Daß die Versuchsfahrt auf dem Nürburgring stattfindet, hat nichts damit zu tun, daß von Ihnen besonders hohe Geschwindigkeiten erwartet werden!*
- 2) Um unnötige Gefährdungen auszuschließen, haben wir unsere Versuchssituation so ausgewählt, daß kein Gegenverkehr auftritt. Es werden Ihnen auf der Versuchsstrecke also keine Fahrzeuge entgegenkommen. *Bitte beachten Sie trotzdem das Rechtsfahrgebot.* Tun Sie also bitte so, als müßten Sie mit Gegenverkehr rechnen.
- 3) Auf der Versuchsstrecke gibt es keine Einmündungen oder Abbiegungen. Eine Betätigung des Blinkers ist daher nicht erforderlich. *Bitte betätigen Sie den Blinker nicht.* Er würde die Aufzeichnung Ihrer mündlichen Äußerungen stören.

ERKENNUNGSAUFGABE

Sie nehmen an einem Versuch zur Erkennung von kritischen Objekten bei Nachtfahrten teil. Von der Fahrstrecke haben Sie während der Proberunde bereits einen ersten Eindruck bekommen. Während der folgenden Autofahrt werden Objekte (Fußgänger oder Radfahrer) am rechten Fahrbahnrand auftauchen, deren Entdeckung Ihre Aufgabe sein wird. Beachten Sie dabei bitte folgende Regeln:

- 1) Wenn Sie ein solches Objekt erkannt haben, teilen Sie bitte dem Versuchsleiter, der neben Ihnen im Auto sitzt, mit, ob es sich um einen Radfahrer oder einen Fußgänger handelt. *Sagen Sie also "Fußgänger" bei Auftauchen eines Fußgängers und "Radfahrer" bei Auftauchen eines Radfahrers.*
- 2) Am Fahrbahnrand befinden sich auch einige Objekte, die mit unserem Versuch nichts zu tun haben, und die Sie daher ignorieren sollten. *Sagen Sie also bitte nichts, bevor Sie ein Objekt eindeutig als Radfahrer oder Fußgänger erkannt haben.* Wenn Sie einmal nicht erkennen können, ob es sich bei dem jeweiligen Objekt um einen Radfahrer oder um einen Fußgänger handelt, antworten Sie bitte nicht.
- 3) Während der Autofahrt werden Sie einen Kopfhörer tragen. Sie werden über diesen Kopfhörer aber keine Signale hören. Sein Zweck liegt vielmehr darin, daß über das mit ihm verbundene Mikrofon Ihre Antworten aufgezeichnet werden. *Für die Aufzeichnung ist es besonders wichtig, daß Sie laut und deutlich sprechen.*
- 4) *Bitte haben Sie Verständnis dafür, daß während der Versuchsfahrt keine Unterhaltung im Auto stattfinden darf.* Neben Ihren Antworten "Radfahrer" oder "Fußgänger" sollte über das Mikrofon keine weitere Sprache aufgenommen werden.

Noch einmal kurz zusammengefaßt:

- | |
|---|
| - Fahren Sie bitte vorsichtig! |
| - Halten Sie sich bitte rechts! |
| - Antworten Sie bitte nur dann, wenn Sie ein Objekt eindeutig als Fußgänger oder Radfahrer erkannt haben! |
| - Sprechen Sie bitte laut und deutlich! |

Wir hoffen sehr, daß Sie an unserem Versuch ein bißchen Vergnügen haben werden! Wenn Sie irgendwelche Fragen oder Wünsche haben, teilen Sie sich bitte einem der Versuchsleiter mit. Wir stehen Ihnen gerne zur Verfügung!

Ergebnisse des Feldversuchs

Nach einer Voranstellung der Rohdaten und den getrennt dargestellten Mittelwerten (einschließlich der Standardabweichungen) werden die durchgeführten Rechnungen dokumentiert.

Dabei werden folgende Abkürzungen verwendet:

K1=Kurviger Streckenabschnitt Vp=Versuchsperson
 K2=Gerader Streckenabschnitt A=Alt
 B1=Dunkler Fußgänger J=Jung
 B2=Heller Fußgänger M=Männlich
 B3=Radfahrer W=Weiblich

Rohdaten des Feldversuches: Die Erkennungsabstände je Versuchsperson für alle Bedingungen "ohne Erwartung" in Metern.

Vpn	K1B1	K1B2	K1B3	K2B1	K2B2	K2B3
1MJ	35	46	49	52	136	54
2MJ	41	45	71	52	89	93
3WJ	29	40	78	49	85	117
4WA	26	14	18	15	43	111
5WJ	27	50	171	43	61	103
6MA	17	18	43	5	51	43
7WJ	36	37	139	43	91	97
8MA	39	42	37	45	63	95
9WA	39	52	53	43	113	144
10WJ	53	47	91	46	100	202
11WA	48	36	47	46	101	110
12MA	34	37	89	34	89	75
13MJ	32	49	85	39	60	247
14MA	50	67	46	57	140	209
15WA	22	23	44	31	68	93
16MJ	52	54	44	55	111	90

Die Rohdaten des Feldversuchs: Die Erkennungsabstände (in m) je Versuchsperson für alle Erwartet-Bedingungen

Vpn	K1B1	K1B2	K1B3	K2B1	K2B2	K2B3
1MJ	28	49	51	59	89	51
2MJ	32	63	52	54	93	88
3WJ	29	52	97	43	87	259
4WA	37	67	152	47	72	245
5WJ	48	60	172	63	92	150
6MA	30	53	47	26	70	37
7WJ	51	74	168	52	79	195
8MA	42	56	35	41	89	104
9WA	38	76	34	54	117	155
10WJ	57	70	129	51	118	290
11WA	48	69	142	47	97	274
12MA	43	81	80	43	108	56
13MJ	35	63	81	48	82	205
14MA	84	76	99	59	151	255
15WA	26	49	37	55	84	118
16MJ	51	63	44	61	119	179

Mittelwerte der Erkennungsabstände

Vpn	Alter/ Geschlecht	Erkennungsabstände
1	jung/männlich	58.42
2	jung/männlich	64.33
3	jung/weiblich	80.33
4	alt/weiblich	70.50
5	jung/weiblich	86.63
6	alt/männlich	36.5
7	jung/weiblich	88.38
8	alt/männlich	57.21
9	alt/weiblich	76.46
10	jung/weiblich	104.42
11	alt/weiblich	88.67
12	alt/männlich	63.96
13	jung/männlich	85.46
14	alt/männlich	107.67
15	alt/weiblich	54.08
16	jung/männlich	76.79

Darstellung der über alle Versuchspersonen gemittelten Erkennungsabstände (in m) je Bedingung mit den dazugehörigen Standardabweichungen (in m)

Mittelwert der Erkennungsabstände und Standardabweichungen

Bedingung	Mittelwert	Standardabweichungen
Alter: Alt	69.4	50.4
Alter: Jung	80.6	53.0
Unerwartet	65.4	43.0
Erwartet	84.6	58.1
Kurviger Abschnitt	56.8	33.0
Gerader Abschnitt	93.1	60.4
Dunkler Fußgänger	42.4	13.0
Heller Fußgänger	72.2	29.2
Radfahrer	110.4	69.1

Darstellung orthogonaler Kontraste der Varianzanalyse

Darstellung der orthogonalen Kontraste zwischen den verschiedenen Bezugsobjekten:

Orthogonaler Vergleich zwischen den beiden Fußgängertypen (hell und dunkel)

c-Koeffizienten: -1.1.0.

Q.d.V.	Q.S.	d.f.	s	F	p
B	28470.95	1	28470.95	181.485	
B*S*A	2196.61	14	156.90		

Orthogonaler Vergleich zwischen hellem Fußgänger und Radfahrer.

c-Koeffizient: 0.-1.1

Q.d.V.	Q.S.	d.f.	s	F	p
B	46588.78	1	46588.78	13.145	0.01
B*S*A	49618.25	14	3544.16		

Orthogonaler Vergleich zwischen dunklem Fußgänger und Radfahrer.

c-Koeffizienten: -1.0.1.

Q.d.V.	Q.S.	d.f.	s	F	p
B	147900.00	1	147900.00	47.06	0.01
B*S*A	43998.74	14	3142.77		

Orthogonaler Vergleich zwischen jungen und alten Versuchsteilnehmern.

c-Koeffizienten: -1.1.

Q.d.V.	Q.S.	d.f.	s	F	p
A	10416.75	1	10416.75	1.433	n.s.
A*S*A	101703.70	14	7264.55		

Ergebnisse der Varianzanalyse für die Haupteffekte und die Interaktionen erster und zweiter Ordnung

Die Variablen werden durch folgende Abkürzungen repräsentiert:

- A = Alter
- E = Erwartung
- V = Verlauf der Strecke
- B = Typus des Bezugsobjektes

Quelle der Variation (Q.d.V.)	Quadratsumme (Q.S)	Freiheitsgrade (df)	Varianz (s)	F	p
A	6035.69	1	6035.689	1.454	n.s.
E	17777.38	1	17777.38	16.323	0.05
V	63165.66	1	63165.66	37.966	0.01
B	148639.80	2	74319.91	32.578	0.01
.....					
A*E	960.783	1	960.783	0.898	n.s.
A*K	30.480	1	30.480	0.018	n.s.
A*B	4968.323	2	2484.162	1.088	n.s.
E*K	451.720	1	451.720	2.777	n.s.
E*B	5869.761	2	2934.880	3.375	n.s.
K*B	25851.29	2	12925.65	8.708	0.05
.....					
A*E*K	329.439	1	329.419	2.025	n.s.
A*E*B	111.448	2	55.723	0.064	n.s.
A*K*B	1090.500	2	545.25	0.367	n.s.
E*K*B	3676.386	2	1838.193		
.....					
Total	513941.800	191	2690.795		

(Q.d.V.)	(Q.S)	(df)	(s)	F	p
A	6035.69	1	6035.69	1.454	n.s.
E	17777.38	1	17777.38	16.323	0.05
V	63165.66	1	63165.66	37.966	0.01
B	148639.80	2	74319.91	32.578	0.01
.....					
A*E	960.783	1	960.78	0.898	n.s.
A*K	30.480	1	30.48	0.018	n.s.
A*B	4968.323	2	2484.16	1.088	n.s.
E*K	451.720	1	451.72	2.777	n.s.
E*B	5869.761	2	2934.88	3.375	n.s.
K*B	25851.29	2	12925.65	8.708	0.05
.....					
A*E*K	329.439	1	329.42	2.025	n.s.
A*E*B	111.448	2	55.72	0.064	n.s.
A*K*B	1090.500	2	545.25	0.367	n.s.
E*K*B	3676.386	2	1838.19		
.....					
Total	513941.800	191	2690.79		

Nachbefragungsbogen des Feldversuchs

NB - Bogen

YP. - Nr. _____

Datum der Fahrt : _____

Uhrzeit : _____

1. Welche Anforderungen stellte die Strecke an Ihr fahrerisches Können ?

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10
 niedrige Anforderungen hohe Anforderungen

2. Fiel es Ihnen heute schwerer, dem Straßenverlauf zu folgen, als das sonst bei Nachtfahrten der Fall ist ?

Ja : _____ können Sie dafür Gründe angeben ? _____

Nein : _____

3. Wie groß schätzen Sie die Ähnlichkeit der befahrenen Strecke zu verkehrsermten Landstraßen des normalen Straßennetzes bei Dunkelheit ?

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10
 niedrige Ähnlichkeit hohe Ähnlichkeit

4. Wie haben Sie die Bewältigung der Fahraufgabe während der Versuchsfahrt empfunden ?

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10
 sehr leicht sehr schwierig

5. Wie schwer fiel Ihnen die Gewöhnung an das fremde Fahrzeug ?

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10
 sehr leicht sehr schwer

6. Empfanden Sie das Kopfhörermikrofon als störend ?

1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8-----9-----10
 gar nicht sehr stark

Möchten Sie sonst noch Anmerkungen zum Versuch machen ?

C: Korrelation zwischen Sehtests und Erkennungsabständen

	Kovarianz	Korrelation	R-Quadrat
Sehtest	-1.784	-0.418	0.175
Ortsfrequenz 1,5	-0.125	-0.015	0.00021
Ortsfrequenz 3	2.613	0.365	0.133
Ortsfrequenz 6	3.270	0.372	0.139
Ortsfrequenz 12	5.456	0.434	0.189
Ortsfrequenz 18	2.628	0.158	0.025
Mes.1cd/m	24.109	0.367	0.134
Mes.032cd/m	31.982	0.309	0.096
Mes.1cd/m -B	15.664	0.286	0.082
Mes.032cd/m -B	18.296	0.261	0.068

Korrelationen der Sehtests mit den Erkennungsabständen für die Bedingung Gerade

Gerade

Sehtest	Korrelation	Kovarianz	R-Quadrat
---------	-------------	-----------	-----------

Sehschärfe	-0.185	-0.936	0.034
Kontrast 1,5	0.16	1.942	0.026
Kontrast 3	0.447	4.502	0.2
Kontrast 6	0.462	5.741	0.214
Kontrast 12	0.444	7.879	0.197
Kontrast 18	0.151	3.555	0.023
Meso. 0.1	0.432	40.176	0.187
Meso. 0.032	0.409	59.813	0.167
Meso. 0.1 B	0.393	30.38	0.154
Meso. 0.032 B	0.411	40.74	0.169

Korrelationen der Sehtests mit den Erkennungsabständen für die Bedingung Kurve

Kurve

Sehtest	Korrelation	Kovarianz	R-Quadrat
---------	-------------	-----------	-----------

Sehschärfe	-0.607	-1.854	0.368
Kontrast 1,5	-0.299	-2.192	0.09
Kontrast 3	0.115	0.7	0.013
Kontrast 6	0.106	0.798	0.011
Kontrast 12	0.283	3.033	0.08
Kontrast 18	0.12	1.701	0.014
Meso. 0.1	0.143	8.05	0.021
Meso. 0.032	0.047	4.156	0.002
Meso. 0.1 B	0.02	0.947	0.0004
Meso. 0.032 B	-0.069	-4.141	0.005

Korrelationen der Sehtests mit den Erkennungsabständen für die Bedingung Unerwartet

Unerwartet

Sehtest	Korrelation	Kovarianz	R-Quadrat
---------	-------------	-----------	-----------

Sehschärfe	-0.477	-1.605	0.228
Kontrast 1,5	-0.062	-0.498	0.004
Kontrast 3	0.247	1.651	0.061
Kontrast 6	0.223	1.836	0.05
Kontrast 12	0.332	3.911	0.11
Kontrast 18	0.046	0.712	0.002
Meso. 0.1	0.21	12.959	0.044
Meso. 0.032	0.12	11.622	0.014
Meso. 0.1 B	0.269	13.799	0.072
Meso. 0.032 B	0.14	9.224	0.02

Korrelationen der Sehtests mit den Erkennungsabständen für die Bedingung Erwartet

Erwartet

Sehtest	Korrelation	Kovarianz	R-Quadrat
---------	-------------	-----------	-----------

Sehschärfe	-0.261	-1.185	0.068
Kontrast 1,5	0.248	0.023	0.001
Kontrast 3	0.392	3.55	0.154
Kontrast 6	0.422	4.702	0.178
Kontrast 12	0.439	7	0.192
Kontrast 18	0.215	4.544	0.046
Meso. 0.1	0.422	35.26	0.178
Meso. 0.032	0.399	52.34	0.159
Meso. 0.1 B	0.252	17.524	0.064
Meso. 0.032 B	0.307	27.367	0.094

Korrelationen der Sehtests mit den Erkennungsabständen für die Bedingung Gerade/Erwartet

Erwartet-Gerade

Sehtest	Korrelation	Kovarianz	R-Quadrat
---------	-------------	-----------	-----------

Sehschärfe	-0.119	-0.542	0.014
Kontrast 1,5	0.176	1.923	0.031
Kontrast 3	0.437	3.965	0.191
Kontrast 6	0.473	5.287	0.224
Kontrast 12	0.444	7.096	0.197
Kontrast 18	0.206	4.347	0.042
Meso. 0.1	0.469	39.299	0.22
Meso. 0.032	0.474	62.431	0.225
Meso. 0.1 B	0.297	20.699	0.088
Meso. 0.032 B	0.395	35.268	0.156

Korrelationen der Sehtests mit den Erkennungsabständen für die Bedingung Gerade/Unerwartet

Gerade-Unerwartet

Sehtest	Korrelation	Kovarianz	R-Quadrat
---------	-------------	-----------	-----------

Sehschärfe	-0.241	-1.155	0.058
Kontrast 1,5	0.108	1.238	0.012
Kontrast 3	0.371	3.534	0.137
Kontrast 6	0.349	4.095	0.122
Kontrast 12	0.341	5.73	0.116
Kontrast 18	0.024	0.524	0.001
Meso. 0.1	0.33	29.034	0.109
Meso. 0.032	0.282	39.029	0.08
Meso. 0.1 B	0.442	32.312	0.195
Meso. 0.032 B	0.352	33.005	0.124

Zunächst möchten wir Ihnen sehr herzlich für die Teilnahme an diesem Versuch danken.

Im folgenden erhalten Sie eine kurze Beschreibung der Aufgabe, die Sie in diesem Versuch erfüllen sollen. Wenn Ihnen etwas unklar ist oder Sie noch Fragen haben, wenden Sie sich bitte an den Versuchsleiter.

Sie nehmen an einem Versuch zur Erkennung von kritischen Objekten bei Nachtfahrten teil. Sie sehen vor sich eine Fahrstrecke, die sie langsam befahren sollen. Dabei bleiben Sie in der Mitte der Fahrbahn. Wenn sie ein Objekt wahrnehmen, fahren sie bitte weiter darauf zu, bis Sie es eindeutig identifizieren können, und halten Sie dann an. Teilen Sie dem Versuchsleiter mit, um welches Objekt es sich handelt und fahren sie dann dicht an das Objekt heran. Anschließend fahren sie langsam wieder rückwärts vom Objekt weg in Richtung Startpunkt. Sie sollten dabei das Objekt betrachten und dann anhalten, wenn Sie das Objekt nicht mehr eindeutig identifizieren können. Anschließend fahren Sie bitte weiter rückwärts zum Startpunkt der Fahrbahn. Es werden insgesamt acht Durchgänge durchgeführt.

Mittlere Erkennungsabstände und Standardabweichungen der einzelnen Versuchspersonen (in m) über auf- und absteigendes Verfahren:

Versuchsperson	mittlerer Erkennungsabstand	Standardabweichung
1	74.25	13.62
2	65.50	9.54
3	79.50	12.40
4	80.75	14.97
5	72.25	29.56
6	75.75	23.68
7	72.25	25.50
8	63.00	23.37

C1 = dunkel
C2 = hell

M1 = unbewegt
M2 = bewegt

Mittlere Erkennungsabstände über auf- und absteigendes Verfahren für die einzelnen Bedingungskombinationen (in m):

Bedingung	Durchgänge:							
	1	2	3	4	5	6	7	8
C1-M1	68	55	71	71	62	60	55	56
C1-M2	58	60	69	65	35	51	46	33
C2-M1	85	75	82	92	96	95	91	80
C2-M2	86	72	96	95	96	97	97	83

Mittlere Erkennungsabstände und Standardabweichungen (in m)
für den Faktor "Bewegung":

Bewegung	Mittlerer Erkennungsabstand	Standardabweichung
M1 (unbewegt)	74.62	14.59
M2 (bewegt)	71.18	22.57

Mittlere Erkennungsabstände (in m) über alle Versuchspersonen für die kombinierten Bedingungen Bewegung x Reflexionsgrad:

		REFLEXIONSGRAD	
		dunkel	hell
B E W E G U N G	unbewegt	62.25	87.00
	bewegt	52.13	90.25

Mittlere Erkennungsabstände und Standardabweichungen (in m)
für den Faktor "Reflexionsgrad des Objekts":

Reflexionsgrad	Mittlerer Erkennungsabstand	Standardabweichung
C1 (dunkel)	57.19	11.51
C2 (hell)	88.62	8.30

Mittlere Erkennungsabstände und Standardabweichungen für die einzelnen Bedingungskombinationen (in m):

Bedingung	Mittlerer Erkennungsabstand	Standardabweichung
C1-M1	62.25	6.92
C1-M2	52.12	13.33
C2-M1	87	7.63
C2-M2	90.25	9.13

Ergebnisse der Varianzanalyse für Haupteffekte und Interaktionen:

Quelle der Variation	Quadratsumme	Freiheitsgrade	Varianz	F	p
C	7906.532	1	7906.532	54.01	0.01
M	94.531	1	94.531	2.528	n.s.
C * M	357.781	1	357.781	11.899	0.05

Schriftenreihe

**Berichte der Bundesanstalt
für Straßenwesen**

Unterreihe „Mensch und Sicherheit“

M1: Verkehrssicherheitsaktivitäten auf lokaler Ebene

von D. Wagner, P. G. Jansen

124 Seiten, 1993 DM 29,00

M2: Identifikation und Ursachenuntersuchung von innerörtlichen Unfallstellen

von L. Neumann, B. Schaaf, H. Sperber

136 Seiten, 1993 DM 30,50

M3: Sicherheit von Fußgängern außerorts bei eingeschränkten Sichtverhältnissen

von G. Ruwenstroth, E. C. Kuller, F. Radder

92 Seiten, 1993 DM 26,00

M4: Sichtabstand bei Fahrten in der Dunkelheit

von A. Bartmann, D. Reiffenrath, Dr. A. M. Jacobs,
H. Leder, M. Walkowiak, A. Szymkowiak

96 Seiten, 1993 DM 26,00

Zu beziehen durch:

Wirtschaftsverlag NW

Verlag für neue Wissenschaft GmbH

Postfach 10 11 10, Am Alten Hafen 113-115

D-2850 Bremerhaven 1

Telefon (04 71) 4 60 93-95, Telefax (04 71) 4 27 65