

Michael Geiler

Zum Einfluß von gelben und blauen Rundumlichtern auf Wahrnehmungsleistungen und mentale Beanspruchung von Kraftfahrzeugführern

Dokumentation: Geiler, M.: Zum Einfluß von gelben und blauen Rundumlichtern auf Wahrnehmungsleistungen und mentale Beanspruchung von Kraftfahrzeugführern. Z. f. Verkehrssicherheit 46 (2000) Nr. 1, 2 Bilder, 6 Tabellen, 27 Lit.-Ang., S. 1-9

Schlagwörter: Norm (technisch) (0139), Gesetzesdurchführung (1534), Psychologische Untersuchung (2276), Blendung (1677), Lichtsignal (0565)

Zusammenfassung: Die Untersuchung dient speziell der Beantwortung der Frage, ob im Schwertransportverkehr die Verwendung blauer bzw. gelber Rundumlichter behördlich gestattet werden sollte, die nach hinten in einem Winkel von 90° lichtundurchlässig abgeschirmt sind. Solche rückwärtigen Abdeckungen werden vom Fahrpersonal unter Hinweis auf die subjektiv störende und blendende Wirkung von Rundumlichtern gefordert. Die Untersuchung zeigt, daß abgedeckte Rundumlichter an Fahrzeugen, die dem Schwertransporter (bzw. dem nach hinten absichernden Begleitfahrzeug) unmittelbar vorausfahren, unter Verkehrssicherheitsgesichtspunkten positiv zu bewerten sind und daher zugelassen werden sollten.

Abstract: The particular question of the study was whether the use of blue resp. yellow rotating-beam lights should be permitted by authorities in heavy transport traffic which are screened impermeable to light in a 90° angle to the back. Such back covering devices are demanded by the drivers and conductors who refer to the subjectively irritating and glaring effect of rotating-beam lights. The study showed that covered lights mounted on vehicles which drive directly in front of a heavy transport vehicle (or in front of the accompanying security car in the rear) can be assessed as having positive effects with regard to traffic safety and should therefore be authorized.

1 Ausgangslage und Zielsetzung¹

Großraum- und Schwertransporte benötigen eine Erlaubnis der Straßenverkehrsbehörde nach § 29 Abs. 3 StVO. Zur Absicherung dieser Transporte kann die Behörde eine Begleitung durch speziell ausgerüstete Fahrzeuge (sogenannte BF3-Fahrzeuge) bzw. durch Polizeifahrzeuge vorschreiben (§ 38 Abs. 2 u. 3 StVO), die mit gelben bzw. blauen Rundumleuchten ausgestattet sind (§ 52 Abs. 3 u. Abs. 4 Nr. 3 und § 4 StVZO). Außerdem kann die zuständige Verkehrsbehörde verlangen, daß das Schwertransportfahrzeug selbst über gelbes Rundumlicht verfügt. Zur Vermeidung von Verkehrsstörungen wird meist auch der Fahrweg und die Fahrzeit festgelegt, z. B. nur Autobahn außerhalb der Verkehrsspitzen zur Nachtzeit (Schurig, 1996).

Nach Auskunft der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen sowie des Bundesverbandes des deutschen Güterfernverkehrs fühlt sich das Fahrpersonal durch die gelben und blauen Rundumleuchten stark belastet, geblendet und in seinem Wahrnehmungsvermögen deutlich eingeschränkt. Dies gilt sowohl für die Fahrer der Schwertransport- als auch der Begleitfahrzeuge, die die rückwärtige Absicherung des Schwertransportes vornehmen.

Manche Fahrer greifen zur Selbsthilfe. Sie kleben die Rundumleuchten nach hinten hin ab oder neigen sie so gegen die Fahrbahn, daß sie dem Licht nicht mehr direkt ausgesetzt sind. Gelegentlich wer-

den zum Schutz gegen Blendung auch Sonnenbrillen verwendet.

Derartige Manipulationen an gelben und blauen Rundumleuchten stellen allerdings unzulässige Eingriffe in ein genehmigungsbedürftiges Bauteil dar, die zum Erlöschen der Betriebserlaubnis für das gesamte Fahrzeug führen. Denn Rundumleuchten bedürfen einer Bauartgenehmigung (§ 22a Abs. 1 u. § 12 StVZO), und in den „Technischen Anforderungen an Fahrzeugteile bei der Bauartprüfung nach § 22 a StVZO“ wird gefordert, daß die Leuchten rundum in einem Winkel von 360° abstrahlen.

Die 360°-Forderung gilt aber nicht für den Betrieb der Rundumlichter im Straßenverkehr. Hierfür reicht es, wenn sie in horizontaler Ebene lediglich in einem Winkel von insgesamt 270° abstrahlen, von der Fahrtrichtung aus jeweils 135° nach links und rechts gerechnet (Verkehrsblatt 1970 S. 336; Schreiben des Kraftfahrtbundesamtes 421-203.3.3 vom 9.10.1989; Mitteilung der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen). Nach hinten kann also ein Bereich von 90° ausgespart bleiben. Solche 270°-Rundumleuchten werden allerdings auf dem Markt nicht angeboten. Denn sie würden das Bauartgenehmigungsverfahren nicht passieren.

Ganz offensichtlich besteht also ein Widerspruch zwischen amtlichen Vorgaben und Richtlinien.

Die Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen erwägt, auf eine Änderung der straßenverkehrsrechtlichen Bestim-

mungen dahingehend hinzuwirken, daß im Schwertransportverkehr 270°-Rundumleuchten verwendet werden dürfen, sofern die Warnwirkung der Lampen für andere Verkehrsteilnehmer in notwendigem Umfang erhalten bleibt.

Anliegen der Untersuchung bestand darin, die Wirkung von 360°-Rundumlicht (RL) auf einen nachfolgenden Fahrer mit der von 270°-RL zu vergleichen. Im einzelnen ging es dabei um folgende Fragen:

1. Führt eine 90° umfassende, rückwärtige Abdeckung des RL wegen der verminderten Blendung zu einer Verbesserung von Wahrnehmungsleistungen?
2. Hat eine Abdeckung Auswirkungen auf die Qualität der Fahrtätigkeit (Leistungen auf der Spurführungsebene)?
3. In welchem Maße ist das Fahren unter RL-Bedingungen mental beanspruchend? Welche Auswirkung hat Abdeckung auf die mentale Beanspruchung und die subjektive Befindlichkeit?

Die Untersuchung knüpft an eine Laborstudie an, bei der tachistoskopisch dargebotene visuelle Reize bei gleichzeitig vorhandenem 270°-RL bzw. 360°-RL zu identifizieren waren, und in der die wahrnehmungsleistungsverbessernde Wirkung von Abdeckung nachgewiesen wurde (Geiler, 1994).

In der jetzt durchgeführten Studie sollten die Effekte von RL während praktischer Fahrtätigkeit erhoben werden.

Daß Blendung im Straßenverkehr visuelle Leistungen reduzieren kann, ist in Labor- und Feldstudien verschiedentlich nachgewiesen worden. So haben z. B. Finlay und Wilkinson (1984) ermittelt, daß sich unter Blendbedingungen die Kontrastunterschiedsempfindlichkeit verminderte. In einer Erhebung von Olson und Sivak (1984) stieg die für die Wahrnehmung einer Testscheibe erforderliche Leuchtdichte bei plötzlich einsetzender Blendung von 0,01 Candela/m² auf 20 Candela/m² an. In einer anderen Studie derselben Autoren (1982) wurde bei Blendung ein aufgestelltes Sehzeichen durchschnittlich aus einer Entfernung von 96,1 m erkannt, ohne Blendung jedoch schon aus 119,3 m. Olson und Sivak (1984) untersuchten auch die Wirkung von Blendung über die Rückspiegel. Der Erkennungsabstand reduzierte sich um 15%, wenn die Versuchspersonen

¹ Die Untersuchung erfolgte im Auftrag der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen und wurde durchgeführt von der Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V.

durch die Scheinwerfer eines nachfolgenden Fahrzeuges geblendet waren. Blendung (z. B. durch Streulichter entgegenkommender Fahrzeuge) führte in verschiedenen Untersuchungen auch zu Wahrnehmungsverzögerungen und Erhöhungen von Reaktionszeiten (Schneider, 1972; Pfeiffer, 1970).

Blendung kann nicht nur zu einer Verminderung visueller Leistungen führen. Von der sogenannten physiologischen Blendung (disability glare) – Pulling u. a. (1980) – deutlich abzugrenzen ist die Unbequemlichkeitsblendung (discomfort glare). Sie wird als unangenehm empfunden und „äußert sich durch das subjektive Empfinden einer erhöhten Anstrengung zur Aufrechterhaltung der visuellen Informationsaufnahme“ (Cohen, 1986). Nach Cohen reflektiert die Anstrengung möglicherweise einen Kompensationsvorgang, um die Sehvorgänge ungehindert aufrechtzuerhalten. Daher muß Unbequemlichkeitsblendung nicht notwendigerweise mit einer Verschlechterung visueller Leistungen einhergehen.

Welche physiologischen, optischen und lichttechnischen Größen und Zusammenhänge beim Vorgang der Blendung eine Rolle spielen, kann z. B. Gramberg-Danielson u. a. (1984) und Cohen (1986) entnommen werden.

Rundumleuchten waren bislang kaum Gegenstand in Wahrnehmungsuntersuchungen. Es konnten lediglich drei schon ältere Arbeiten ermittelt werden.

Die vom Department of California Highway Patrol durchgeführten Studien (Blue Light Study, 1973; Sequential Light Study, 1974) überprüften unterschiedliche Typen von blauen, roten und gelben Rundumleuchten auf ihre Erkennbarkeit und Auffälligkeit am Tag bei Sonnenlicht und in der Nacht. Außerdem wurde in Feldversuchen die Reaktion des fließenden Verkehrs (z. B. Fahrspurwechsel, Geschwindigkeitsreduktion) auf Polizeiwagen mit verschiedener Rundumlichtausstattung registriert.

Berkhout (1979) verglich Rundumleuchten, die sich in Farbe und Blinkfrequenz voneinander unterschieden. Er überprüfte, inwieweit die auf dem Dach eines sich bewegenden Fahrzeuges angebrachten unterschiedlichen Lampensysteme die Fähigkeit eines stationären Außenbeobachters beeinflussen, Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit zutreffend einzuschätzen.

Zur Frage, inwieweit von Rundumleuchten – vor allem bei längerer Exposition – Blendwirkungen ausgehen und ob sie zu einer höheren mentalen Beanspruchung führen, konnten in der Literatur keine Studien ermittelt werden. Zu anderen lichttechnischen Einrichtungen am Fahrzeug hingegen liegt eine Vielzahl von Arbeiten vor. So befaßten sich z. B. Helliars-Symons und Irving (1981) mit der maskierenden Wirkung von Nebelschlußleuchten auf die Erkennbarkeit von Bremsleuchten. Auch Scheinwerfer, Schluß- und Blinkleuchten zur Anzeige der Fahrtrichtung wurden z. B. hinsichtlich ihrer Wahrnehm-

barkeit und Wahrnehmungssicherheit überprüft (siehe hierzu zusammenfassend: Albrecht u. a. 1979).

Aufmerksamkeit fand in der Vergangenheit auch der Einfluß unterschiedlicher Pkw-Scheiben auf die Wahrnehmungsmöglichkeiten des Fahrers (siehe z. B. Junge u. a., 1994) ebenso wie die Bewertung der Ablesbarkeit von Instrumenten im Fahrzeug oder die Erkennbarkeit von Verkehrszeichen (Derkum, 1990).

2 Durchführung der Untersuchung

2.1 Die Versuchspersonen

Insgesamt nahmen 60 Personen an der Studie teil – 20 je eingesetzter Lichtbedingung (kein RL, 270°-RL, 360°-RL). Es handelte sich um Mitarbeiter der Hauptverwaltung der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten. Der Altersbereich erstreckte sich von 23 bis 60 Jahre ($\bar{x} = 36,4$ Jahre). Es beteiligten sich 31 Männer und 29 Frauen.

Alle Versuchspersonen (VPn) wurden vor Zuweisung zu einer der drei RL-Bedingungen augenmedizinisch untersucht. Dabei wurde die zentrale Tagessehschärfe sowie die Dämmerungsschärfe mit und ohne Blendung geprüft. Die drei Versuchsgruppen waren nach diesen Sehfunktionen parallelisiert.

Außerdem waren sie vergleichbar hinsichtlich folgender Merkmale: Alter, Dauer des Führerscheinesbesitzes, selbsteingeschätzte jährliche km-Leistung, Männer- bzw. Frauenanteil, Witterungsbedingungen während der Fahrversuche (z. B. nasse/trockene Fahrbahn) und Untersuchungszeitpunkt (im Winter während der dunklen Abendstunden von 18 - ca. 21 Uhr bzw. 19 - ca. 22 Uhr bzw. 20 - ca. 23 Uhr).

2.2 Ablauf der Untersuchung

2.2.1 Fahrpraktische Untersuchungen bei gelbem Rundumlicht

Die Erhebungen erfolgten im Realverkehr und auf einem von der Stadt Mannheim angemieteten, abgesperrten Parkplatz.

Aufgabe der VP bestand darin, mit einem Pkw einem anderen Pkw, der von einem Versuchsleiter gesteuert wurde, zu folgen. Auf dem Dach des Versuchsleiterfahrzeuges waren zwei handelsübliche gelbe Rundumleuchten (Hella KL 600 mit Halogen H1-Licht) angebracht. Je nach Gruppenzugehörigkeit der VP strahlten sie im Winkel von 360° bzw. 270° oder blieben ausgeschaltet. 270° Rundumlicht (RL) wurde dadurch erzeugt, daß die Rundumleuchten nach hinten in einem Winkel von 90° mit lichtundurchlässiger schwarzer Klebefolie abgeschirmt waren.

Die Fahrstrecke betrug 30 km; die Fahrzeit etwa 45 Min. Die Strecke führte vom Parkplatz durch den Großraum Mannheim (über Landstraßen und Bundesautobahnen sowie durch ein Gewerbegebiet) und endete auf dem Parkplatz. An zwei vorher festgelegten Stellen wurde die Fahrt unterbrochen. Der VL stieg zur VP ins Fahrzeug und erhob Blutdruck und

Herzfrequenz. Blutdruck und Herzfrequenz wurden außerdem zu Beginn und am Ende der Gelblichtfahrt bestimmt. Bei Probanden der 270° RL- bzw. 360° RL-Gruppe erfolgten zu 3 unterschiedlichen Zeitpunkten Befragungen zur Unbequemlichkeitsblendung. Die VPn hatten auf einer Skala von 0 bis 10 anzugeben, für wie unangenehm sie das RL empfanden.

Auf dem Parkplatzgelände bestand die Aufgabe der VP darin, dem Gelblichtfahrzeug (Geschwindigkeit ca. 30 km/h) zu folgen und – sobald sie einen aufgestellten Fußgängerdummy erkannte – so schnell wie möglich zum Stehen zu kommen. Die Entfernung zwischen Aufstandsfläche des rechten Vorderrades und dem Fußgängerdummy wurde ausgemessen.

Da Erwartungen gravierenden Einfluß auf die Erkennungsentfernung haben (z. B. Roper und Howard zit. nach Shinar, 1985; Bartmann u. a., 1993), wurden die VPn in der Instruktion im Unklaren darüber gelassen, wo und ob überhaupt ein Fußgänger aufgestellt war. Tatsächlich war immer eine Fußgängerpuppe postiert.

2.2.2 Fahrpraktische Untersuchungen bei blauem Rundumlicht

Dieser Untersuchungsteil fand ausschließlich auf dem Parkplatzgelände statt. Er schloß sich unmittelbar dem Gelblichtteil an.

Ein Versuchsleiter befand sich im Fahrzeug der VP. Er erläuterte die einzelnen Aufgaben, führte zweimal Messungen von Herzfrequenz und Blutdruck durch und erhob Angaben zur Unbequemlichkeitsblendung. Ein anderer Versuchsleiter steuerte den Blaulichtwagen, auf dessen Dach zwei Leuchten der Marke Hella KL 600 mit Halogen H1-Licht montiert waren.

Aufgabe der VP bestand darin, dem Blaulichtwagen (Geschwindigkeit ca. 30 km/h) nachzufahren. Zu Beginn des Parcours wurde sie darüber informiert, daß irgendwo auf der Strecke ein Fahrrad und ein größerer Pappkarton aufgestellt sind. Sobald sie einen dieser Gegenstände wahrnehme, müsse sie möglichst schnell zum Stehen kommen (Vollbremsung). Wie bei der Dummy-Aufgabe wurde der Abstand zwischen dem rechten Vorderrad und dem Objekt mit einem Maßband bestimmt.

Ferner hatte die VP eine mit Leitkegeln aufgebaute Spurgasse sowie einen Slalomparcours zu durchfahren. Dies sollte jeweils möglichst schnell geschehen, ohne Leitkegel zu berühren bzw. Slalomtore auszulassen. Während dieser beiden Fahraufgaben befand sich der Blaulichtwagen in 20 m Entfernung unmittelbar neben Spurgasse bzw. Slalomstrecke im Blickfeld der VP.

Registriert wurde jeweils die benötigte Zeit und die Zahl umgeworfener/verschobener Leitkegel bzw. ausgelassener Tore.

Den Abschluß des Blaulichtteils bildeten die beiden Aufgaben „Zielbremsung“ und „Fußgänger erkennen“. Hierfür waren zwei stationäre Rundumleuchten nebeneinander auf der Fahrbahn aufgestellt.

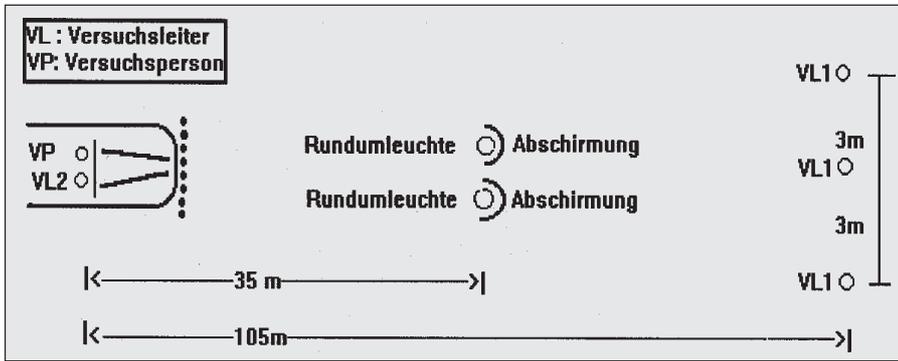


Bild 1: Versuchsaufbau bei den Aufgaben „Zielbremsung“ und „Fußgänger erkennen“

Sie waren auf Stativen montiert. Ihre Entfernung voneinander sowie ihr Abstand von der Fahrbahnoberfläche entsprachen den bei einem Polizeifahrzeug anzutreffenden Größen. Die Lichter waren mit mattschwarz lackierten Halbzylindern aus Holz so abgeschirmt, daß das RL nur in Richtung der VP abstrahlte. Außerdem waren auf der Fahrbahn Leitkegel quer zur Fahrtrichtung in einer Linie aufgestellt (siehe Bild 1).

Bei der Aufgabe „Zielbremsung“ sollte die VP an die Leitkegel möglichst dicht heranfahren, ohne sie aber zu berühren. Nachdem sie einmal angehalten hatte, durfte sie nicht wieder anfahren. Registriert wurde, ob die Kegel berührt waren bzw. der geringste Abstand zwischen Stoßstange und Kegel.

Für die Aufgabe „Fußgänger erkennen“ fuhr die VP unter Hilfestellung des VL 2 möglichst dicht an die Kegelreihe heran. Die VP wurde dann folgendermaßen instruiert:

„Sie sollen bei dieser Aufgabe einen Fußgänger erkennen, der auf Sie zukommt. Es werden 5 Durchgänge absolviert. Der Fußgänger kann links oder rechts von den Rundumleuchten auftauchen. Er kann aber auch in der Mitte zwischen den Leuchten oder gar nicht erscheinen. Sobald Sie den Fußgänger sehen, hupen Sie und sagen, wo Sie ihn gesehen haben (rechts, links, Mitte). Der Fußgänger kann zu unterschiedlichen Zeiten kommen.“

Der Fußgänger (VL 1) tauchte an unterschiedlichen Orten (rechts, links, Mitte) und zu verschiedenen Zeiten auf (Bild 1). Beim ersten Durchgang (Mitte) ging er sofort nachdem VL 2 im Probandenfahrzeug das Kommando „Durchgang beginnt“ über Funk übermittelt hatte, aus einer Entfernung von 105 m auf den stehenden Versuchswagen zu. Beim zweiten Durchgang erst nach ca. 30 Sek. (links aus Sicht der VP), beim dritten nach 60 Sek. (rechts) und beim fünften nach 45 Sek. (links). Beim vierten Durchgang kam er überhaupt nicht.

Mit dieser Variation von Ort und Zeit sowie der Einführung von Ungewißheit darüber, ob der Fußgänger überhaupt auftaucht, sollte bei den VPn eine Erwartungshaltung erzeugt werden, die der eines Fahrers im Straßenverkehr möglichst nahekommt. Im Straßenverkehr weiß der Fah-

rer auch nicht, ob, wann und wo ein Fußgänger auf der Fahrbahn erscheinen wird.

Während der fünf Durchgänge war 360° RL, 270° RL bzw. kein RL eingeschaltet und außerdem das Fahrlicht des VP-Fahrzeuges. Durch die Abschirmung der Rundumleuchten in Richtung des zu erkennenden Fußgängers sollte seine Anstrahlung und seine frühere Erkennbarkeit verhindert werden. Es ging bei dieser Aufgabe ausschließlich um die Wirkung von Blendung.

Mit Maßbändern wurde ausgemessen, aus welcher Entfernung der Fußgänger gesehen wurde, und es wurde zusätzlich registriert, ob er am richtigen Ort entdeckt wurde.

Nachdem die Hälfte der insgesamt 60 VPn die Untersuchung absolviert hatte, wurden die Positionen von Dummy, Kiste und Fahrrad geändert. Dies geschah aufgrund der Überlegung, daß sich sonst unter den VPn die Standorte hätten „herumsprechen“ können. Das Wissen, an welcher Stelle des Parcours man auf welches Wahrnehmungsobjekt stoßen wird, hätte die Erkennungsentfernung erhöhen können. Auch bei der Aufgabe „Fußgänger“ erfolgte nach der 30. Versuchsperson ein Wechsel: Ort und Zeit des fünften Durchganges wurden jetzt beim ersten Durchgang realisiert, der vierte Durchgang (Fußgänger kommt nicht) wurde zum zweiten Durchgang usw.

Die fahrpraktischen Untersuchungen unter gelbem und blauem RL nahmen zusammen ca. 1 1/2 Std. in Anspruch.

2.2.3 Vor- und Nacherhebungen

Unmittelbar vor und nach den fahrpraktischen Untersuchungsteilen wurden folgende Verfahren eingesetzt:

- Eigenzustandsskala von Nitsch:** Die EZ-Skala diente der Skalierung der situationsgebundenen Befindlichkeit der Versuchspersonen. Das Verfahren besteht aus einer Liste von 40 Adjektiven (z. B. müde, nervös), und die VPn hatten auf einer sechsstufigen Skala (von „kaum“ bis „völlig“) jeweils anzukreuzen, in welchem Grad das Adjektiv auf ihren augenblicklichen Zustand zutrif. „Die Differenz der Einschätzung vor und nach Durchführung der Aufgabe spiegelt die Wirkung der Aufgabe auf

den ‚Eigenzustand‘ der Person wider“ (Luczak, 1993, S.149).

- Flimmerverschmelzungsautomat ZAK:** Mit Hilfe dieses Gerätes wurde die Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) ermittelt. Das ist diejenige Frequenz, bei der eine Folge optischer Lichtblitze als Dauerlicht wahrgenommen wird. Diese Frequenz ist abhängig vom Hirnleistungsfunktionsniveau. Sie gilt als Indikator für „geistige Ermüdung“. Allerdings reagiert sie nicht auf mittlere Beanspruchungsgrade. Sie nimmt erst bei pausenloser hoher Beanspruchung ab (Grandjean, zit. nach Kiegeland, 1990). Durch die Bestimmung der FVF sollte festgestellt werden, inwieweit Fahrtätigkeit unter RL-Bedingungen eine hohe mentale Beanspruchung darstellt. Zusätzlich wurde für jede Person der Unsicherheitskoeffizient berechnet. Er ist ein Maß dafür, wie sicher die FVF bestimmt worden ist, und kann Werte zwischen 0 und 1 annehmen.
- Wiener Determinationsgerät:** Das Gerät präsentiert in verschiedenen Geschwindigkeitsstufen nacheinander jeweils 90 unterschiedliche optische bzw. akustische Signale, auf die die Versuchsperson durch die Bedienung zugeordneter Reaktionstasten antworten muß. Registriert werden die richtigen, falschen, verspäteten und ausgebliebenen Reaktionen. Der Einsatz des Gerätes diente der Bestimmung der psycho-physischen Belastbarkeit. Nach einem Übungsturnus wurden insgesamt sechs Durchgänge mit je 90 Signalen durchgeführt. Das arithmetische Mittel der sechs erreichten Geschwindigkeitsstufen wurde als Belastbarkeitsgrenze der VP definiert. Ein Absinken der Belastbarkeitsgrenze zwischen vorher und nachher ließe sich als Wirkung der Fahraufgabe unter den verschiedenen RL-Bedingungen interpretieren.

3 Die Ergebnisse

3.1 Vorbemerkung

Die rechnerische Datenauswertung geschah mit SPSS X2.1. Eine Überprüfung von Mittelwertsunterschieden erfolgte mit Hilfe des Mediantests bzw. der Kruskal-Wallis Einweg-Varianzanalyse. Veränderungen zwischen vorher und nachher wurden mit dem Wilcoxon Matched Pairs Signed-Ranks Test geprüft. Außerdem wurden zweifaktorielle Varianzanalysen, multiple lineare Regressionen und Spearman Rangkorrelationskoeffizienten gerechnet. Als Signifikanzgrenze wurde 5 % festgelegt.

Zu den bei Dummy, Kiste und Fahrrad ermittelten Erkennungsabständen seien zwei Bemerkungen vorangeschickt.

Bei diesen Aufgaben wurde der Erkennungsabstand bestimmt als Entfernung zwischen dem Objekt und dem Mittelpunkt der Aufstandsfläche des rechten Vorderreifens, nachdem die VP angehalten hatte. Dieser Abstand hängt natürlich von

Reaktionsgeschwindigkeit und Bremsverhalten der VP und dem bestehenden Reibbeiwert zwischen Reifen und Fahrbahn ab. Es wurde also nicht die tatsächliche Erkennungsentfernung gemessen, sondern die Erkennungsentfernung vermindert um den Reaktionsweg.

Auch der Abstand zwischen dem vorausfahrenden und dem VP-Fahrzeug spielt eine große Rolle für die ermittelten Erkennungsentfernungen. Bei größerem Folgeabstand werden die zu erkennenden Objekte für die VP früher durch die Scheinwerfer des Vorausfahrenden angeleuchtet. Außerdem nimmt der vorausfahrende Wagen nur einen kleineren Bereich im Gesichtsfeld der VP ein. Beides verbessert die Sichtmöglichkeiten auf das Objekt. Denkbar sind systematische Effekte der RL-Bedingung auf das Abstandsverhalten (z. B. Neigung zu größerem Abstand, wenn das vorausfahrende Fahrzeug 360°-RL besitzt?), die die Erkennungsentfernung bei Dummy, Kiste und Fahrrad beeinflusst haben können.

3.2 Wahrnehmungsaufgaben

Die Gruppenmittelwerte der Erkennungsabstände in den vier Wahrnehmungsaufgaben sind in **Tabelle 1** aufgeführt (Standardabweichungen in Klammern).

Für jede VP wurde zusätzlich die Summe der in den vier Durchgängen der Aufgabe „Fußgänger“ erreichten Erkennungsabstände gebildet. Die Gruppenmittelwerte dieser Summen sind ebenfalls in **Tabelle 1** dargestellt.

Betrachten wir zuerst einmal die Unterschiede zwischen 270° und 360°: Bei der Dummy- und Kistenaufgabe führte Abdeckung zu einer Erhöhung des Erkennungsabstandes um 3 bzw. mehr als 8 m. Die Unterschiede sind allerdings nur in der Tendenz vorhanden.

Eine leistungserhöhende Wirkung der Abdeckung zeigte sich auch bei den einzelnen Durchgängen der Fußgängeraufgabe. Die Abdeckung bewirkte ein früheres Erkennen des herannahenden Fußgängers. In der Summe der vier Durchgänge registrierte die 270° RL-Gruppe den Fußgänger durchschnittlich aus einer um 30 m größeren Entfernung als die 360° RL-Gruppe dies tat. Dieser Unterschied ist statistisch abgesichert. Signifikant tritt der Leistungsunterschied auch im dritten Durchgang zutage. Bei abgedecktem Rundumlicht wurde der Fußgänger im Durchschnitt schon 18 m früher erkannt. In diesem Durchgang lief der Fußgänger – von der VP aus gesehen – auf der rechten Fahrbahnseite.

Wegen der asymmetrischen Ausrichtung des Abblendlichtes trat er in größerer Entfernung in den vom Pkw-Scheinwerfer ausgeleuchteten Bereich ein. Abdeckung konnte sich schon früher auswirken.

Anders fallen die Ergebnisse zur Aufgabe „Fahrrad“ aus. Hier spielte Abdeckung für die Sichtdistanz keine Rolle.

Im folgenden werden auch die Befunde der 0-Gruppe betrachtet. Ein Blick auf **Tabelle 1** läßt zwei Dinge deutlich werden:

Tabelle 1: Durchschnittliche Erkennungsabstände der drei RL-Gruppen in m, Standardabweichungen in Klammern

Aufgabe		0-Gruppe	270°-Gruppe	360°-Gruppe
Dummy	(m)	22,22 (9,89)	26,76 (8,73)	23,79 (9,79)
Kiste	(m)	46,15 (18,82)	48,05 (23,05)	39,71 (15,50)
Fahrrad	(m)	48,53 (18,04)	49,79 (24,92)	49,85 (20,71)
Fußgänger				
1. Durchgang	(m)	45,70 (9,05)	39,37 (5,79)	37,09 (5,23)
2. Durchgang	(m)	49,04 (14,64)	41,22 (12,23)	36,76 (3,79)
3. Durchgang*	(m)	61,83 (16,78)	59,52 (13,31)	41,44 (7,53)
5. Durchgang	(m)	49,39 (13,91)	41,15 (11,42)	35,93 (2,27)
Mittelwert der Summen aus 4 Durchgängen	(m)	204,11 (44,93)	181,73 (32,44)	151,22 (12,53)

* Anmerkung: Beim 4. Durchgang erschien kein Fußgänger

Zum einen erbrachte die 0-Gruppe keineswegs immer die besten Leistungen. Bei Dummy, bei Kiste und Fahrrad liegen ihre Mittelwerte tendenziell unter den Werten der 270° RL-Gruppe. 270° RL scheint in diesen Situationen auf den Erkennungsabstand sogar vergrößernd gewirkt zu haben. Erst mit Einführung von 360° RL wurden die Abstände wieder etwas geringer.

Zum anderen zeigt **Tabelle 1**, daß bei der Fußgängeraufgabe eine andere Ergebnisstruktur vorliegt. Hier traten in jedem Durchgang ohne RL die größten Abstände auf, an zweiter Stelle rangierten die Werte unter 270° RL und am kürzesten waren sie unter 360° RL. 360° RL führte zu einer Verringerung des Summenwertes um etwa 53 m, 270° RL zu einer Reduktion von ca. 22 m. Die RL-Bedingung hatte eine signifikante Einfluß auf die Sichtdistanzen.

Im Verlauf der weiteren Auswertung erfolgten Vergleiche zwischen guten und schlechten Dämmerungssehern. Dabei stand die Frage im Vordergrund, ob RL in Abhängigkeit vom Dämmerungssehvermögen wirkt bzw. Abdeckung differentielle Effekte hat. Als gute Dämmerungsseher (n = 34) wurden VPn bezeichnet, die in der vorangegangenen Augenuntersuchung am Nyktometer bei der Überprüfung der Dämmerungssehleistung mit Blendung eine Kontraststufe von 2,0 oder besser erreicht hatten. Die übrigen Probanden (n = 26) bildeten die Gruppe der schlechten Dämmerungsseher.

In der zweifaktoriellen Varianzanalyse erwies sich bei der Fußgängeraufgabe „Rundumlichtbedingung“ und „Dämmerungssehstärke“ als signifikante Haupteffekte. Mit zunehmendem Licht sank – unabhängig vom Dämmerungssehvermögen – die Erkennungsentfernung. Schlechte Dämmerungsseher hatten unter allen RL-Bedingungen geringere Werte als gute Seher.

In der Tendenz liegt ein Interaktionseffekt vor: Es deutet sich eine Abnahme der Leistungsunterschiede zwischen guten und schlechten Dämmerungssehern mit zunehmendem Licht an. Beträgt die Differenz zwischen den Mittelwerten der Summen ohne RL 36,6 m und bei 270° RL noch

27,2 m, so beläuft sie sich bei 360° RL auf nur 6,3 m. Mit anderen Worten: Die Güte des Dämmerungssehvermögens spielte vor allem in Situationen ohne RL bzw. mit mittlerer Blendung (270° RL) eine Rolle. Bei 360° RL wirkten sich Unterschiede im Dämmerungssehvermögen nur noch geringfügig aus.

Tabelle 2 beinhaltet die durch Abdeckung erzielten Verbesserungen für gute und schlechte Dämmerungsseher.

Tabelle 2: Durchschnittliche Zunahme der Erkennungsentfernung durch Abdeckung bei der Aufgabe „Fußgänger“ (in m)

	gute Dämmerungsseher	schlechte Dämmerungsseher
1. Durchgang	3,0	1,4
2. Durchgang	4,9	0,3
3. Durchgang	20,9	14,2
5. Durchgang	8,4	0,8
Mittelwert der Summen	37,2	16,7

Gute Dämmerungsseher profitierten von Abdeckung in deutlich höherem Maße als schlechte. Ein gleichartiger Befund war bereits in der Laboruntersuchung ermittelt worden. Möglicherweise liegt ein sogenannter Deckeneffekt vor: Personen mit geringer Dämmerungssehstärke sehen bereits unter 270° RL so schlecht, daß die 360°-Bedingung nur in relativ geringem Umfang eine weitere Verschlechterung bewirkt.

3.3 Fahrgeschicklichkeitsaufgaben

Um die Güte der Bewältigung von Slalom bzw. Spurgasse in jeweils einem Index auszudrücken, wurden in der Auswertung Fehler (berührte/umgeworfene Kegel bzw. ausgelassene Tore) in Strafsekunden transformiert, die der benötigten Zeit zugeschlagen wurden. Dies geschah, weil Zeit und Fehlerwahrscheinlichkeit in einem reziproken Verhältnis zueinander stehen: Versucht man die Aufgabe möglichst schnell zu durchfahren, steigt die Wahrscheinlichkeit von Fehlern. Legt man großen Wert auf

Fehlervermeidung, kann die Zeit zunehmen.

Die Höhe der Strafzeit bestimmte sich nach der Zeitdifferenz zwischen dem schnellsten Fahrer mit einem Fehler und dem Durchschnitt aller Fahrer ohne Fehler. Bei Spurgasse wurden pro Fehler 3,5 Strafsekunden addiert, beim Slalom waren es für jedes ausgelassene Tor 2,1 Sek. und für jeden berührten Kegel 8,7 Sek. Die Gruppenmittelwerte der fehlerkorrigierten Zeiten für Spurgasse und Slalom sind in **Tabelle 3** angegeben.

Zusätzlich wurde für jede VP ein Gesamtwert für Fahrgeschicklichkeit berechnet, indem die fehlerkorrigierten Zeiten für Spurgasse und Slalom zu einer Gesamtzeit addiert wurden (siehe **Tab. 3**).

Die 270° RL-Gruppe wies bessere Fahrgeschicklichkeitsleistungen auf als die beiden anderen VPn-Gruppen. Sie benötigte für die Spurgasse 1,5 Sek. und für den Slalom 1,9 Sek. weniger als die 360° RL-Gruppe. Abdeckung erhöhte den Gesamtwert Fahrgeschicklichkeit um im Durchschnitt 3,4 Sek. Bei der Zielbremsung lag der Abstand um 10 cm niedriger. Statistisch absichern lassen sich die Mittelwertsunterschiede aber nicht.

3.4 Zusammenhänge zwischen ausgewählten Variablen

Nachfolgend seien einige Korrelationen berichtet, die die bislang berichteten Trends noch einmal deutlich werden lassen (**Tabelle 4**).

Ein deutlicher Zusammenhang zwischen RL und Leistung ist bei der Aufgabe „Fußgänger“ zu beobachten. Je mehr Licht, desto geringer die Erkennungsentfernung. Auch Dämmerungssehstärke und psycho-physische Belastbarkeit spielen in dieser Wahrnehmungssituation eine Rolle. Je besser das Dämmerungssehen und die psycho-physische Belastbarkeit, desto größer die Distanz. Mit zunehmendem Alter bzw. Dauer des Führerscheinbesitzes nimmt sie ab.

Der Gesamtwert „Fahrgeschicklichkeit“ hängt vergleichsweise stärker mit der Routine im Umgang mit dem Fahrzeug zusammen. Mit Zunahme der Jahresfahrleistung sinkt die ermittelte Zeit.

Tabelle 3: Gruppenmittelwerte (und Standardabweichungen) der fehlerkorrigierten Zeiten und des Gesamtwertes „Fahrgeschicklichkeit“ (in Sekunden) sowie der Leistung bei „Zielbremsung“ (in m)

		0-Gruppe	270°-Gruppe	360°-Gruppe
Spurgasse (Zeiten inkl. Strafsekunden)	s	14,8 (8,8)	14,4 (7,1)	15,9 (7,9)
Slalom (Zeiten inkl. Strafsekunden)	s	30,5 (12,1)	29,5 (9,9)	31,4 (12,4)
Gesamtwert Fahrgeschicklichkeit (korrigierte Gesamtzeit Spurgasse + Slalom)	s	45,3 (14,8)	43,9 (15,7)	47,3 (15,8)
Zielbremsung Abstand zur Ziellinie	m	2,8 (2,5)	2,2 (1,7)	2,3 (1,8)

3.5 Subjektive Beurteilung des Rundumlichts (Unbequemlichkeitsblendung)

Nach 5 vorher festgelegten Fahrt- und Zeitabschnitten hatten die VPn anzugeben, für wie unangenehm sie das RL während des jeweiligen Abschnittes empfanden. Die Mittelwerte der Rating-Urteile zeigt **Bild 2**.

Wie schon in der Laborstudie, (Geiler, 1994) wurde 360°-RL in signifikantem Ausmaß als unangenehmer eingestuft als 270°-RL. Dies galt sowohl für Gelb- als auch für Blaulicht.

Eine Gewöhnung über die Zeit hat offensichtlich nicht stattgefunden. Vielmehr scheint die Unbequemlichkeitsblendung mit der Expositionsdauer anzusteigen. Dies wäre in Übereinstimmung mit Olson und Sivak (1984), die ebenso ein Ansteigen der

Unbequemlichkeitsblendung mit der Blendungsdauer beobachteten.

Das Ansteigen der Unbequemlichkeitsblendung zum Ende der Untersuchung hin ist eventuell auch als Farbeffekt zu interpretieren. Denn in der Laborstudie erwies sich Blaulicht im Vergleich zu Gelblight als deutlich unangenehmer.

Daß RL am negativsten in der fünften Befragung (Aufgabe „Fußgänger erkennen“) beurteilt wurde, kann auch mit den spezifischen Anforderungen in dieser Wahrnehmungssituation zusammenhängen. Hier wurde die VP durch die Aufgabenstellung stärker als in den anderen Wahrnehmungsaufgaben dazu veranlaßt, ständig in Richtung des RL zu blicken. Sie mußte den Bereich um die aufgestellten RL visuell nach dem Fußgänger absuchen. Außerdem verhinderte die Abschirmung

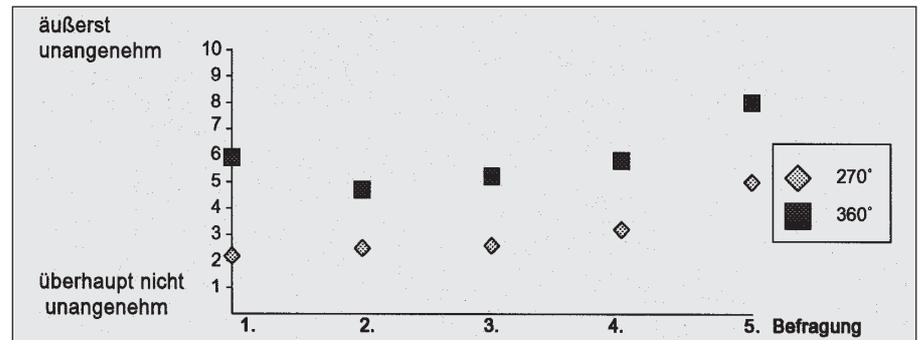


Bild 2: Mittelwerte der zum RL abgegebenen Urteile (Befragungen 1 - 3 zu Gelblight; 4 + 5 zu Blaulight)

Tabelle 4: Spearman Rangkorrelationskoeffizienten

	Alter	Fahrleistung (km/Jahr)	Dauer Führerscheinbesitz	Dämmerungssehstärke (bei Blendung)	psycho-physische Belastbarkeit (Wiener)	RL-Bedingung
Gesamtleistung aus den Wahrnehmungsaufgaben Dummy, Kiste, Fahrrad	.0524	.0737	.0326	.1003	-.0173	-.1002
Fußgängeraufgabe (Mittelwert der Summe)	-.2802*	.0971	-.2864*	.2741*	.3085*	-.5655*
Zielbremsung	-.1534	-.1939	-.1282	.0144	.1253	-.0581
Gesamtwert Fahrgeschicklichkeit (korrigierte Gesamtzeit Spurgasse + Slalom)	-.1376	-.2628*	-.1656	-.0667	-.1377	.0719

* signifikant (5 % Niveau)

des RL die Anstrahlung des Fußgängers, wodurch seine Erkennung erschwert war. Es scheint plausibel, daß in Wahrnehmungssituationen, die als schwierig erlebt werden, Blendung als störender empfunden wird.

Diese Vermutung wird auch gestützt durch Cohen (1986), nach dem sich Unbequemlichkeitsblendung durch das subjektive Empfinden einer erhöhten Anstrengung zur Aufrechterhaltung der visuellen Informationsaufnahme äußert.

3.6 Blutdruck und Herzfrequenz

Im Verlauf der Fahrversuche wurde zu sechs verschiedenen Zeitpunkten Blutdruck und Herzfrequenz bestimmt. Die über die sechs Messungen gemittelten Werte zeigt **Tabelle 5**.

Die durchgeführten Varianzanalysen und Mittelwertvergleiche ergaben keine statistisch bedeutsamen Unterschiede zwischen den Rundumlichtgruppen. Dies galt sowohl für die Gesamtmittelwerte (**Tabelle 5**) als auch für die sechs Einzelmessungen. Auch die Verläufe von Puls, Systole und Diastole über die Zeit wurden durch die RL-Bedingung nicht beeinflusst.

3.7 Vorher- /Nachher-Untersuchungen

- Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) und Wiener Determinationsgerät (psycho-physische Belastbarkeit). Statistisch abgesicherte Verminderungen der FVF (als Ausdruck zunehmender „Ermüdung“) bzw. der psycho-physischen Belastbarkeit als Folge der ca. 1 1/2 stündigen Fahrtätigkeit waren in keiner der drei Gruppen beobachtbar. Die FVF blieb in allen Gruppen auf etwa gleichem Niveau. Die Unsicherheitskoeffizienten nahmen tendenziell ab, was auf eine höhere Konzentration der VPn bzw. ihre bessere Vertrautheit mit der Untersuchungssituation in der Nachher-Erhebung hindeuten könnte. Am Wiener Determinationsgerät nahm – unabhängig von der RL-Bedingung – bei gleichzeitigem Rückgang der Anzahl richtiger Reaktionen die Geschwindigkeit tendenziell zu (Übungseffekt?).

Die Ergebnisse rechtfertigen die Aussage, daß 1 1/2 stündige Fahrtätigkeit unter den beiden RL-Bedingungen keine größere mentale Beanspruchung darstellte als das Fahren ohne RL.
- Eigenzustandsskala von Nitsch (psychische Befindlichkeitslage) Bei der Konstruktion der EZ-Skala gelangte Nitsch mit Hilfe faktorenanalytischer Techniken zu insgesamt 14 Binärfaktoren. Die Datenauswertung bezog sich zuerst einmal auf diese Binärfaktoren. Der Vorher-Nachher-Vergleich erbrachte eine Reihe statistisch bedeutsamer Veränderungen in der psychischen Befindlichkeitslage: In allen drei RL-Gruppen sank in vergleichbarem Ausmaß die aktuelle Handlungsbereitschaft (Faktor Motivation), die Handlungs-

Tabelle 5: Gruppenmittelwerte (und Standardabweichungen) von Blutdruck und Puls, gemittelt über alle sechs Messungen

		0-Gruppe		270°-Gruppe		360°-Gruppe	
Systole	mm Hg	120,42	(21,85)	124,07	(13,36)	122,31	(17,95)
Diastole	mm Hg	75,33	(11,9)	82,0	(10,41)	82,72	(13,95)
Puls	x/min	73,42	(11,35)	78,39	(12,64)	74,16	(9,56)

Tabelle 6: Signifikante Veränderungen von Vorher zu Nachher (– bedeutet, daß die Veränderung nur tendenziell vorliegt)

Nach den fahrpraktischen Versuchen fühlte sich die Gruppe im Vergleich zu vorher		
0-Gruppe	270°-Gruppe	360°-Gruppe
–	–	weniger gespannt
schläfriger	schläfriger	schläfriger
weniger routiniert	–	–
weniger anstrengungsbereit	–	weniger anstrengungsbereit
–	weniger unbefangen	–
–	–	weniger heiter
weniger ausdauernd	–	–
weniger ausgeruht	weniger ausgeruht	weniger ausgeruht
–	erholungsbedürftiger	–
weniger unternehmungslustig	–	weniger unternehmungslustig
müder	müder	müder
–	–	weniger anerkannt
weniger nervös	weniger nervös	–
weniger konzentrationsfähig	–	–
–	–	weniger harmonisch
matter	matter	matter
–	–	weniger mitteilksam
weniger aktiv	–	weniger aktiv
weniger erholt	–	weniger erholt
–	–	weniger nützlich
weniger arbeitsfreudig	–	weniger arbeitsfreudig
–	–	weniger vergnügt
verausgabter	–	–

energie (Faktor Aktivierung) sowie die Anstrengungs- und Kontaktbereitschaft. Auch die aktuelle Handlungsfähigkeit (Faktor Beanspruchung) verminderte sich. Außerdem reduzierte sich die Handlungsenergie (Faktor Defizienz), die Stimmungslage verschlechterte sich, die Erholtheit nahm ab und die Schläfrigkeit zu.

Die weitere Auswertung bezog sich auf die 40 Einzelitems der EZ-Skala. **Tabelle 6** beinhaltet diejenigen Adjektive, bei denen sich in mindestens einer VPn-Gruppe signifikante Vorher-Nachher-Differenzen ergaben.

Alle drei Gruppen fühlten sich nach den Fahrversuchen schläfriger, weniger ausgeruht, müder und matter.

In der 270° RL-Gruppe sind die geringsten Veränderungen zu beobachten. Sie werden nur bei 7 Items statistisch bedeutsam. In der Gruppe ohne RL sind es hin-

gegen 14, in der 360° RL-Gruppe 16 Adjektive, bei denen sich die Beurteilung in Richtung einer Abnahme ändert. So fühlte sich die 360° RL-Gruppe im Vergleich zu vorher zusätzlich zu den 270° RL-Probanden z. B. weniger unternehmungslustig und aktiv sowie weniger arbeitsfreudig und vergnügt.

Der Auswertung auf Item-Ebene zufolge hatte die 270° RL-Bedingung die geringste Auswirkung auf die psychische Befindlichkeitslage der VPn.

3.8 Multiple Regressionsanalysen

Zur Abschätzung der Bedeutung der RL-Bedingung für die bei den Fahrversuchen erhobenen Variablen sowie für die Veränderungen der vorher und nachher gemessenen Leistungen wurden multiple, lineare Regressionsanalysen durchgeführt. Als Prädiktoren wurden neben den RL-Bedingungen u.a. folgende Variablen be-

nutzt: Alter, Dämmerungssehschärfe bei Blendung, Fahrleistung (km/Jahr), psychophysische Belastbarkeit (Leistung am Wiener Determinationsgerät in der Vorerhebung).

In den Regressionsgleichungen zu folgenden Kriteriumsvariablen erwies sich RL als derjenige Prädiktor mit den höchsten Betagewichten (die Betagewichte für RL sind jeweils signifikant):

- Gesamtleistung „Fußgänger erkennen“: Der Beta-Koeffizient von RL beträgt - 0,60. Zusammen mit dem Alter (Beta-Koeffizient = - 0,34) erklärt RL 34 % der Varianz.
- Unbequemlichkeitsblendung (Befragung 1...5). Die Beta-Gewichte liegen zwischen 0,59 und 0,72. Es lassen sich Varianzanteile zwischen 37 % und 49 % erklären.

4 Zusammenfassung und Interpretation der Ergebnisse

Die eingangs aufgeworfenen Fragen nach der Wirkung einer Abdeckung lassen sich auf Basis der ermittelten Ergebnisse folgendermaßen beantworten:

4.1 Wahrnehmungsleistungen

Abdeckung erhöhte die Erkennungsentfernung teilweise in beträchtlichem Maße. Offenbar gehen von RL zwei einander entgegengesetzte Wirkungen auf die Erkennungsentfernung aus. Zum einen strahlt das RL eines vorausfahrenden Fahrzeuges in Fahrtrichtung Objekte im Straßenraum an, bevor sie durch das Fahrlicht erfaßt werden. Dies erhöht für einen nachfolgenden Fahrer die Objektwahrnehmbarkeit, und durch RL nehmen die Distanzen zu. Zum anderen strahlt RL gegen die Fahrtrichtung, führt beim nachfolgenden Fahrer zur Blendung und bewirkt dadurch eine Verminderung der Erkennungsentfernung.

Je nach den optischen Verhältnissen in einer Situation kann mehr der eine oder mehr der andere Aspekt wirksam werden, und der Effekt von Abdeckung fällt in seiner Höhe unterschiedlich aus:

- Wenn RL das Wahrnehmungsobjekt nicht anstrahlt (s. Aufgabe „Fußgänger“), dann schlägt sich nur der reine Blendeffekt nieder. Eine Reduktion von Blendung durch das Anbringen einer Abdeckung erhöht die Erkennungsentfernung in deutlichem Maße. So wurde ein auf der rechten Seite entgegenkommender Fußgänger bei 360°-RL aus einer Entfernung von durchschnittlich ca. 41 m erkannt, bei 270°-RL jedoch schon aus ca. 59 m. Unter Verkehrssicherheitsgesichtspunkten ist dies ein beträchtlicher Unterschied: Bei 59 m verfügbarem Anhalteweg und einer Ausgangsgeschwindigkeit von 80 km/h käme ein Fahrer (angenommene Reaktionszeit 1 Sek.; durchschnittliche mittlere Bremsverzögerung 7 m/s²) etwa 2 m vor dem stehenden Fußgänger zum Halten. Stehen hinge-

gen nur 41 m zum Anhalten zur Verfügung, dann hätte der Fahrer keine Chance, den Unfall zu vermeiden. Seine Geschwindigkeit betrüge an der Stelle, an der der erste Fahrer zum Stehen gekommen ist, immerhin noch ca. 50 km/h. Verhindern ließe sich die Kollision nur bei Ausgangsgeschwindigkeiten < 63 km/h.

- Wenn Rundumlicht die zu erkennenden Objekte anstrahlt, wird der Effekt von Blendung vermindert. Die Höhe dieser Verminderung hängt vom Reflexionsgrad des Objektes ab. Bei geringem Reflexionsgrad (dunkel gekleideter Fußgängerdummy; dunkelbraune Pappkiste) wird der Effekt von Blendung nur teilweise kompensiert. Abdeckung führt daher zu einer Verbesserung der Wahrnehmungsleistung, die aber im Vergleich zur Situation ohne RL-Anstrahlung deutlich geringfügiger ist.
- Gehen vom Objekt jedoch starke Reflexionen aus (siehe Aufgabe „Fahrrad“; es war handelsüblich ausgestattet mit rotem rückwärtigem Reflektor und gelben Pedalrückstrahlern), hat Blendung durch RL keine wahrnehmungsreduzierende Wirkung mehr. Ob Blendung vorliegt oder nicht, das vom Fahrrad zurückgeworfene Licht läßt es deutlich sichtbar werden. Abdeckung führt dann nicht zu einer Erhöhung des Erkennungsabstandes.

Die ermittelten Unterschiede in den Auswirkungen der Abdeckung könnten auch mit Unterschieden in den Blendwinkeln zusammenhängen. Unter Blendwinkel ist der Winkelabstand zwischen Blendungsquelle und Blickrichtung zu verstehen. Je geringer dieser Abstand, desto größer der Blendeffekt (Hills, 1980). Es ist davon auszugehen, daß bei der Fußgängeraufgabe der Blendwinkel kleiner war, sodaß sich vor allem in dieser Wahrnehmungssituation Abdeckung als sehr wirksam erweisen konnte. Denn hier waren die VPn gezwungen, direkt in Richtung der aufgestellten Rundumleuchten zu blicken und den Bereich neben und zwischen ihnen visuell abzusuchen, während in den anderen Aufgaben die VPn den Blick stärker „schweifen“ lassen und einen größeren Blendwinkel herstellen konnten.

Auch folgender Aspekt ließe sich zur Erklärung der aufgabenspezifischen Wirkung von Abdeckung heranziehen. Sivak und Olson (1982) vermuten aufgrund ihrer Blendungsversuche mit unterschiedlichen Blendwinkeln, daß das bei Blendung auf die Retina projizierte Netzhautbild mit höherer Beleuchtungsstärke eine Einengung der Pupille und somit eine Verbesserung der Sehschärfe bewirkt. Sehschärfeverbesserung könnte vor allem bei größeren Blendwinkeln die Beeinträchtigung durch Blendung kompensieren. Damit wäre in Situationen mit größeren Blendwinkeln der durch Abdeckung erzielbare Gewinn geringer.

Abschließend sei darauf hingewiesen, daß die in den Fahrversuchen ermittelten

Erkennungsentfernungen nicht 1 : 1 auf Alltagssituationen des Straßenverkehrs übertragbar sind. Denn es ist mit Effekten von Erwartungen und des Wissens um die Objektivität zu rechnen. Das Wissen, daß z. B. gleich ein Fußgänger oder eine Kiste auftauchen wird (auch wenn bezüglich des Ortes und des genauen Zeitpunktes Unsicherheit vorliegt), vergrößert den Erkennungsabstand beträchtlich (Schmidt-Clausen, 1982; Bartmann u. a., 1993). Im Straßenverkehr hat der Fahrer dieses Wissen nicht. Daher ist dort mit geringeren Erkennungsabständen zu rechnen.

4.2 Subjektive Beurteilung des RL (Unbequemlichkeitsblendung)

Abdeckung hat deutliche Auswirkungen auf die Unbequemlichkeitsblendung. Sie reduziert in statistisch bedeutsamem Umfang das Ausmaß, in dem Rundumlicht als unangenehm empfunden wird. Dieser Befund bestätigt die Klagen von Fahrern im Schwertransportverkehr und macht die von ihnen berichtete Praxis des Abklebens von RL verständlich.

Festzuhalten ist ferner, daß eine Gewöhnung offensichtlich nicht stattfindet. Denn mit zunehmender Expositionsdauer steigt die Unbequemlichkeitsblendung tendenziell an (wobei allerdings auch die RL-Farbe – Blau wird als unangenehmer empfunden als Gelb – und/oder die Aufgabenschwierigkeit – z.B. kleinerer Blendwinkel in der Fußgänger-Aufgabe – eine Rolle spielen mag).

Olson und Sivak (1984) berichten einen gleichlautenden Befund: Die störende Wirkung der Blendung durch die Scheinwerfer eines nachfahrenden Fahrzeuges wurden nach längerer Dauer (3 Min.) höher eingeschätzt als nach 10 Sek.

4.3 Fahrgeschicklichkeitsleistungen

In der Tendenz zeigt sich eine positive Auswirkung von Abdeckung auf die Bewältigung der Fahrgeschicklichkeitsaufgaben. Der Fahrgeschicklichkeitsgesamtwert liegt in der 270°-RL-Gruppe um 3,4 Sek. günstiger als in der 360°-RL-Gruppe.

Offenbar hat 360°-RL die für die Fahraufgaben erforderliche visuelle Orientierung nicht (wesentlich) beeinträchtigt. Die aufgestellten Kegel bestanden aus reflektierendem Material und waren auch unter 360°-RL gut erkennbar. Insofern lag hier eine der Wahrnehmungsaufgabe „Fahrrad“ vergleichbare Situation vor.

Die Fahrgeschicklichkeitswerte sind direkt abhängig von dem Bestreben der VPn, die Fahraufgaben möglichst schnell – bei gleichzeitiger Inkaufnahme von Fehlern! – zu durchfahren. Es ließe sich in diesem Zusammenhang die Hypothese aufstellen, daß 360°-RL die Tendenz verstärkte, hohe Geschwindigkeiten zu wählen. (Die Gruppe ohne Abdeckung fuhr in der Tat bei höherer Fehlerzahl im Durchschnitt etwas schneller durch Spurgasse und Slatom.) Möglicherweise wird 360°-RL mit Gefahr, Aufregung und Zeitdruck assoziiert und führt beim Betrachter zu Hektik,

Nervosität und Aktiviertheit, während von abgedecktem RL solche Wirkungen in geringerem Umfang ausgehen. (270°-Lampen sind gewissermaßen verfremdet und werden vielleicht nicht wie echtes Blaulicht erlebt.) Als Stütze dieser Vermutung könnte der Befund herangezogen werden, daß in der EZ-Skala bei der 270° RL-Gruppe Nervosität signifikant abgenommen hat, in der 360° RL-Gruppe aber im wesentlichen gleich geblieben ist.

4.4 Psychische Befindlichkeitslage

Die auf Item-Ebene der EZ-Skala vorgenommene Auswertung zeigt, daß in der 270° RL-Gruppe in geringerem Maße Veränderungen der psychischen Befindlichkeitslage auftraten als unter der 360° RL-Bedingung.

Beide RL-Gruppen fühlten sich nach den Fahrversuchen signifikant schläfriger, weniger ausgeruht, müder und matter als vorher. Die 360°-Gruppe war darüber hinaus in der Nacherhebung signifikant weniger anstrengungsbereit, unternehmungslustig, aktiv, erholt, arbeitsfreudig und vergnügt als in der Vorerhebung. Die deutlicher ausgeprägte Befindlichkeitsänderung unter der 360° RL-Bedingung weist auf eine insgesamt geringere Wirkung der Fahraufgabe unter 270° RL hin. Abdeckung ist nach diesem Befund imstande, die psychische Befindlichkeitslage positiv zu beeinflussen.

4.5 Mentale Beanspruchung

Effekte der RL-Bedingungen auf das Kreislaufverhalten, die Flimmerverschmelzungsfrequenz und die psycho-physische Belastbarkeitsgrenze waren nicht nachweisbar.

1 1/2 stündige Fahrtätigkeit stellt – auch unter den beiden RL-Situationen – keine gravierende mentale Beanspruchung dar. Offenbar ist Autofahren zum Großteil automatisiert und bedeutet nur ein mittleres Beanspruchungsniveau.

Dieser Schluß ist berechtigt, da die Beanspruchungsindikatoren – speziell die physiologischen Parameter – bekanntermaßen erst auf extremere Formen mentaler Beanspruchung reagieren.

So ist nach Luczak (1987) ein Einfluß mentaler Beanspruchung auf die Herzschlagfrequenz erst bei größerer Aufgabenschwierigkeit und/oder Zeitdruck nachweisbar. Bärenz u. a. (1994) ermittelten bei Rettungssanitätern und Feuerwehrleuten ein signifikantes Ansteigen der Herzschlagfrequenz auf Einsatzfahrten. Vergleichbare Bedingungen – wie z. B. Zeitdruck – lagen bei unseren Fahrversuchen aber nicht vor.

Auch die FVF reagiert auf mittlere Beanspruchungsgrade nicht. Kiegeland (1990) fand bei Berufskraftfahrern keine Veränderung der FVF zwischen Schichtanfang und -ende.

Da nach den Befunden während der 1 1/2 stündigen Fahrtätigkeit nur ein mittleres Beanspruchungsniveau vorlag, läßt sich die Frage nach der beanspruchungs-

reduzierenden Wirkung von Abdeckung abschließend nicht mit definitiver Sicherheit beantworten. Entweder war eine beanspruchungsreduzierende Wirkung von Abdeckung tatsächlich nicht vorhanden oder aber sie konnte nicht zum Ausdruck kommen, da die verwendeten Verfahren nur auf extremere Formen mentaler Beanspruchung reagieren.

4.6 Sollten 270° Rundumleuchten im Schwertransportverkehr zugelassen werden?

Die Wirkungen von rückwärtiger Abdeckung auf einen nachfolgenden Lenker sind unter Verkehrssicherheitsgesichtspunkten positiv zu bewerten. Durch die Verminderung von Blendung läßt sich in vielen Situationen eine Vergrößerung von Erkennungsabständen erzielen. Das Ausmaß dieser Wahrnehmungsverbesserung hängt von den konkreten situativen Bedingungen der Wahrnehmungssituation ab. Auch Fahrgeschicklichkeitsleistungen fallen – in der Tendenz – besser aus, wenn das RL abgedeckt ist.

Abdeckung führt ferner zu einer signifikanten Verminderung der Unbequemlichkeitsblendung und damit zu einer Verbesserung des subjektiven Befindens. Allein dieser letzte Befund erscheint als Argument für die Verwendung von Abdeckung ausreichend. Denn starkes Sich-unwohl-Fühlen kann das Verkehrsverhalten nachteilig beeinflussen.

Aufgrund der Untersuchungsergebnisse ist die Einführung einer rückwärtigen Abdeckung dringend zu empfehlen. In Frage dafür kämen natürlich nur Rundumleuchten an Fahrzeugen, die dem Schwertransport bzw. BF3-Fahrzeug unmittelbar vorausfahren.

Die Ergebnisse wurden zwar nicht im Schwertransportverkehr und beim dortigen Fahrpersonal erhoben. Es ist aber nicht zu erkennen, daß Abdeckung dort prinzipiell andere (eventuell sogar nachteilige) Auswirkungen haben könnte als in der durchgeführten Studie.

Eine Empfehlung für Abdeckung an den Rundumleuchten der o.g. Fahrzeuge auszusprechen scheint allein schon deswegen berechtigt, weil keine Sachargumente gegen die Verwendung solcher RL erkennbar sind. Die Funktion von RL liegt darin, andere Verkehrsteilnehmer zu warnen. Abgedeckte Lampen erfüllen diese Warnfunktion in Fahrt- und seitliche Richtung. Eine rückwärtige Warnung ist dann verzichtbar, wenn sich unmittelbar hinter dem RL das Schwertransportfahrzeug bzw. das absichernde BF3-Fahrzeug befindet. Wovon sollen deren Fahrer gewarnt werden?

Literatur

- [1] Albrecht, R. u.a.: Sicht aus Kraftfahrzeugen. Forschungsbericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Bereich Unfallforschung, Heft 36, 1979.
- [2] Bärenz, P. u.a.: Mentale Belastung am Arbeitsplatz. Probleme der Definition und Messung. Heidelberg: Asanger, 1994.

- [3] Bartmann, A. u.a.: Sichtabstand bei Fahrten in der Dunkelheit. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft M 4, Bergisch Gladbach 1993.
- [4] Bartmann, A. und Reiffenrath, D.: Erkennungsabstände bei Nachtfahrten. In: Derkum (Hrsg.): Sicht und Sicherheit im Straßenverkehr. Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Auto-Sicht-Sicherheit. A.S.S. e. V., Köln 1990.
- [5] Berkhou, J.: Information Transfer Characteristics of Moving Light Signals. Human Factors, 1979, 21 (4), S. 445-455.
- [6] Cohen, A.: Möglichkeiten und Grenzen visueller Wahrnehmung im Straßenverkehr. Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.) Unfall- und Sicherheitsforschung Straßenverkehr, Heft 57, Bergisch Gladbach 1986.
- [7] Department of California Highway Patrol (ed.): Blue Light Study. Sacramento, California, April 1973.
- [8] Department of California Highway Patrol (ed.): Sequential Light Study. Sacramento, California, 1974.
- [9] Derkum, H. (Hrsg.): Sicht und Sicherheit im Straßenverkehr. Beiträge zur interdisziplinären Diskussion. Schriftenreihe der Forschungsgemeinschaft Auto-Sicht-Sicherheit. A.S.S. e.V. Verlag TÜV Rheinland, Köln 1990.
- [10] Finlay, B. und J. Wilkinson: The Effects of Glare on the Contrast Sensitivity Function. Human Factors, 1984 26 (3) S. 283-287.
- [11] Geiler, M. Einfluß von gelben und blauen Rundumlichtern auf Wahrnehmungsleistungen und Beanspruchung von Schwertransportfahrern. FSA-Projektbericht im Auftrag der Berufsgenossenschaft für Fahrzeughaltungen, Mannheim 1994.
- [12] Gramberg-Danielsen, B. u.a.: Der Dunkelheitsunfall, Stuttgart: Enke, 1984.
- [13] Helliar-Symons, R. D. und A. Irving: Masking of brake lights by high intensity rear lights in fog. Department of Environment, Department of Transport. TRRL Laboratory Report 998. Crowthorne, 1981.
- [14] Hills, B. L.: Vision, visibility, and perception in driving. Perception, 1980, Volume 9 S. 183-216.
- [15] Junge, P. u.a.: Kontrastwahrnehmung bei unterschiedlicher Lichttransmission von Pkw-Scheiben. Bericht der Bundesanstalt für Straßenwesen, Fahrzeugtechnik, Heft F 7, Bundesanstalt für Straßenwesen (Hrsg.) Bergisch Gladbach 1994.
- [16] Kiegeland, P.: Anforderungen, Beanspruchung und verkehrsrelevante Einstellungen von Berufskraftfahrern: Eine arbeitswissenschaftliche-verkehrspsychologische Felduntersuchung. Köln 1990.
- [17] Luczak, H.: Arbeitswissenschaft. Berlin, Heidelberg 1993.
- [18] Nitsch, J. R.: Die Eigenzustandsskala (EZ-Skala). Ein Verfahren zur hierarchisch-mehrdimensionalen Befindlichkeitsskalierung. In: Nitsch und Udris: Beanspruchung im Sport. Beiträge zur psychologischen Analyse sportlicher Leistungssituationen, Schriftenreihe Training und Beanspruchung, Band 4, Wiesbaden 1976.
- [19] Nitsch, J. R.: Die hierarchische Struktur des Eigenzustandes – ein Approximationsverfahren mit Hilfe der Binärstrukturanalyse. Diagnostica 20 (1974), Seite 142-164.
- [20] Olson, P. L. und M. Sivak: Glare from Automobile Rear-Vision Mirrors. Human Factors 1984, 26 (3), S. 269-282.
- [21] Pfeiffer, G.: Der Einfluß des Streulichts in Windschutzscheiben auf das Wahrnehmen von Gegenständen auf der Fahrbahn. Zeitschrift für Verkehrssicherheit 16 (1970) Nr. 2, S. 132-139.

- [22] Pulling, N. H. u.a.: Headlight Glare Resistance and Driver Age. *Human Factors*, 1980, 22 (1), S. 103-112.
- [23] Schmidt-Clausen, H. J.: Das lichttechnische Gutachten bei Dunkelheitsunfällen, *Deutsches Autorecht*, 1982, 1, 3-12.
- [24] Schneider, W.: Streulicht im Hauptsichtfeld und Fahrgeschwindigkeit. *AuL/1972*, S. 297-300.
- [25] Schurig, R.: Grundriß des Verkehrsrechts. Bonn 1996.
- [26] Shinar, D.: The effects of expectancy, clothing reflectance, and detection criterion on nighttime pedestrian visibility. *Human Factors*, 1985, 27 (3), 327-333.
- [27] Sivak M. und P. L. Olson: Nighttime Legibility of Traffic Signs: Conditions Eliminating Effects of Driver Age And Disability Glare. *Accid. Anal. and Prev. Volume 14, No. 2, 1982*, S. 87-93.



lich für verkehrssicherheitsbezogene Untersuchungen und die Konzeption von Verkehrssicherheitsmaßnahmen.

Anschrift des Verfassers: Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin e. V., Dynamostraße 7-11, 68165 Mannheim

Dr. Michael Geiler, Jahrgang 1951, Studium der Psychologie an der RWTH Aachen. Von 1976 bis 1990 wissenschaftlicher Mitarbeiter bzw. Assistent am Lehrstuhl für angewandte Psychologie und Verkehrspädagogik der Universität Essen (Prof. Dr. Dr. Böcher). 1982 Verkehrssicherheitspreis des Bundesministers für Verkehr für die Arbeit „Verkehrserziehung für behinderte Kinder in Jugendverkehrsschulen“. 1986 Beratungstätigkeit bei der Stadtverwaltung Istanbul/Türkei.

Seit 1991 Tätigkeit im Geschäftsbereich Prävention der Berufsgenossenschaft Nahrungsmittel und Gaststätten sowie in der Forschungsgesellschaft für angewandte Systemsicherheit und Arbeitsmedizin.

Franz-Dieter Schade

Verkehrsauffälligkeit von Pkw-Fahrern und ihre Entwicklung mit dem Lebensalter – ein Modell

Dokumentation: Schade, F.-D.: Verkehrsauffälligkeit von Pkw-Fahrern und ihre Entwicklung mit dem Lebensalter – ein Modell. *Z. f. Verkehrssicherheit* 46 (2000) Nr. 1, 2 Bilder, 3 Tabellen, 26 Lit.-Ang., S. 9-00

Schlagwörter: Alter (1757), Fahrer (1712), Pkw (1243), Rechtsübertreter (1508), Verkehrszentralregister (-).

Zusammenfassung: Das Modell für die Entwicklung der Verkehrsauffälligkeit von Pkw-Fahrern über das Lebensalter umfasst neben der altersgruppenspezifischen Fahrleistung eine mit dem Alter abnehmende Komponente „Risikonahme“, eine altersunabhängige Komponente „gesellschaftlich hingegenommenes Restrisiko“ und eine Komponente „unkompensierter Altersabbau“ für die mit dem Alter zunehmenden Fehlleistungen. Auf Basis einer Stichprobe von 73.000 Verkehrszentralregister-Eintragungen männlicher Pkw-Fahrer bestätigt sich das Modell für 19 von 20 überprüften Arten von Verkehrsverstößen.

Eine Reduktion der „Risikonahme“ um 90 % benötigt typischerweise 10 bis 20 Lebensjahre, deutlich weniger jedoch bei lebensgefährlichen Fahrfehlern. Der Lernprozess konvergiert bei Massendelikten wie z. B. Geschwindigkeitsübertretungen gegen ein erhebliches „gesellschaftlich hingegenommenes Restrisiko“. Die dritte Komponente macht sich allein bei Fahraufgaben bemerkbar, bei denen bevorrechtigte andere Verkehrsteilnehmer zu berücksichtigen sind.

Nimmt man für die sechs Parameter des Modells eigenständige Mechanismen an, so ist zu fordern, dass die Entwicklung verhaltensbezogener Verkehrssicherheitsmaßnahmen sich gezielt an diesen Mechanismen orientiert und ihr Erfolg an der Änderung eben dieser Parameter gemessen wird.

Abstract: The present study is concerned with the main types of offences committed by male car drivers. Analysing a sample of about 73,000 offences, we find that the number of offences changes markedly with the age of the driver. A numerical model has been drawn up to describe in detail this change for every type of offence. Considering the specific mileage of each respective age-group, the model has three independent components: "risk taking" (decreasing with age), "socially accepted remaining risk" (independent of age), and "uncompensated deterioration" (increasing with age). The model proved to be appropriate for 19 of the 20 types of offences in the study.

1 Ausgangspunkt und Zielstellung

Die amtliche Verkehrsunfallstatistik weist bei über 84 % der Verkehrsunfälle mit Personenschaden ein Fehlverhalten der Fahrzeugführer aus (*Statistisches Bundesamt* 1998a). Der „Faktor Mensch“ ist somit die entscheidende Größe für das Funk-

tionieren des Systems Mensch-Fahrzeug-Straße und steht daher zu Recht im Mittelpunkt der Unfallforschung. Die zugrunde liegenden Determinanten unterliegen im Laufe des Lebens und besonders während der Sozialisationsphase als Kraftfahrzeugführer einem systematischen Wandel. Eine eingehende Analyse dieses Prozes-

ses kann Einblicke in die black box „Fehlverhalten“ ermöglichen.

Bereits in den ersten Monaten der Fahrersozialisation sinkt mit zunehmender Praxis das fahrleistungsbezogene Unfallrisiko junger Fahrer rapide ab (*Haas* 1987, *Hatakka et al.* 1992). Steigende Unfallzahlen in den ersten beiden Jahren der Fahrpraxis dagegen werden, sofern sie nicht einfach auf einer Zunahme der Fahrleistung in dieser Zeit beruhen, einem vorübergehenden Missverhältnis von zugemuteter Gefahrenexposition und tatsächlichem Können zugeschrieben (*Cohen* 1994a, *Schlag, Ellinghaus & Steinbrecher* 1986). Sieht man von solchen vorübergehenden Effekten einmal ab, so sind die ersten Jahre zu charakterisieren durch eine kontinuierliche Verbesserung der Fahrzeugbeherrschung und eine kontinuierliche Abnahme der Risikobereitschaft. Erst in höherem Alter machen sich sensomotorische Leistungseinbußen bemerkbar und kehren, soweit sie nicht durch vorsichtigeres Verhalten kompensiert werden (*Weinand* 1997), den bis dahin bestehenden Trend sinkender Unfallgefährdung wieder um (*Cohen* 1994b, *Herberg* 1992, *Rühle* 1996). Diese Befunde sind unter der Bezeichnung „Badebannen-Funktion“ (wegen ihrer graphischen Form) vielfach populär gemacht worden: Das Unfallrisiko motorisierter Verkehrsteilnehmer nimmt bezogen auf die Fahrleistung mit dem Lebensalter zunächst schnell, dann immer langsamer ab, scheint im Alter ab etwa 40 Jahren einem konstanten Niveau zuzustreben und steigt schließlich oberhalb von etwa 60 bis 70 Jahren wieder an.