

Bernhard Schlag · Ina Petermann
Gert Weller · Christoph Schulze

Mehr Licht – mehr Sicht – mehr Sicherheit?

VS RESEARCH

Verkehrspsychologie

Herausgegeben von
Prof. Dr. Bernhard Schlag, TU Dresden

Verkehrspsychologie ist ein wachsendes Gebiet der Psychologie, das starke öffentliche Aufmerksamkeit erfährt. Empirische Forschung in der Verkehrspsychologie umfasst neben der Diagnostik und Rehabilitation auffälliger Kraftfahrer eine Reihe innovativer Gebiete, deren gemeinsamer Erkenntnisgegenstand das Mobilitätsverhalten und Mobilitäts erleben der Menschen ist. Verkehrspsychologische Forschung wird oft in enger Kooperation mit Ingenieuren, Wirtschaftswissenschaftlern und Medizinern betrieben und hat dabei teilweise eigenständige theoretische und methodische Ansätze entwickelt. Die Bände dieser Reihe befassen sich u. a. mit dem Mobilitätsverhalten und der Verkehrsmittelwahl, Möglichkeiten der Verhaltensbeeinflussung für eine umweltgerechtere und sicherere Mobilität, psychologischen Aspekten der Verkehrsplanung und des Mobilitätsmanagements, Fragen der Unfallforschung und der Verbesserung der Verkehrssicherheit, der Fahrerassistenz sowie der Akzeptanz von und dem Umgang mit technischen und organisatorischen Innovationen. Die Reihe macht sowohl aktuelle Forschungen als auch Überblicksdarstellungen in diesen Bereichen zugänglich.

Bernhard Schlag · Ina Petermann
Gert Weller · Christoph Schulze

Mehr Licht – mehr Sicht – mehr Sicherheit?

Zur Wirkung verbesserter
Licht- und Sichtbedingungen
auf das Fahrerverhalten

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über
<<http://dnb.d-nb.de>> abrufbar.

1. Auflage 2009

Alle Rechte vorbehalten

© VS Verlag für Sozialwissenschaften | GWV Fachverlage GmbH, Wiesbaden 2009

Lektorat: Christina M. Brian / Britta Göhrisch-Radmacher

VS Verlag für Sozialwissenschaften ist Teil der Fachverlagsgruppe
Springer Science+Business Media.

www.vs-verlag.de



Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Umschlaggestaltung: KünkelLopka Medienentwicklung, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Printed in Germany

ISBN 978-3-531-16527-1

Inhalt

Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
Abstract	11
1 Einleitung	13
2 Visuelle Wahrnehmung und Informationsaufnahme im Straßenverkehr	15
2.1 Ein kognitives Modell der Informationsverarbeitung.....	15
2.2 Physikalische und lichttechnische Grundlagen	17
2.3 Physikalische Filter: Grenzen aus lichttechnischer Sicht	19
2.3.1 Dämmerung als Filter	19
2.3.2 Dunkelheit als Filter	20
2.3.3 Nebel, Regen und Schnee als Filter.....	21
2.3.4 Windschutzscheiben und Scheinwerfer als Filter.....	22
2.3.5 Reflexionen auf der Fahrbahn als Filter	23
2.4 Physiologisch-optische Grundlagen	25
2.5 Perzeptive Filter: Grenzen aus physiologischer Sicht	27
2.5.1 Leistungen des menschlichen Sehens.....	27
2.5.2 Physiologische Blendung als Filter („disability glare“)	32
2.5.3 Sehvermögen als Filter	33
2.5.4 Alter als Filter.....	35
2.5.5 Unterschiedliche Sichtdistanzen als Filter.....	38
2.5.6 Ermüdung als Filter	38
2.5.7 Alkohol und Drogen als Filter	40
2.6 Psychologische Grundlagen und kognitive Funktionen	41
2.7 Kognitive Filter: Grenzen aus Sicht der Informationsverarbeitung.....	49
2.7.1 Entfernungs- und Geschwindigkeitswahrnehmung als Filter	49
2.7.2 Erfahrungsabhängige Blicksteuerung als Filter.....	51
2.7.3 Kapazitätsgrenzen als Filter	52
2.7.4 Ressourcenwahrnehmung und Motive als Filter	52
2.7.5 Rückmeldungen als Filter.....	54
2.7.6 Psychologische Blendung als Filter („discomfort glare“)	55
2.8 Ein zusammenfassendes Stufenmodell der Gefahrenkognition.....	56

3	Problematik der Verhaltensadaptation.....	59
3.1	Definition und Klassifikation	59
3.2	Bedingungen und Hintergründe der Verhaltensadaptation.....	63
4	Empirische Befunde zur Fragestellung: Mehr Licht - Mehr Sicht - Mehr Sicherheit?.....	67
4.1	Die Fahrsituation bei Dunkelheit.....	67
4.2	Die Wahrnehmungssituation bei Dunkelheit.....	69
4.2.1	Wahrnehmungsfiter bei Dunkelheit aus physiologisch-optischer Sicht	69
4.2.2	Wahrnehmungsfiter bei Dunkelheit aus kognitiver Sicht.....	73
4.2.3	Verbesserung der Wahrnehmungsbedingungen bei Dunkelheit.....	75
4.3	Wirkungen von verbesserter Sicht bei Dunkelheit auf das Fahrerverhalten.....	77
4.3.1	Ergebnisse von Expertenbefragungen	78
4.3.2	Wirkungen von verbesserten Scheinwerfersystemen auf das Fahrerverhalten.....	80
4.3.3	Wirkung von Night Vision Enhancement Systemen auf das Fahrerverhalten.....	92
5	Zusammenfassende Diskussion	101
	Literaturverzeichnis	109

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Modell perceptiver und kognitiver Prozesse beim Führen eines Kraftfahrzeugs.....	16
Abbildung 2:	Absolutschwellen in Abhängigkeit von unterschiedlichen Beleuchtungsstärken	28
Abbildung 3:	Abhängigkeit der Unterschiedsschwelle von Objektgröße und Umfeldleuchtdichte.....	30
Abbildung 4:	Problemfelder älterer Kraftfahrer in Wahrnehmung, Kognition und Handlung.....	37
Abbildung 5:	Rahmenmodell der Situation Awareness	44
Abbildung 6:	Schematische Darstellung des Blicks aus dem Fahrzeug auf die Fahrbahn	46
Abbildung 7:	Höhere Geschwindigkeit – Engeres Sichtfeld.....	47
Abbildung 8:	Modell der Gefahrenkognition.....	56
Abbildung 9:	Einteilung der Adaptationsprozesse	60
Abbildung 10:	Verhaltensadaptation: Nettonutzen einer Maßnahme	61
Abbildung 11:	Prozessmodell der Verhaltensadaptation	63
Abbildung 12:	Unterschiedsempfindlichkeit als Funktion der Adaptationsleuchtdichte.....	70
Abbildung 13:	Fixationspunkte bei Tagfahrten und Nachtfahrten.....	72
Abbildung 14:	Bewertung der adaptiven Lichtfunktionen in Prozent.....	80
Abbildung 15:	Erkennbarkeitsentfernung verschiedener Lichtverteilungen für unterschiedliche Fahrsituationen.....	83
Abbildung 16:	Erkennbarkeitsentfernung bei Linkskurven mit verschiedenen Kurvenlichtsystemen.....	85
Abbildung 17:	Ergebnisse der subjektiven Befragung.....	86
Abbildung 18:	Auswirkung von AFS auf die Rundenzeiten.....	87
Abbildung 19:	Auswirkung von AFS auf die Variabilität der Geschwindigkeit	88
Abbildung 20:	Mittlere Geschwindigkeit während simulierter Fahrbedingungen.....	96
Abbildung 21:	Vergleich der Durchschnittsgeschwindigkeiten vor und nach einem simulierten VES-Fehler.....	97
Abbildung 22:	Ausmaß der erwarteten Verhaltensänderungen auf der Manöverebene mit einem VES, differenziert nach 3 Fahrergruppen	98

Abbildung 23:	Ausmaß der erwarteten Verhaltensänderungen auf der strategischen Ebene mit einem VES, differenziert nach 3 Fahrergruppen.....	99
Abbildung 24:	Veränderungen hinsichtlich des subjektiven Empfindens, differenziert nach 3 Fahrergruppen.....	100

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Webersche Konstanten für ausgewählte Reizdimensionen	29
Tabelle 2:	Leuchtdichten für einige Sehobjekte im Verkehrsraum	70
Tabelle 3:	Prozentuale Sichtverbesserung in Kurven.....	89
Tabelle 4:	Veränderung des Unfallrisikos durch verbesserte Scheinwerfer..	91
Tabelle 5:	Studien zur Wirksamkeit von NVES.....	95

Abstract

Bewirkt eine Verbesserung der Lichtverhältnisse bei Dunkelheit in jedem Fall mehr Sicherheit im Straßenverkehr? Welche Nebeneffekte können die Sicherheitswirkungen besserer Beleuchtung möglicherweise verringern? Die vorliegende Literaturstudie fasst den „state of the art“ wissenschaftlicher Erkenntnisse zum Fahrerverhalten bei unterschiedlichen Licht- und Sichtbedingungen zusammen. Aufgenommen wurden alle verfügbaren Befunde zum Kraftfahren und Sehen bei Dunkelheit. Näher analysiert wurden physikalische, physiologische sowie psychologische Faktoren. Ferner erfolgte schwerpunktmäßig die Betrachtung fahrzeugseitiger Technologien (aktive Lichtsysteme, Night Vision Enhancement Systeme) mit dem Ziel, deren kurz- sowie langfristiges Wirkungspotential auf der Basis von Expertenmeinungen und Literaturquellen abzuschätzen bzw. zu belegen. Dabei wurden sowohl primäre (spezifische) als auch sekundäre (unspezifische) Systemwirkungen betrachtet. Ein Hauptaugenmerk galt Verhaltensadaptationen nach Veränderungen am Fahrzeug bzw. in der Fahrumwelt.

Im Ergebnis zeigt sich, dass die unmittelbare Sicherheitswirkung („engineering effect“) der betrachteten Sichtverbessernden Systeme eindeutig in der Möglichkeit einer frühzeitigeren Gefahrenkognition und Gefahrenantizipation sowie in der Verlängerung der Entscheidungs- und Reaktionszeit liegt, die für Brems- und Ausweichmanöver zur Verfügung steht. Somit können durch Sichtverbessernde Systeme primär solche Unfälle vermieden werden, die auf ein fehlendes oder zu spätes Erkennen von Gefahren oder Objekten zurückgehen bzw. bei denen zu spät ein unfallvermeidendes Manöver eingeleitet wurde. Bezüglich des Einflusses von ungünstigen Verhaltensadaptationen („behavioural effect“) oder weiterer, nicht intendierter Wirkungen auf den Nettosicherheitseffekt können auf der Basis der derzeit veröffentlichten Befunde nur unsichere Aussagen abgeleitet werden. Grundsätzlich sind ungünstige kompensatorische Handlungen nach der Einführung sichtverbessernder Systeme nicht auszuschließen und teilweise in der Literatur bereits dokumentiert. Dennoch ist auf der Basis von Expertenmeinungen sowie der recherchierten Befunde nicht anzunehmen, dass es zu einer vollständigen Nivellierung der positiven Effekte einer verbesserten Sicht bei Dunkelheit kommt.

Ein Nettosicherheitseffekt verbleibt selbst bei ungünstigen Verhaltensanpassungen. Zur differenzierten Wirkungsabschätzung sichtverbessernder Systeme besteht allerdings weiterer Forschungsbedarf, der abschließend spezifiziert wird.

1 Einleitung

Gute Sicht und ein gutes Sehvermögen sind unabdingbare Voraussetzungen für eine sichere Teilnahme am Straßenverkehr. Das visuelle System spielt eine zentrale Rolle bei der Gewinnung der für das Autofahren relevanten Informationen. Geschätzt wird, dass bis zu 90 % dieser Informationen über die Augen aufgenommen werden. Die Differenziertheit der visuellen Wahrnehmung der Verkehrssituation beeinflusst wiederum den Entscheidungsprozess und die Handlungszuverlässigkeit (Cohen, 1993a). So zeigt eine Untersuchung von TIJERINA et al. (1995), dass Kraftfahrer unter ungünstigen Sichtbedingungen aufgrund mangelnder Möglichkeiten zur Gefahrenkognition und Gefahrenantizipation überwiegend keine präventiven Maßnahmen bei einem bevorstehenden Unfall ergreifen. Die ungünstigen Beleuchtungsverhältnisse bzw. Wahrnehmungsbedingungen gingen in diesem Fall mit einer „lückenhaften“ internen Repräsentation der objektiven Umwelt einher (vgl. Cohen, 1993a) und sind dann mit der verminderten visuellen Leistungsfähigkeit in der Dämmerungs- bzw. Nachtzeit vergleichbar (vgl. z.B. Levine & Shefner, 2000). Eingeschränkte Sicht- bzw. Lichtverhältnisse werden zwar häufig zu kompensatorisch sicherheitssteigernden Verhaltensanpassungen führen (z.B. Herabsetzen der Geschwindigkeit). Werden sie jedoch als Gefahrenquelle nicht bewusst oder aber unterschätzt, so kann dies auch dazu führen, dass bestehende Motivationslagen bzw. Handlungsintentionen ungeachtet der Wahrnehmungsbedingungen umgesetzt werden.

Nicht in jedem Fall muss eine Verbesserung der Lichtverhältnisse gleichzeitig mehr Sicherheit im Straßenverkehr bedingen. Aufgearbeitet wird in dieser Studie der „state of the art“ der wissenschaftlichen Erkenntnisse zum Fahrerverhalten bei unterschiedlichen Licht- bzw. Sichtbedingungen, insbesondere der Befunde zum Kraftfahren und Sehen bei Dunkelheit. Weitere Literaturquellen, die Untersuchungsergebnisse bei anderen ungünstigen Lichtverhältnissen bzw. Sichtbehinderungen aufzeigen, werden als Basis für analoge Ableitungen genutzt. Im Hinblick auf aktuelle fahrzeugseitige Entwicklungen, die eine Verbesserung der Licht- und Sichtverhältnisse bewirken sollen (z.B. Adaptive Leuchtweitenregelung, Kurvenlicht, Night Vision Enhancement Systems [NVES]), bedarf es der Analyse von Bedingungen, unter denen ein Sicherheitsgewinn im Sinne der Reduktion der Verletzten- und Getötetenzahlen im Straßenverkehr

erzielt werden kann. Neben physikalischen, physiologischen sowie psychologischen Aspekten sind auf der Verhaltensebene vor allem Kompensationseffekte zu beachten, deren positive oder negative Ausprägung den Nettonutzen einer Verkehrssicherheitsmaßnahme mitbestimmt.

Diese Literaturstudie beginnt mit der Darstellung des perzeptiven und kognitiven Informationsverarbeitungsprozesses anhand des Modells von RUMAR (1985). Dieses Modell stellt im Folgenden die Basis für Erläuterungen zu lichttechnischen, sinnesphysiologischen und psychologischen Grundlagen dar, die im Zusammenhang mit der visuellen Wahrnehmung und dem Fahrerverhalten im Straßenverkehr stehen. Anschließend wird auf die Problematik der Verhaltensadaptation eingegangen, deren Voraussetzungen werden erläutert und ein zusammenfassendes Modell wird vorgestellt. Weiter erfolgt eine Darstellung und Beschreibung der Wahrnehmungssituation bei Dunkelheit aus physiologisch-optischer sowie aus psychologisch-kognitiver Sicht. Dabei werden Bezüge zu anderen Licht- und Sichtverhältnissen hergestellt. Gleichzeitig wird auf Möglichkeiten zur Verbesserung der Wahrnehmungssituation bei Dunkelheit hingewiesen. Schwerpunktmäßig werden fahrzeugseitige Systeme betrachtet. Welche Auswirkungen derartige Veränderungen im System „Fahrer-Fahrzeug-Straße“ (vgl. Gstalter & Fastenmeier, 1995) auf das Fahrerverhalten haben wird einerseits anhand von Literaturquellen aufgezeigt und andererseits unter Berücksichtigung des in Kapitel 3 dargestellten Prozessmodells der Verhaltensadaptation diskutiert. Erkenntnisse aus Studien, die nicht die nächtliche Wahrnehmungssituation und/oder fahrzeugseitige Maßnahmen betreffen, werden in diesem Zusammenhang als analoge Beispiele verwendet, um die Problematik der Verhaltensanpassung aus einem anderen Blickwinkel zu betrachten und entsprechende Schlussfolgerungen für die zugrunde liegende Fragestellung zu ziehen. In Kapitel 5 erfolgt eine zusammenfassende Diskussion der dargestellten Befunde und darauf aufbauend eine Ableitung von Empfehlungen und weiterführendem Forschungsbedarf. Mit diesem Band wird eine sowohl theoretisch wie in Teilen bereits empirisch fundierte Basis zur Evaluation zukünftiger, primär fahrzeugseitiger Maßnahmen zur Sichtverbesserung bereitgestellt, mit der deren Einführung oder experimentelle Überprüfung differenzierter begründet werden kann.